

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU  
FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE  
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE



# Mémoire de fin de cycle



En vue de l'obtention du diplôme de Master Sciences Technologies  
Filière: Electronique  
Spécialité : Instrumentation

## Thème

**Gestion d'un système d'irrigation avec une carte  
électronique intelligente**

**Réaliser par :**

M<sup>elle</sup> BENZIDANE Melissa.

Encadrée par : M<sup>me</sup> LAGHA.

M<sup>elle</sup> BOUTIT Amel .

**Promotion :2023/2024**

# Remerciements

Avant tout nous tenons à remercier Allah qui nous a incité à acquérir le savoir, ce mémoire n'aurait jamais été réalisé sans sa bénédiction.

Nous adressons nos remerciements à notre encadreur madame **LAGHA Kahina**, pour son aide consiste, ses conseils judicieux, et ses remarques objectives.

Nous remercions les plus vifs s'adressent aussi à Messieurs le président et les membres de jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.

Nous tenons à remercier nos familles pour leurs soutient soutenus. Enfin, nous tenons à remercier toutes personnes qui nous a aidé de près ou de loin durant notre travail et en particulier tous nos camarades de la promotion Instrumentation.

**Merci beaucoup a tout**

# Dédicaces Melissa

Je dédie ce mémoire à mes chers parents qui ont été toujours à mes cotes et m'ont toujours soutenu tout au long de ces années d'études. En signe de reconnaissance, l'expression de ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts et de moyens pour me voir réussir dans mes études.

A toute ma famille,

Et A toutes mes amies,

Et surtout Nadia, Ferroudja.

Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

Sans oublier ma binôme « Amel » pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

B. Melissa.

# Dédicaces Amel

*Je souhaite dédier ce travail :*

*A ma chère mère, mon signe de fierté et d'honneur, votre amour et votre soutien inconditionnels, encouragement et vos prières ont été pour moi la clé de la réussite.*

*Ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne et son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.*

*Mes amis en particulière Fatima, Nadia Ferroudja pour vos encouragements et vos moments de partage.*

*A ma binôme « Melissa » qui a partagée avec moi les moments difficiles. Et à tous ceux qui m'ont aidé et contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible et à vos tous merci.*

*B. Amel.*

## Sommaire

Dédicaces Melissa.....	2
Dédicaces Amel.....	3
Liste des figures : .....	15
Introduction .....	
1 Introduction.....	10
<b>Chapitre 1: Généralités sur les systèmes d'irrigation .....</b>	
1.2 Un système d'irrigation automatique.....	10
1.3 Les techniques du système d'irrigation .....	11
1.3.1 L'irrigation gravitaire .....	11
1.3.2 L'irrigation par goutte à goutte.....	13
1.3.3 Irrigation par aspersion.....	15
1.4 Le choix d'une méthode d'irrigation.....	17
1.4.1 Les conditions naturelles.....	17
1.4.1.2 La pente.....	18
1.4.2 Les cultures pratiquées .....	18
1.4.3 La technologie.....	19
1.4.4 La tradition des irrigations.....	19
1.4.5 Les besoins en main-d'œuvre .....	19
1.4.6 Les coûts et les bénéfices.....	19
1.5 Conclusion.....	20
<b>Chapitre 2: Les Capteurs et Composants Électroniques Essentiels pour notre système .....</b>	
2.1 Introduction .....	21
2.2 Définition d'un capteur .....	22
2.2.1 Les capteurs logiques.....	22
2.2.2 Les capteurs analogiques .....	22
2.2.3 Les capteurs numériques .....	23
2.3 Le capteur d'humidité de sol .....	23
2.3.1 Définition.....	23
2.3.2 le fonctionnement.....	24
2.3.3 Les caractéristique.....	25
2.3.4 connexion.....	26
2.4 La carte Arduino Uno .....	27

2.4.1 Définition.....	27
2.4.2 Les caractéristique.....	28
2.4.3 fonctionnement .....	29
2.4.4 Les Avantages et les Inconvénients des cartes Arduino .....	29
2.5 Relais.....	29
2.5.1 Définition.....	29
2.5.2 les caractéristiques .....	30
2.5.3 le fonctionnement.....	30
2.5.4 Les Avantages et les Inconvénients d'un relais.....	30
2.6 Electrovanne .....	31
2.6.1 Définition.....	31
2.6.2 caractéristique .....	31
2.6.3 le fonctionnement.....	31
2.6.4 Les Avantages et les Inconvénients d'une électrovanne .....	32
2.7 le capteur de température DHT 11.....	32
2.7.1 Définition.....	32
2.7.2 caractéristique .....	33
2.7.3 le fonctionnement.....	33
2.7.4 Les Avantages et les Inconvénients d'une électrovanne .....	34
<b>Chapitre 3: Réalisation d'un système d'irrigation automatique .....</b>	
3.1 Introduction .....	35
3.2. Le cahier des charge.....	36
3.3.Les organigrammes.....	37
3.4.L'organigramme globale de notre système : .....	42
3.5. Les références des différents composants utilisées : .....	44
3.6. Le branchement des capteurs avec la carte Arduino : .....	44
3.7 Les logiciels utiliser pour développer notre système .....	49
3.7.1 Le logiciel Arduino IDE : .....	49
3.7.2 Le logiciel ISIS Proteus : .....	49
3.7.3 Le logiciel Fritzing : .....	50
3.8 les étapes à suivre pour réaliser le circuit imprimé.....	50
<b>3.9 Conclusion.....</b>	<b>52</b>
<b>Chapitre 4: les tests.....</b>	
4.1 Introduction.....	53

4.2 les tests.....	54
Conclusion :.....	63
Bibliographique :.....	65

### Liste des figures :

**Figure N°1.1 :** Irrigation par bassins

**Figure N°1.2 :** Irrigation par planches.

**Figure N°1.3 :** Irrigation à la raie.

**Figure N°1.4 :** Irrigation par aspersion.

**Figure N°1.5 :** Irrigation à la raie.

**Figure N°2.1 :** Capteur d'humidité de sol.

**Figure N°2.2 :** Connexion du capteur d'humidité de sol avec une carte Arduino Uno.

**Figure N°2.3 :** carte Arduino Uno.

**Figure N°2.4 :** Un relais.

**Figure N°2.5 :** Une électrovanne de 12V.

**Figure N°2.6 :** Le capteur DHT11.

**Figure N°3.1 :** L'organigramme du capteur d'humidité du sol dédiée au poivron.

**Figure N°3.2 :** L'organigramme du capteur d'humidité du sol dédiée à tomate.

**Figure N°3.3 :** L'organigramme du capteur d'humidité du sol dédiée à la fraise.

**Figure N°3.4 :** L'organigramme du capteur de température.

**Figure N°3.5 :** L'organigramme globale de notre système.

**Figure N°05 :** la projection pour les cancers les plus connus dans le monde de 2020 à 2040.

**Figure N°3.6 :** le branchement des capteur d'humidité du sol avec la carte Arduino.

**Figure N°3.7 :** le branchement de capteur de température DHT11 avec la carte Arduino

**Figure N°3.8 :** le branchement des relais et des LED et pompe avec la carte Arduino.

**Figure N°3.9 :** le branchement global de notre système.

**Figure N°3.10 :** le typon

**Figure N°3.11 :** Découper la plaque à l'aide d'une cisaille

**Figure N°3.12 :** Enlever la protection de la plaque

**Figure N°3.13 :** poser le fer à repasser sur le typon.

**Figure N°3.14 :** la plaque dans du perchlorure de fer.

**Figure N°3.15 :** Percer le circuit imprimé.

**Figure N°3.16 :** la carte après souder les composants.

**Figure N°4.1 :** le projet final prêt pour les tests.

**Figure N°4.2 :** le test de capteur de température.

**Figure N°4.3 :** toutes les pompes éteintes car la température dépasse 30°C.

**Figure N°4.4 :** le teste de capteur d'humidité du sol dédié au poivron.

**Figure N°4.5 :** la pompe 1 est activée.

**Figure N°4.6 :** le teste de capteur d'humidité du sol spécialement dédié à la culture des tomates.

**Figure N°4.7 :** la pompe 2 est activée.

**Figure N°4.8 :** le teste de capteur d'humidité du sol spécialement dédié à la culture des fraises.

**Figure N°4.9 :** la pompe 2 est activée.

**Figure N°4.10 :** le teste de tous les capteurs d'humidité du sol à la fois.

**Figure N°4.11 :** le test de notre projet global.

**Figure N°4.12 :** fin d'irrigation.

# ***Introduction***

## Introduction

L'eau est la base de la vie de tous les organismes. Par conséquent, un approvisionnement en eau suffisant est nécessaire pour la croissance des plantes et le développement agricole. Lorsque les précipitations sont faibles, l'irrigation devient essentielle pour satisfaire les besoins de diverses cultures dans des conditions variées, en particulier dans les zones arides où les ressources en eau sont limitées. Pour répondre à ces besoins, nous avons conçu un système d'irrigation automatique basé sur la carte Arduino Uno, utilisant des capteurs d'humidité du sol et un capteur de température.

L'irrigation manuelle est une tâche chronophage et énergivore, nécessitant des efforts physiques considérables et une gestion précise pour éviter le sur-arrosage ou le sous-arrosage, deux phénomènes pouvant nuire gravement aux cultures. De plus, le changement climatique accentue la variabilité des précipitations, rendant encore plus complexe la gestion de l'irrigation.

Pour alléger cette charge et optimiser l'utilisation des ressources hydriques, nous proposons de développer un système d'irrigation automatique. Ce système permettrait aux agriculteurs de surveiller et arroser leurs cultures en fonction de leurs besoins réels, minimisant ainsi le gaspillage d'eau.

Ce projet vise à développer un système d'irrigation automatique efficace, capable de répondre aux besoins en eau des cultures de manière intelligente et économe, contribuant ainsi à une agriculture plus durable et moins laborieuse pour les agriculteurs.

Pour atteindre notre objectif, nous avons structuré notre travail en quatre chapitres :

- Premier chapitre : Nous décrivons les principaux systèmes d'irrigation ainsi que le système d'irrigation automatique. Nous présenterons ensuite brièvement comment choisir la méthode d'irrigation adaptée à notre culture.

- Deuxième chapitre : Ce chapitre est consacré à une étude détaillée des composants principaux à utiliser dans notre système, en mettant l'accent sur l'utilisation de la carte Arduino Uno.

- Troisième chapitre : Nous explorerons les étapes clés de la conception d'un système d'irrigation automatique. Nous détaillerons le cahier des charges, l'organigramme et les logiciels de programmation.

- Quatrième chapitre : Ce chapitre couvrira les différents tests effectués sur notre système automatisé.

Enfin, le mémoire se termine par une conclusion et des références bibliographiques.

# **Chapitre 1 : Généralité sur les systèmes d'irrigation**

## 1 Introduction

La desserte adéquate en eau est essentielle pour la croissance ou le développement végétatif des cultures. Lorsque les précipitations sont insuffisantes, l'irrigation serait nécessaire pour couvrir les besoins en eau des cultures. Avec l'irrigation, l'agriculteur dispose d'un puissant moyen pour accroître et régulariser la production de ses cultures, à condition de pouvoir la maîtriser, afin de satisfaire les objectifs techniques (rendement) et économiques (à coût optimal) visés. La performance d'une installation d'irrigation dépendra du bon choix de la technique et du système d'irrigation et de la bonne mise en place des équipements sur la base de la parfaite connaissance des informations techniques et économiques liées aux conditions de l'exploitation. Il existe actuellement plusieurs méthodes d'irrigation pour la desserte en eau des cultures. Chaque méthode présente en même temps des avantages et des désavantages, qui doivent être pris en considération lors de la sélection de la méthode qui s'adapte le mieux aux conditions locales.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les principaux systèmes d'irrigation existants dans le milieu de l'agriculture après avoir défini ce que sont le système d'irrigation automatique. Ensuite nous présenterons brièvement comment choisir la méthode d'irrigation qu'il faut pour notre culture.

### 1.2 Un système d'irrigation automatique

Un système d'irrigation automatique est un système conçu pour arroser les plantes de manière automatique et programmée, sans nécessiter une intervention manuelle constante. Il utilise des capteurs pour détecter l'humidité du sol et des minuteries pour contrôler le débit d'eau, ce qui permet d'optimiser l'arrosage en fonction des besoins des plantes et des conditions météorologiques [1].

Les avantages d'un système d'irrigation automatique incluent :

- Gestion optimale de l'eau : Permet de fournir exactement la quantité d'eau requise par les plants, ce qui contribue à réduire les pertes d'eau et à favoriser la croissance des plantes.
- Flexibilité : Offre la possibilité de modifier facilement les plans d'irrigation selon les besoins spécifiques des cultures et des conditions climats.
- Productivité accrue : Réduit le stress hydrique chez les plantes, ce qui contribue à améliorer leur croissance et leur rendement.
- Réduction des maladies des racines et des mauvaises herbes : Caractéristique des systèmes d'irrigation localisés, comme l'irrigation goutte à goutte, qui favorise une meilleure hygiène des cultures et une meilleure gestion des mauvaises herbes.

Les inconvénients d'un système d'irrigation automatique incluent :

- Coûts initiaux élevés : Du fait de l'emploi de composants technologiquement avancés et de la nécessité d'une installation professionnelle.
- Risques de dysfonctionnement : En cas de panne ou de défaut dans les équipements, le système d'irrigation automatique peut ne pas fonctionner correctement, ce qui peut avoir des conséquences néfastes sur la santé des plantes et la productivité globale.

Il est essentiel de noter que l'automatisation d'un système d'irrigation n'implique pas nécessairement l'abandon de la surveillance et de la gestion manuelle. En effet, l'optimisation du système d'irrigation automatique nécessite une bonne connaissance des besoins en eau des cultures et des conditions climats, ainsi que la capacité de s'adapter aux changements saisonniers et aux variations climats [1].

### **1.3 Les techniques du système d'irrigation**

Les techniques du système d'arrosage désignent les méthodes et les technologies utilisées pour irriguer les plantes de manière efficace et efficiente. Cela peut inclure des systèmes d'arrosage automatiques comme les arroseurs, les goutte-à-goutte, les systèmes d'irrigation par aspersion, ainsi que des techniques plus traditionnelles comme l'irrigation par gravité ou par submersion. L'objectif est de fournir la bonne quantité d'eau au bon moment pour favoriser la croissance des plantes tout en conservant les ressources en eau [2].

#### **1.3.1 L'irrigation gravitaire**

L'irrigation gravitaire, également connue sous le nom d'irrigation de surface, est une méthode d'irrigation largement utilisée dans le monde, représentant environ 86% des surfaces irriguées mondiales. Elle consiste à distribuer l'eau par des rigoles ou raies, avec un débit relativement grand (5 à 10 litres par seconde) [3].

Ce mode d'irrigation est considéré comme le mode le plus ancien et le plus répandu dans le monde. Au sein de l'irrigation gravitaire, on dénombre trois principales méthodes de desserte à surface libre d'eau aux plantes :

##### **1.3.1.1 Irrigation par bassin**

L'irrigation par bassins (figure 1.1) est une méthode d'irrigation de surface où les cultures sont situées dans des bassins fermés entourés de digues pour empêcher le ruissellement. L'eau se répand dans tout le bassin et s'infiltré dans le sol, agissant comme un étang. Cette méthode est adaptée aux sols peu filtrants et convient particulièrement aux cultures telles que la luzerne, l'herbe et les céréales basses, mais n'est pas recommandée pour les cultures à racines tubéreuses. Les bassins sont généralement de forme rectangulaire, nivelés et entourés de digues pour éviter le débordement [3].



**Figure 1.1 :** Irrigation par bassins

### *1.3.1.2 Irrigation par planches*

L'irrigation par planches, également connue sous le nom d'irrigation en bandes, est une méthode d'irrigation où de petites bandes ou planches de terre sont élevées entre les rangées de cultures. Ces planches agissent comme des barrières pour retenir l'eau d'irrigation et permettent ainsi une infiltration efficace de l'eau dans le sol, en fournissant de l'humidité directement aux racines des plantes. Comme indiqué la figure 1.2 ci-dessus.

Cette technique est souvent utilisée dans les cultures maraîchères, les jardins potagers et les cultures en rangées, où les plantes sont disposées en lignes. L'irrigation par planches aide à concentrer l'eau là où elle est nécessaire, réduisant ainsi le gaspillage et favorisant une utilisation plus efficace de la ressource en eau. De plus, elle peut contribuer à la gestion des mauvaises herbes en limitant la croissance entre les rangées irriguées.



**Figure 1.2 :** Irrigation par planches

### 1.3.1.3 Irrigation à la raie

L'irrigation à la raie (figure 1.3) est une méthode d'irrigation agricole qui implique l'application directe de l'eau dans des sillons ou des raies creusées près des racines des plantes cultivées. Ces sillons sont généralement disposés le long des rangées de cultures. L'objectif principal de cette technique est de fournir de l'eau précisément là où les plantes en ont besoin, en ciblant directement la zone racinaire. L'irrigation à la raie permet une utilisation efficace de l'eau en réduisant les pertes par évaporation et en maximisant l'absorption par les racines des plantes, ce qui favorise une croissance saine et une production optimale des cultures [2].

En irrigation à la raie, plusieurs dispositifs modernes (siphons, gaines souples, rampes à vannettes, Trans-irrigation) permettent de bien contrôler les débits délivrés en tête des raies et l'uniformité de répartition de l'eau dans l'ensemble des raies. L'utilisation correcte de ces dispositifs nécessite que l'eau soit livrée en tête de parcelle avec une charge minimale de quelques dizaines de cm et avec un débit constant.



Figure 1.3 : Irrigation à la raie

### 1.3.2 L'irrigation par goutte à goutte

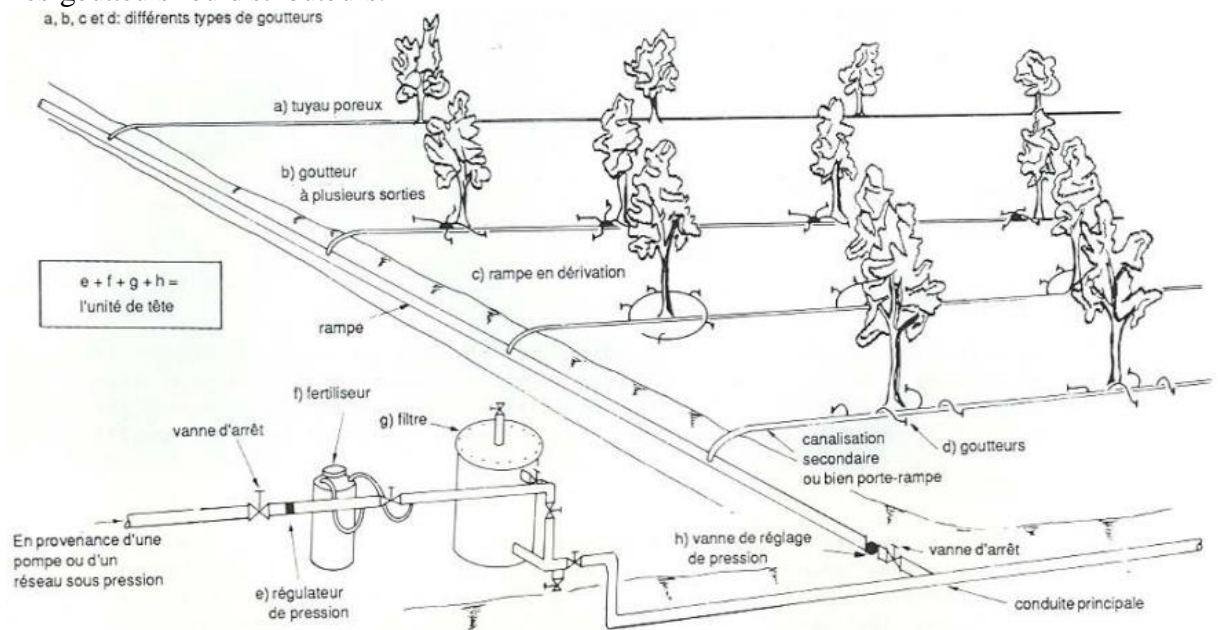
L'irrigation à la goutte à goutte, également connue sous le nom de micro-irrigation, est un système d'irrigation qui distribue l'eau en petites quantités directement aux racines des plantes. Ce système est adapté à de nombreuses cultures, y compris les légumes, les fleurs et les arbres fruitiers. L'irrigation à la goutte à goutte peut être installée en surface ou enterrée, et peut fonctionner avec ou sans pression. Les systèmes sans pression utilisent la gravité pour

transporter l'eau, tandis que les systèmes avec pression utilisent des pompes pour forcer l'eau à traverser les tuyaux [3].

### 1.3.2.1 Les matériels du système goutte à goutte

Comme on le voit (figure 1.4) les éléments de l'installation de type d'irrigation au goutte à goutte sont:

- L'unité de pompage
- L'unité de tête ou de contrôle en tête
- Les canalisations principales et secondaires
- Les rampes
- Les goutteurs ou distributeurs.



**Figure 1.4 :** Schéma type d'une installation d'irrigation au goutte à goutte

Voici une description plus approfondie de chaque élément :

#### 1.3.2.1.1 Source d'eau

Il s'agit de la provenance de l'eau utilisée dans le système d'irrigation. Cette source peut être naturelle, comme une rivière, un lac, une nappe phréatique, ou artificielle, comme un réservoir ou un puits. L'eau est prélevée à partir de cette source pour alimenter le système d'irrigation.

#### 1.3.2.1.2 Station de pompage

La station de pompage est équipée de pompes qui élèvent la pression de l'eau afin de la transporter sur de longues distances ou à des altitudes plus élevées, si nécessaire. Elle est située près de la source d'eau et assure le transfert de l'eau depuis la source vers le reste du système d'irrigation.

#### 1.3.2.1.3 Unité de tête

L'unité de tête est une structure située après la station de pompage. Elle régule le débit et la pression de l'eau, assurant ainsi une distribution efficace vers les canalisations principales.

Cette unité peut également inclure des dispositifs de filtration pour éliminer les impuretés de l'eau [2].

### **1.3.2.1.4 Canalisations principales et secondaires**

Les canalisations principales sont des conduites qui transportent l'eau depuis l'unité de tête vers les différentes zones d'irrigation. Elles sont généralement de plus gros diamètres pour permettre un débit important. Les canalisations secondaires, quant à elles, distribuent l'eau à des endroits spécifiques dans les champs ou les cultures, elles sont de plus petits diamètres et peuvent être équipées de vannes pour contrôler le débit [2].

### **1.3.2.1.5 Porterampes et rampes**

Les porte rampes sont des vannes ou des dispositifs similaires installés sur les canalisations pour contrôler le flux d'eau. Les rampes sont des structures conçues pour distribuer l'eau de manière uniforme sur les zones à irriguer. Elles peuvent être réglables pour s'adapter aux besoins spécifiques de chaque zone [2].

### **1.3.2.1.6 Distributeurs**

Les distributeurs sont les dispositifs finaux qui délivrent l'eau directement aux cultures ou aux zones à irriguer. Ils peuvent prendre différentes formes, comme des goutteurs, des arroseurs, des asperseurs, ou des systèmes d'irrigation goutte-à-goutte, en fonction des besoins spécifiques des cultures et de l'efficacité recherchée.

Dans l'ensemble, cette installation constitue un système complet d'irrigation qui permet d'apporter de l'eau aux cultures de manière contrôlée et efficace, favorisant ainsi leur croissance et leur rendement. Chaque composant joue un rôle essentiel dans le processus d'irrigation, contribuant à maximiser l'utilisation des ressources en eau tout en minimisant les pertes [2].

## **1.3.3 Irrigation par aspersion**

L'irrigation par aspersion est une méthode d'irrigation agricole et d'aménagement paysager qui consiste à pulvériser de l'eau dans l'air sous forme de fines gouttelettes, imitant ainsi la pluie. Cette technique est largement utilisée pour fournir de l'eau aux cultures, aux pelouses, aux parcs et aux jardins. Comme on le voit (figure 1.5) elle utilise des dispositifs appelés asperseurs, qui sont placés à intervalles réguliers le long des canalisations d'irrigation. Les asperseurs peuvent être fixes, rotatifs ou oscillants, et sont conçus pour couvrir uniformément la zone à irriguer. L'irrigation par aspersion offre une distribution efficace de l'eau, une flexibilité dans le contrôle du débit et de la portée, et peut être adaptée à différents types de sols et de cultures. Cependant, elle peut également entraîner des pertes d'eau dues à l'évaporation et au vent, et nécessite une planification minutieuse pour éviter le gaspillage et maximiser l'efficacité de l'irrigation [3].



**Figure 1.5 :** Irrigation par aspersion

### *1.3.3.1 Les éléments d'un réseau d'irrigation par aspersion*

Un réseau d'irrigation par aspersion comporte les éléments suivants :

- L'unité de pompage
- Les canalisations principales et d'approche
- Les rampes
- Les asperseurs.

Voici une explication détaillée des éléments mentionnés :

#### 1.3.3.1.1 Unité de pompage

C'est le point de départ du système d'irrigation où l'eau est puisée à partir de la source, comme un puits ou un réservoir, et est pompée dans le système. Cette unité est équipée de pompes pour augmenter la pression de l'eau afin de la distribuer efficacement à travers le réseau [3].

#### 1.3.3.1.2 Canalisations principales et d'approche

Les canalisations principales transportent l'eau à partir de l'unité de pompage vers différentes parties du terrain à irriguer. Elles sont généralement de plus gros diamètres pour supporter un débit élevé. Les canalisations d'approche sont les conduites qui alimentent les rampes ou les asperseurs à partir des canalisations principales [2].

#### 1.3.3.1.3 Rampes

Les rampes sont des structures montées sur les canalisations d'approche qui distribuent l'eau de manière uniforme sur la zone à irriguer. Elles peuvent être fixes ou mobiles, selon les besoins de l'exploitation agricole ou du terrain à irriguer. Les rampes sont munies de buses ou d'orifices qui dispersent l'eau sous forme de fines gouttelettes [2].

### 1.3.3.1.4 Asperseurs

Les asperseurs sont des dispositifs montés sur les rampes ou directement sur les canalisations d'approche. Ils sont conçus pour pulvériser l'eau dans l'air sous forme de fines gouttelettes, imitant la pluie. Les asperseurs peuvent être de différents types, tels que les asperseurs fixes, rotatifs ou oscillants, et peuvent être réglables pour s'adapter aux besoins spécifiques de la culture ou du terrain [2].

Ensemble, ces éléments forment un réseau d'irrigation par aspersion qui permet une distribution efficace de l'eau sur les cultures ou les espaces verts. Ce système offre plusieurs avantages, notamment une utilisation efficace de l'eau, une distribution uniforme sur toute la zone irriguée, et la possibilité de contrôler facilement le débit et la portée de l'eau [2].

## 1.4 Le choix d'une méthode d'irrigation

Le choix de la méthode d'irrigation appropriée revêt une importance capitale dans la gestion efficace des ressources en eau et dans l'optimisation des rendements agricoles. Cette décision complexe est influencée par une multitude de facteurs. Dans cette étude, nous examinerons les principaux éléments qui influent sur le choix entre les méthodes d'irrigation de surface, par aspersion ou au goutte à goutte, afin de mieux comprendre comment sélectionner la méthode la plus adaptée à un contexte agricole donné [4].

Le choix d'une méthode d'irrigation dépend de plusieurs facteurs, notamment :

- Les conditions naturelles
- Les cultures pratiquées
- La technologie
- La tradition des irrigations
- Les besoins en main-d'œuvre
- Les coûts et les bénéfices

### 1.4.1 Les conditions naturelles

Dans le choix de la méthode d'irrigation, les conditions naturelles jouent un rôle crucial. Parmi ces conditions, on peut citer :

**1.4.1.1 Type de sol** : La composition et la texture du sol influent sur la capacité de rétention et de drainage de l'eau. Les sols argileux retiennent davantage l'eau, tandis que les sols sableux ont une capacité de rétention d'eau plus faible. Ce facteur affecte le choix de la méthode d'irrigation en fonction de l'efficacité de la distribution de l'eau aux racines des plantes [5].

Ce tableau présente les recommandations d'irrigation en fonction du type de sol, en mettant en évidence la méthode d'irrigation recommandée pour chaque type de sol :

Type de sol	Méthode d'irrigation recommandée
Sols sableux	Irrigation par aspersion ou au goutte à goutte
Limon	Irrigation de surface (mais aspersion ou goutte à goutte possible)
Sols argileux	Irrigation de surface
Hétérogène	Irrigation par aspersion ou au goutte à goutte pour uniformité de distribution

**Tableau 1.1:** Méthode d'irrigation correspondant à chaque type du sol

#### **1.4.1.2 La pente**

La topographie du terrain est un facteur crucial, car elle peut affecter la distribution de l'eau et nécessiter une gestion spécifique pour éviter les problèmes tels que le colmatage et les fuites. Sur des terrains en pente, l'irrigation par gravité peut être plus efficace, tandis que sur des terrains plats, d'autres méthodes comme l'aspersion ou le goutte à goutte peuvent être préférées pour une meilleure répartition de l'eau.

#### **1.4.1.3 Le climat**

Les conditions climatiques, notamment les précipitations, l'humidité relative, les températures et les vents, affectent les besoins en eau des cultures et le taux d'évaporation. Dans les régions arides, où l'eau est rare, des méthodes d'irrigation plus efficaces comme le goutte à goutte peuvent être privilégiées.

#### **1.4.1.4 La disponibilité de l'eau**

La quantité d'eau disponible pour l'irrigation est un facteur déterminant. Dans les régions où l'eau est abondante, des méthodes d'irrigation moins efficaces en termes d'utilisation de l'eau peuvent être utilisées, tandis que dans les régions où l'eau est rare, il est essentiel d'opter pour des méthodes d'irrigation plus économes en eau.

#### **1.4.1.5 La qualité de l'eau**

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation peut également être un facteur important. Une eau de mauvaise qualité, contenant des sels ou des contaminants, peut affecter la santé des plantes et la fertilité du sol. Dans de tels cas, des mesures de traitement de l'eau ou des méthodes d'irrigation spécifiques peuvent être nécessaires pour minimiser les effets néfastes sur les cultures.

#### **1.4.2 Les cultures pratiquées**

Les cultures pratiquées sont également un facteur déterminant dans le choix de la méthode d'irrigation :

- Irrigation de surface : Cette méthode est applicable à toutes les cultures, qu'elles soient de base ou à haute valeur financière.
- Irrigation par aspersion : Cette méthode est souvent préférée pour les cultures à haute valeur financière, telles que les légumes et les arbres fruitiers, en raison des coûts

d'investissement élevés. Elles sont moins courantes pour les cultures de base à faible valeur financière.

- Irrigation au goutte à goutte : Recommandée pour l'irrigation des plantations individuelles, des arbres et des cultures en lignes, notamment les légumes et la canne à sucre. Moins adaptée pour les plantations denses comme les rizières.

En tenant compte des types de cultures et de leurs exigences spécifiques en matière d'irrigation, il est possible de choisir la méthode la plus adaptée pour assurer une utilisation efficace de l'eau et maximiser les rendements agricoles.

### **1.4.3 La technologie**

Le choix de la méthode d'irrigation est crucial pour le succès de l'agriculture. Les technologies modernes comme l'aspersion et le goutte à goutte offrent des approches efficaces. L'aspersion simule la pluie, assurant une distribution uniforme de l'eau, tandis que le goutte à goutte cible précisément les racines des plantes, réduisant les pertes et les besoins en eau. Le choix dépend des besoins des cultures, de la technicité, de la disponibilité en eau et des coûts. Une analyse approfondie est nécessaire pour sélectionner la méthode optimale, garantissant des rendements élevés et une utilisation durable de l'eau [5].

### **1.4.4 La tradition des irrigations**

Le choix de la méthode d'irrigation est parfois guidé par les pratiques traditionnelles agricoles d'une région. Dans les zones où l'eau est abondante, l'irrigation de surface est souvent préférée en raison de sa familiarité et de sa longue histoire. En revanche, dans les régions soumises à des contraintes hydriques, les agriculteurs peuvent être plus ouverts aux méthodes plus modernes comme l'aspersion ou le goutte à goutte, même si elles sont moins traditionnelles. Il est essentiel de prendre en compte les avantages et les inconvénients de chaque méthode, ainsi que les besoins spécifiques des cultures et les conditions locales, pour faire le choix le plus approprié [5].

### **1.4.5 Les besoins en main-d'œuvre**

Le choix de la méthode d'irrigation peut être influencé par les besoins en main-d'œuvre. Les méthodes plus traditionnelles comme l'irrigation de surface peuvent nécessiter plus de travail manuel pour leur fonctionnement, tandis que les systèmes plus modernes comme l'aspersion ou le goutte à goutte peuvent être plus automatisés. Cette considération est cruciale dans les régions où la main-d'œuvre est limitée ou coûteuse, car une méthode nécessitant moins de travail manuel peut être plus économique. Ainsi, il est important de prendre en compte les besoins en main-d'œuvre lors du choix de la méthode d'irrigation, en tenant compte des ressources disponibles et des coûts associés dans la région spécifique [5].

### **1.4.6 Les coûts et les bénéfices**

Le choix de la méthode d'irrigation est influencé par les coûts et les bénéfices associés à chaque option. Les méthodes d'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte peuvent nécessiter des investissements initiaux plus élevés, mais offrent une utilisation plus efficace de l'eau et des rendements agricoles accrus à long terme. En revanche, l'irrigation de surface peut être moins coûteuse à installer et à entretenir, mais peut entraîner des pertes d'eau plus importantes. Il est crucial d'évaluer attentivement les coûts initiaux, les économies potentielles

et les bénéfices à long terme de chaque méthode pour choisir celle qui optimisera les rendements tout en garantissant une utilisation durable des ressources en eau [5].

### **1.5 Conclusion**

Les systèmes d'irrigation sont essentiels pour l'agriculture moderne, permettant une utilisation optimale de l'eau pour la croissance des cultures. Les avancées technologiques favorisent la conception de systèmes plus précis et efficaces, assurant une distribution homogène de l'eau. L'irrigation localisée est préconisée pour des rendements économiques et productifs accrus, nécessitant une planification proactive prenant en compte la disponibilité de l'eau et les considérations environnementales. Un entretien rigoureux et une surveillance régulière des systèmes d'irrigation sont essentiels pour éviter les pertes d'eau et garantir une irrigation uniforme. La prise de décision stratégique est cruciale pour optimiser l'approvisionnement en eau et assurer une croissance optimale des cultures.

**Chapitre 02 :**  
**Les Capteurs et Composants**  
**Électroniques Essentiels pour notre**  
**système**

### 2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous explorerons en détail les capteurs, des dispositifs essentiels utilisés pour mesurer diverses grandeurs physiques et convertir ces mesures en signaux exploitables. Nous commencerons par définir ce qu'est un capteur, puis nous examinerons les différentes catégories de capteurs : logiques, analogiques et numériques. Nous approfondirons ensuite dans les Composants Électroniques Essentiels pour développer notre système comme le capteur de température, le capteur d'humidité du sol, la carte Arduino Uno...etc.

### 2.2 Définition d'un capteur

Un capteur est un dispositif utilisé pour détecter ou mesurer une grandeur physique, telle que la température, la pression, la lumière ou le mouvement, et convertir cette grandeur en un signal utilisable. Il se compose généralement d'un élément sensible, d'un transducteur, d'un circuit de conditionnement de signal et d'une interface de sortie. Les capteurs sont essentiels dans de nombreux domaines, de l'électronique grand public à l'automatisation industrielle, en passant par la médecine et les sciences de l'environnement, car ils permettent de collecter des données sur l'environnement physique pour prendre des décisions, contrôler des processus et automatiser des systèmes.

Les capteurs peuvent être divisés en différentes catégories en fonction de la manière dont ils mesurent et transmettent les données. De manière générale, on peut les classer en trois principales catégories : logiques, analogiques et numériques [10].

#### 2.2.1 Les capteurs logiques

Un capteur logique est un dispositif qui détecte et indique la présence ou l'absence d'une certaine condition ou d'un événement en produisant une sortie binaire, généralement sous forme de 0 (faux) ou 1 (vrai). Contrairement aux capteurs analogiques qui mesurent des grandeurs physiques continues ou aux capteurs numériques qui fournissent des données numériques précises, les capteurs logiques ne fournissent que des informations binaires sur l'état de la condition qu'ils surveillent.

Ces capteurs sont souvent utilisés dans des applications où la détection de la présence ou de l'absence de quelque chose est suffisante pour contrôler un système. Par exemple, les détecteurs de proximité utilisent des capteurs logiques pour détecter la présence d'objets à proximité, les interrupteurs de fin de course utilisent des capteurs logiques pour détecter si un objet a atteint une position spécifique, et les détecteurs de lumière utilisent des capteurs logiques pour détecter si une source de lumière est présente ou non.

Les capteurs logiques peuvent être basés sur une variété de technologies, y compris des interrupteurs mécaniques, des détecteurs infrarouges passifs (PIR), des capteurs de lumière ambiantes, des capteurs à ultrasons, et plus encore. Ils sont largement utilisés dans des domaines tels que l'automatisation industrielle, les systèmes de sécurité, les systèmes d'éclairage automatique, et bien d'autres encore [11].

#### 2.2.2 Les capteurs analogiques

Un capteur analogique est un dispositif électronique conçu pour mesurer une grandeur physique continue, telle que la température, l'humidité, la pression, la lumière, le son, etc., et produire une sortie analogique proportionnelle à cette grandeur. Contrairement aux capteurs logiques qui fournissent une sortie binaire, les capteurs analogiques produisent une sortie qui varie de manière continue en fonction de la grandeur mesurée [12].

## **Chapitre 02 : Les Capteurs et Composants Électroniques Essentiels pour notre système**

Par exemple, un capteur de température analogique peut produire une tension de sortie qui augmente lorsque la température augmente.

Les capteurs analogiques utilisent une variété de principes de fonctionnement, y compris les effets thermiques, mécaniques, optiques, électromagnétiques, etc. Ils sont souvent utilisés dans des applications nécessitant une mesure précise de grandeurs physiques et sont couramment utilisés dans les domaines de l'automobile, de l'aérospatiale, de la météorologie, du contrôle des procédés industriels, de la surveillance environnementale, et bien d'autres encore.

La sortie analogique du capteur peut être ensuite traitée par des circuits électroniques supplémentaires pour effectuer des calculs, des enregistrements ou des actions de contrôle. Par exemple, un microcontrôleur peut lire une tension de sortie d'un capteur de température analogique, puis utiliser cette information pour prendre des décisions de contrôle, comme l'activation d'un système de refroidissement [12].

### **2.2.3 Les capteurs numériques**

Un capteur numérique est un dispositif électronique qui mesure une grandeur physique et produit une sortie sous forme de données numériques, généralement des nombres binaires (0 et 1). Contrairement aux capteurs analogiques, qui fournissent des sorties analogiques continues, les capteurs numériques convertissent la grandeur mesurée en données numériques à l'aide de convertisseurs analogique-numérique (CAN).

Ces capteurs offrent plusieurs avantages, notamment une précision accrue, une meilleure résolution, une stabilité et une immunité accrues aux interférences électromagnétiques. De plus, les données numériques peuvent être facilement traitées, stockées et transmises par des systèmes informatiques, ce qui simplifie leur intégration dans des applications complexes [12].

Les capteurs numériques utilisent souvent des interfaces de communication standard pour transmettre les données numériques à d'autres composants électroniques ou systèmes. Ils sont largement utilisés dans divers domaines, tels que l'automobile, l'électronique grand public, les dispositifs médicaux, l'industrie, la météorologie, etc., en raison de leur précision, de leur facilité d'intégration et de leur capacité à fournir des données exploitables pour la prise de décision [12].

## **2.3 Le capteur d'humidité de sol**

### **2.3.1 Définition**

Un capteur d'humidité de sol (figure 2.1) est un dispositif électronique conçu pour mesurer le niveau d'humidité présent dans le sol. Les capteurs d'humidité de sol fournissent des données précieuses aux agriculteurs, aux jardiniers et aux chercheurs pour surveiller et gérer l'irrigation des cultures, optimiser les rendements et prévenir les problèmes liés à l'excès ou au manque d'humidité dans le sol.

Un capteur d'humidité de sol est généralement composé de deux parties principales : les sondes ou électrodes et l'électronique de mesure.

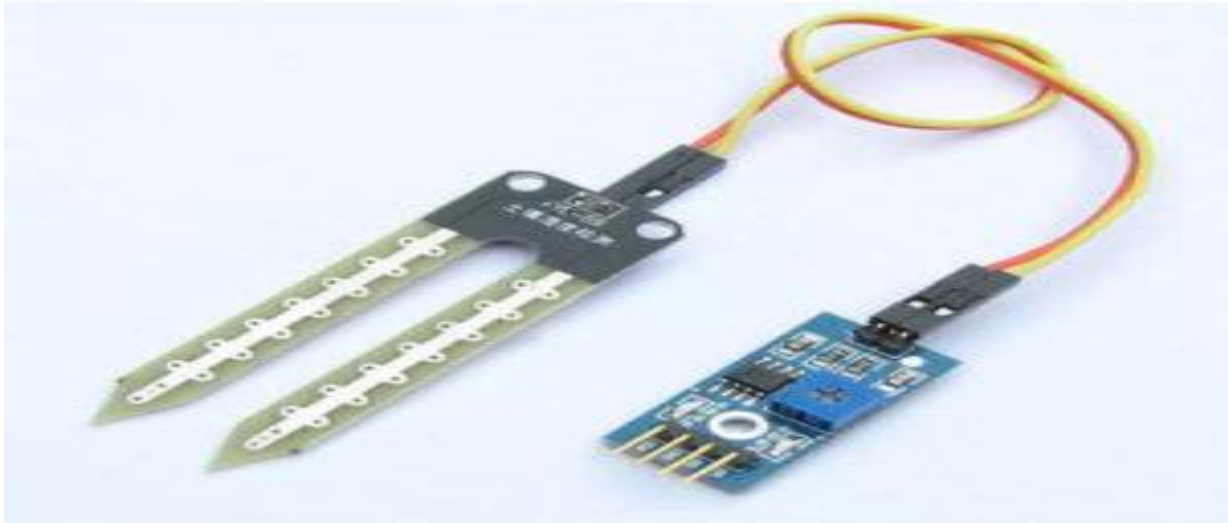
- **Sondes ou électrodes** : Ces composants sont insérés dans le sol à des profondeurs spécifiques pour mesurer l'humidité à différents niveaux. Les sondes peuvent être de différents types. Ils interagissent avec l'eau présente dans le sol et transmettent les données à l'électronique de mesure.

- **Électronique de mesure** : Cette partie du capteur reçoit les signaux des sondes et les convertit en valeurs numériques représentant le niveau d'humidité du sol. Les capteurs d'humidité de sol peuvent

## Chapitre 02 : Les Capteurs et Composants Électroniques Essentiels pour notre système

être autonomes avec leur propre électronique intégrée, ou ils peuvent se connecter à des systèmes de contrôle plus vastes tels que des stations météorologiques ou des dispositifs d'irrigation intelligents.

Ces capteurs sont utilisés dans divers domaines tels que l'agriculture, l'horticulture, la recherche environnementale, la gestion des ressources en eau, etc. Ils permettent de surveiller l'humidité du sol en temps réel, ce qui aide les agriculteurs et les gestionnaires de cultures à optimiser l'irrigation, à éviter le stress hydrique des plantes, à prévenir la perte de sol par érosion, et à améliorer la santé globale des cultures [14].



**Figure 2.1 :** Capteur d'humidité de sol.

### 2.3.2 le fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'un capteur d'humidité de sol repose sur la mesure de la conductivité électrique du sol, qui varie en fonction de son taux d'humidité. Voici les étapes principales du fonctionnement d'un tel capteur :

- Insertion dans le sol : Le capteur est inséré dans le sol, et ses électrodes entrent en contact avec le milieu environnant.
- Mesure de la conductivité : Le capteur mesure la résistance électrique entre ses électrodes. L'humidité du sol agit comme un conducteur électrique, et la résistance entre les électrodes diminue à mesure que le sol devient plus humide.
- Conversion en valeur d'humidité : La résistance mesurée est convertie en une valeur d'humidité du sol à l'aide d'un algorithme ou d'un étalonnage préalable du capteur. Plus la résistance est faible, plus le sol est humide, et vice versa.
- Affichage ou transmission des données : La valeur d'humidité du sol obtenue est généralement affichée sur un écran ou transmise à un système de surveillance pour un suivi continu de l'humidité du sol.

En résumé, un capteur d'humidité de sol fonctionne en mesurant la résistance électrique entre ses électrodes, ce qui varie en fonction de la conductivité électrique du sol, qui elle-même dépend de son

## Chapitre 02 : Les Capteurs et Composants Électroniques Essentiels pour notre système

taux d'humidité. Cette mesure est ensuite convertie en une valeur d'humidité du sol pour fournir des informations précieuses pour l'irrigation et la gestion des cultures [14].

### 2.3.3 Les caractéristique

Les caractéristiques d'un capteur d'humidité de sol peuvent varier en fonction de différents facteurs tels que la conception spécifique du capteur, son fabricant, et les exigences de l'application [14].

Le capteur d'humidité du sol YL-69 est couramment utilisé dans des projets d'électronique et de microcontrôleurs pour mesurer l'humidité du sol. Voici ses principales caractéristiques :

- Composants :

Sonde YL-69 : Une sonde à deux broches qui est insérée dans le sol pour mesurer l'humidité.

Module de contrôle : Un petit circuit imprimé avec un comparateur de tension (comme le LM393) pour convertir les variations de résistance en un signal numérique ou analogique.

- Alimentation :

Tension de fonctionnement : 3,3 V à 5 V DC.

- Sorties :

Sortie analogique (AO) : Fournit une tension analogique proportionnelle au niveau d'humidité du sol.

Sortie numérique (DO) : Fournit un signal numérique (haut/bas) en fonction d'un seuil réglable avec un potentiomètre sur le module.

- Fonctionnement :

Lorsque la sonde est insérée dans le sol, elle mesure la résistance entre les deux broches. Plus le sol est humide, plus la résistance est faible (et donc la conductivité élevée).

Le module de contrôle convertit cette résistance en une sortie de tension analogique (0-1023 pour une lecture ADC sur un microcontrôleur 10 bits) et peut également comparer cette tension à un seuil pour donner une sortie numérique.

- Consommation :

Faible consommation de courant, généralement autour de 20 mA.

- Applications :

Surveillance de l'humidité du sol pour l'arrosage automatique.

Projets de jardinage et d'agriculture.

Projets éducatifs et expérimentaux.

Il est important de noter que ce capteur peut se corroder avec le temps, surtout s'il est utilisé en extérieur, donc il peut être nécessaire de le remplacer périodiquement pour maintenir des mesures précises.

### 2.3.4 connexion

Pour connecter un capteur d'humidité de sol à une carte Arduino Uno, vous aurez besoin de quelques composants supplémentaires et de suivre quelques étapes simples. Voici comment procéder :

#### **Matériel requis :**

- Capteur d'humidité du sol
- Carte Arduino Uno
- Résistance de 10 k $\Omega$
- Fils de connexion

#### **Étapes de connexion :**

Comme indiqué (la figure 2.2) ci-dessus.

##### •Connectez le capteur d'humidité du sol :

Le capteur d'humidité de sol a généralement trois broches : VCC, GND et SIGNAL.

Connectez la broche VCC du capteur à la broche 5V de l'Arduino Uno.

Connectez la broche GND du capteur à la broche GND de l'Arduino Uno.

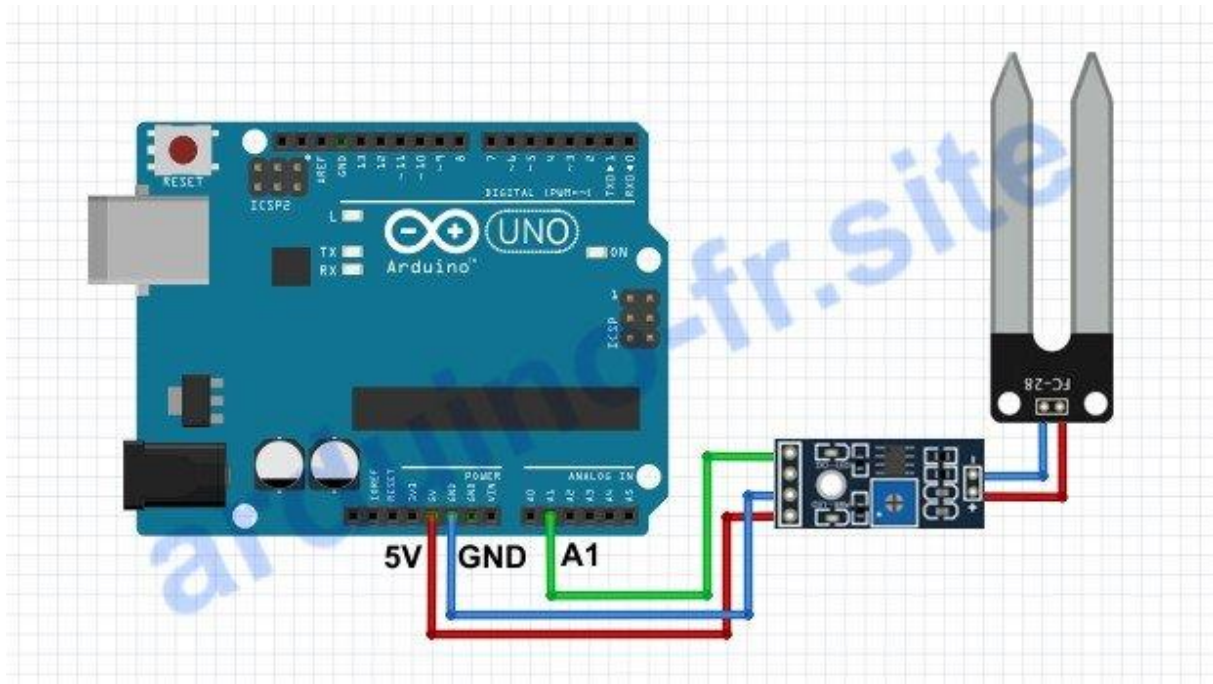
Connectez la broche SIGNAL du capteur à une broche analogique de l'Arduino Uno (par exemple, A0).

##### •Créez un pont diviseur de tension :

Connectez une résistance de 10 k $\Omega$  entre la broche SIGNAL du capteur et la broche GND de l'Arduino Uno.

##### •Programmation de l'Arduino :

Utilisez le code Arduino pour lire les données du capteur d'humidité du sol via la broche analogique à laquelle il est connecté.

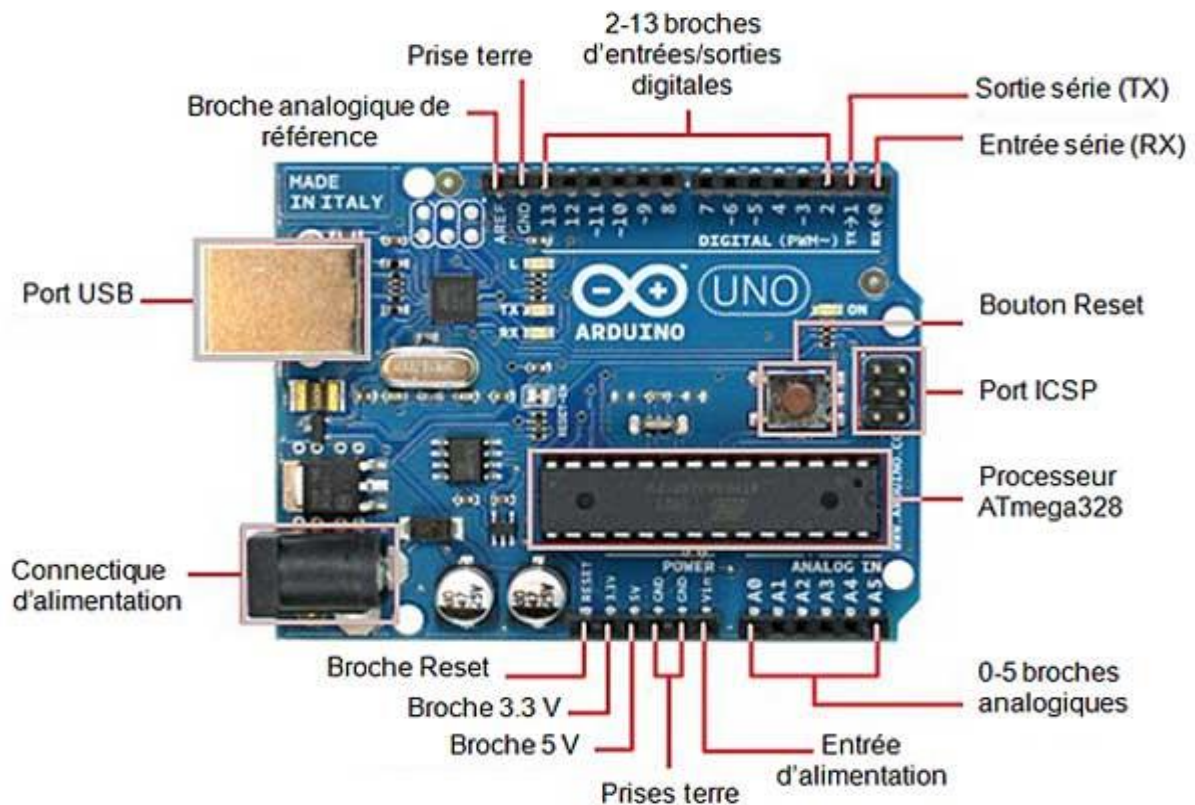


**Figure 2.2 :** Connexion d'un capteur d'humidité de sol avec une carte Arduino Uno.

### 2.4 La carte Arduino Uno

#### 2.4.1 Définition

La carte Arduino Uno est une carte de développement open source très populaire dans le domaine de l'électronique et de la programmation. Comme on le voit (figure 2.3) elle est basée sur un microcontrôleur ATmega328P et est capable de recevoir et d'envoyer des signaux électriques via ses broches d'entrée/sortie. La carte Arduino Uno combine à la fois un matériel puissant et un logiciel de programmation facile à utiliser, ce qui en fait un outil idéal pour les débutants et les experts. Elle peut être utilisée pour créer une grande variété de projets électroniques, tels que des robots, des capteurs, des systèmes de contrôle, et bien plus encore. La carte Arduino Uno est également compatible avec de nombreux modules et capteurs supplémentaires, ce qui permet d'étendre ses capacités et de la rendre encore plus polyvalente [15].



**Figure 2.3:** carte Arduino Uno

### 2.4.2 Les caractéristique

La carte Arduino Uno est une carte de développement électronique open-source basée sur un microcontrôleur ATmega328P. Voici quelques-unes de ses caractéristiques principales :

1. Microcontrôleur : ATmega328P
2. Tension de fonctionnement : 5 volts
3. Tension d'entrée (recommandée) : 7-12 volts
4. Tension d'entrée (limite) : 6-20 volts
5. Entrées/sorties numériques : 14 (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM)
6. Entrées analogiques : 6
7. Courant continu par broche d'E/S : 20 mA
8. Courant continu pour la broche 3,3V : 50 mA
9. Mémoire Flash : 32 kB (dont 0,5 kB utilisés par le bootloader)
10. SRAM : 2 kB
11. EEPROM : 1 kB
12. Vitesse d'horloge : 16 MHz

## **Chapitre 02 : Les Capteurs et Composants Électroniques Essentiels pour notre système**

13. Interfaces : USB, UART (série), I2C, SPI

14. Dimensions : 68,6 mm x 53,4 mm

15. Poids : 25 g

Ces caractéristiques font de l'Arduino Uno une plateforme populaire pour les projets d'électronique et d'automatisation, en raison de sa facilité d'utilisation et de sa grande communauté de soutien [15].

### **2.4.3 fonctionnement**

La carte Arduino Uno fonctionne en exécutant des programmes écrits dans le langage de programmation Arduino, qui est une version simplifiée du langage C/C++. Voici une description générale de son fonctionnement :

- **Écriture du code :** Vous écrivez un programme sur votre ordinateur à l'aide de l'IDE Arduino (Integrated Development Environment), qui est un logiciel gratuit et open-source. Ce programme est généralement appelé un "croquis" dans l'environnement Arduino.
- **Téléversement du code:** Une fois que vous avez écrit votre code, vous le téléversez sur la carte Arduino via un câble USB. Le code est transféré vers la carte Arduino, où il est stocké dans sa mémoire.
- **Exécution du code :** Une fois le code téléversé, la carte Arduino exécute les instructions du programme en fonction des commandes que vous avez fournies. Par exemple, si vous avez programmé la carte pour allumer une LED lorsqu'un bouton est enfoncé, elle surveillera en permanence l'état du bouton et réagira en conséquence.
- **Interaction avec les périphériques :** La carte Arduino peut interagir avec divers périphériques électroniques tels que des capteurs, des actionneurs, des écrans, etc. Elle peut lire des données à partir de capteurs, contrôler des moteurs ou des LEDs, et communiquer avec d'autres appareils via des interfaces telles que UART, I2C et SPI.
- **Répétition du processus:** Ce processus se répète chaque fois que vous modifiez votre code et que vous souhaitez le tester sur la carte Arduino. Vous modifiez le code dans l'IDE Arduino, le téléversez sur la carte, observez son comportement et apportez des ajustements si nécessaires [15].

### **2.4.4 Les Avantages et les Inconvénients des cartes Arduino**

Les cartes Arduino offrent une facilité d'utilisation et une polyvalence remarquables grâce à leur convivialité, leur compatibilité avec une variété de composants électroniques et leur large communauté de soutien. Leur nature open-source encourage l'innovation et la collaboration, tandis que leur coût abordable les rend accessibles à tous. Cependant, elles sont limitées en termes de puissance de traitement, de mémoire et d'entrées/sorties, ce qui peut restreindre leur utilisation dans des projets très complexes ou intensifs en ressources [15].

## **2.5 Relais**

### **2.5.1 Définition**

Un relais est un composant électromécanique qui agit comme un interrupteur commandé électriquement. Il permet de contrôler un circuit électrique à forte puissance à l'aide d'un signal de commande de faible puissance. Il fonctionne en utilisant une bobine électromagnétique pour actionner un interrupteur mécanique, qui ouvre ou ferme le circuit de puissance. Les relais électroniques sont

## Chapitre 02 : Les Capteurs et Composants Électroniques Essentiels pour notre système

utilisés dans une grande variété d'applications, notamment les commandes industrielles, l'automobile et l'électronique grand public [9].

### 2.5.2 les caractéristiques

Comme on le voit (figure 2.4) :

- Charge maximale : courant alternative 250V/10A, courant continue 30V/10A □
- Courant de déclenchement : 5mA
- Tension de fonctionnement : 5V/12V
- Taille du Module : 50x26x18.5mm (L x L x H)
- Cc + : alimentation positive (VCC)
- Cc- : alimentation négative (GND)
- No : interface de relais normalement ouverte
- COM : relais d'interface communs
- NC : interface de relais normalement fermée

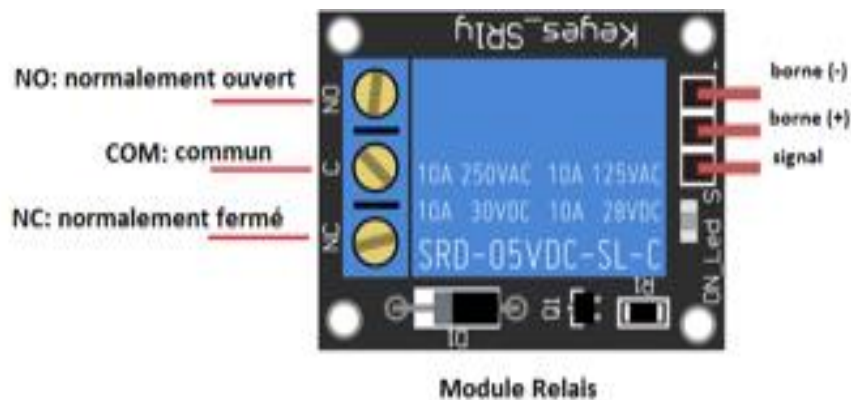


Figure 2.4: Un relais.

### 2.5.3 le fonctionnement

1. Lorsque le signal de commande est appliqué à la bobine électromagnétique, un courant circule dans la bobine.
2. Ce courant crée un champ magnétique qui attire l'armature.
3. L'armature actionne les contacts, ouvrant ou fermant le circuit de puissance.
4. Lorsque le signal de commande est retiré de la bobine électromagnétique, le courant cesse de circuler.
5. Le champ magnétique disparaît et l'armature est repoussée par le ressort dans sa position d'origine.
6. Les contacts reviennent à leur position d'origine, ouvrant ou fermant le circuit de puissance [9].

### 2.5.4 Les Avantages et les Inconvénients d'un relais

Les relais électroniques présentent plusieurs avantages par rapport aux autres types de commutateurs, tels que les interrupteurs à transistor:

- Ils peuvent contrôler des courants plus importants.
- Ils peuvent être isolés électriquement du circuit de commande.
- Ils sont plus robustes et plus fiables.
- Ils peuvent être actionnés à distance.

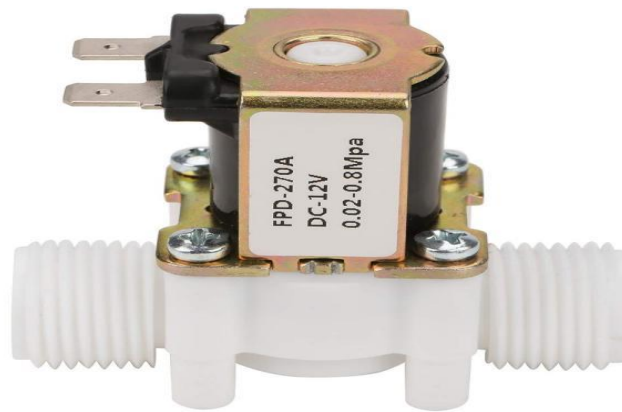
Cependant, les relais électroniques présentent également quelques inconvénients:

- Ils sont plus lents que les interrupteurs à transistor.
- Ils produisent plus de bruit.
- Ils sont plus chers que les interrupteurs à transistor.

### 2.6 Electrovanne

#### 2.6.1 Définition

Les électrovannes (figure 2.5) sont des dispositifs utilisés pour contrôler le flux de liquides ou de gaz dans diverses applications. Elles sont conçues pour permettre l'ouverture et la fermeture d'un passage en fonction de signaux électriques. Les électrovannes sont largement utilisées dans de nombreux secteurs, tels que l'industrie, la plomberie et les domaines médicaux, en raison de leur capacité à réguler et à contrôler précisément le débit. Ces dispositifs offrent de nombreux avantages, mais présentent également quelques inconvénients.



**Figure 2.5** : une électrovanne de 12V.

#### 2.6.2 caractéristique

- Contrôle le flux de liquide ou de gaz dans un système.
- Comprend une bobine électromagnétique et une armature.
- Dispose d'un siège de soupape et d'une soupape.
- Boîtier externe résistant à la pression et à la corrosion.
- Connexions électriques pour l'alimentation.
- Disponible dans différentes tailles et capacités de débit.
- Peut avoir différents types de fonctionnement.

#### 2.6.3 le fonctionnement

1. Le signal électrique:

- Appuyez sur un interrupteur ou envoyez un signal électrique.
- Ce signal alimente l'électroaimant de l'électrovanne.

2. Champ magnétique et attraction:

- L'électroaimant, parcouru par le courant, crée un champ magnétique.
- Ce champ magnétique attire le noyau métallique vers le haut.

3. Ouverture ou fermeture de la vanne:

## Chapitre 02 : Les Capteurs et Composants Électroniques Essentiels pour notre système

- Le mouvement du noyau ouvre ou ferme un orifice, permettant ou bloquant le passage du fluide (eau, gaz, etc.).
- Si l'orifice est ouvert, le fluide circule librement.
- Si l'orifice est fermé, le fluide est bloqué.

### 4. Maintien de la position:

- Tant que le courant électrique traverse l'électroaimant, le champ magnétique maintient le noyau en position, et la vanne reste ouverte ou fermée.

### 5. Coupure du courant:

- Coupez le courant.
- Le champ magnétique disparaît.
- Un ressort (présent dans certains modèles) ramène le noyau vers sa position initiale, fermant ainsi la vanne.

### **2.6.4 Les Avantages et les Inconvénients d'une électrovanne**

#### Avantages des électrovannes :

- Précision et contrôle: Permettent un contrôle précis du débit et une ouverture/fermeture rapide.
- Fiabilité: Robustes et durables, avec une longue durée de vie.
- Flexibilité: Disponibles dans une large variété de types et de tailles pour répondre à différents besoins.
- Facilité d'utilisation: Commandées par un signal électrique simple, pouvant être intégrées à des systèmes de contrôle automatisés.

#### Inconvénients des électrovannes :

- Coût: Plus coûteuses que les vannes manuelles.
- Complexité: Leur fonctionnement interne peut être plus complexe que celui des vannes manuelles.
- Maintenance: Peuvent nécessiter un entretien périodique, notamment un nettoyage ou un remplacement des pièces usées.

## **2.7 le capteur de température DHT 11**

### **2.7.1 Définition**

Le DHT11 (figure 2.6) est un capteur numérique capable de mesurer la température et l'humidité relative de l'air. Il convertit ces mesures en un signal numérique facilement exploitable par des systèmes électroniques [13].

Le DHT11 est couramment utilisé dans les projets électroniques, notamment avec des microcontrôleurs comme Arduino, en raison de sa simplicité d'utilisation, de son coût abordable et de sa capacité à fournir des lectures précises dans des applications [13].

Le capteur DHT11 se compose de deux éléments principaux :

- Un capteur d'humidité et de température : Ce capteur est sensible aux changements de température et d'humidité de l'air environnant.

- Un circuit de traitement numérique : Ce circuit convertit les signaux analogiques du capteur en signaux numériques pouvant être lus par un microcontrôleur.



**Figure 2.6** : Le capteur DHT11

### 2.7.2 caractéristique

- Plage de mesure de température :  
Température : de 0°C à 50°C, avec une précision de  $\pm 2^\circ\text{C}$ .
- Plage de mesure d'humidité :  
Humidité relative : de 20% à 90%, avec une précision de  $\pm 5\%$ .
- Sortie numérique :  
Le capteur utilise un protocole de communication numérique à un fil pour transmettre les données de température et d'humidité.
- Alimentation :  
Le DHT11 fonctionne avec une tension d'alimentation de 3,3V à 5V.
- Temps de réponse :  
Le capteur a un temps de réponse d'environ 2 secondes, ce qui est suffisant pour de nombreuses applications de surveillance environnementale [13].

### 2.7.3 le fonctionnement

Le capteur DHT11 utilise deux capteurs distincts pour mesurer la température et l'humidité relative [13]

#### 1. Capteur d'humidité:

Utilise une technologie capacitive pour mesurer l'humidité relative.

Possède une électrode exposée à l'air ambiant.

Lorsque l'air est plus humide, l'électrode se recouvre d'une fine couche d'eau, augmentant sa capacité.

Le circuit intégré du capteur mesure cette capacité et calcule l'humidité relative en conséquence.

#### 2. Capteur de température:

Utilise une thermistance, une résistance qui varie en fonction de la température.

## Chapitre 02 : Les Capteurs et Composants Électroniques Essentiels pour notre système

Lorsque la température augmente, la résistance de la thermistance diminue.

Le circuit intégré du capteur mesure cette résistance et calcule la température en conséquence.

### 2.7.4 Les Avantages et les Inconvénients d'une électrovanne

Les Avantages :

- Facile à utiliser avec des bibliothèques disponibles pour de nombreux environnements de développement.
- Précision suffisante pour de nombreuses applications non critiques.
- Faible coût: Le capteur DHT11 est très abordable, ce qui le rend accessible aux amateurs et aux débutants.
- Faible consommation d'énergie: Le capteur consomme peu d'énergie, ce qui le rend adapté aux projets alimentés par batterie.

Les inconvénients :

- Fréquence de Mesure Limitée : Le principal inconvénient du DHT11 est sa fréquence de mesure limitée, ne permettant qu'une nouvelle donnée toutes les deux secondes.
- Plage de mesure limitée et précision modérée.
- Temps de réponse relativement lent.

## Conclusion

Ces composants jouent un rôle crucial dans divers domaines et permettent la création de solutions innovantes et efficaces. La compréhension de leurs principes de fonctionnement et de leurs applications est essentielle pour les intégrer dans des projets et systèmes réussis.

**Chapitre 3 :  
Réalisation d'un système d'irrigation  
automatique**

### **3.1 Introduction**

Dans ce chapitre, nous allons explorer les étapes clés de la conception d'un système d'irrigation automatique basé sur la carte Arduino Uno. Nous détaillerons le cahier des charges, les différents organigrammes des capteurs utilisés ainsi que les logiciels employés pour développer notre système. Ensuite, nous décrirons les étapes nécessaires pour obtenir notre circuit imprimé.

### **3.2. Le cahier des charge**

#### **L'Objectif:**

Le système d'irrigation a pour objectif d'automatiser l'arrosage de trois cultures différentes (poivrons, tomates et fraises) en fonction de l'humidité du sol et de la température ambiante. Le système doit assurer une irrigation optimale pour chaque culture tout en minimisant la consommation d'eau.

#### **Technique :**

- Une carte Arduino Uno.
- Un capteur de température.
- 3 capteur d'humidité de sol.
- 3 relais.
- 3 électrovanne.

#### **Fonctionnel :**

##### 1. Mesure de l'humidité du sol:

Nous avons trois capteurs d'humidité du sol seront installés dans chaque zone de culture pour mesurer régulièrement l'humidité du sol (trois cultures différentes sont: le poivron, la tomate et les fraises). Les mesures doivent être prises régulièrement pour garantir une irrigation optimale et éviter le stress hydrique.

##### 2. Conversion des valeurs de l'humidité de sol en données exploitable par le système :

- Obtenir les valeurs numériques du capteur.
- Corréler les valeurs brutes avec des mesures d'humidité réelles pour établir une relation de conversion.
- Transformer les valeurs brutes en pourcentage d'humidité du sol.
- Comparer l'humidité mesurée aux seuils définis pour chaque culture.

##### 3. Activation des électrovannes correspondantes pour chaque culture:

Le système activera automatiquement les électrovannes correspondantes à chaque culture lorsque le niveau d'humidité du sol descend en dessous d'un seuil prédéfini pour cette culture. Les seuils d'humidité du sol sont les suivants:

- Poivron:  $60\% \leq H \leq 80\%$
- Tomate:  $70\% \leq H \leq 85\%$
- Fraise:  $75\% \leq H \leq 90\%$

##### 4. Arrêt de l'irrigation pour chaque culture: Le système s'arrêtera automatiquement l'irrigation pour chaque culture une fois que le niveau d'humidité du sol atteint le seuil défini.

Donc:

## **Chapitre 3 : réalisation d'un système d'irrigation automatique**

- Poivron: Irrigation arrêtée si  $H \geq 80\%$
- Tomate: Irrigation arrêtée si  $H \geq 85\%$
- Fraise: Irrigation arrêtée si  $H \geq 90\%$

5. Surveillance régulière de la température environnante à l'aide d'un capteur de température DHT11.

6. Ajustement des cycles d'irrigation:

Les données de température seront utilisées pour ajuster les cycles d'irrigation en cas de variations significatives de la température. Le système fonctionnera comme suit:

- $T \leq 30^\circ\text{C}$ : l'arrosage est activé selon les seuils d'humidité du sol.
- $T \geq 30^\circ\text{C}$ : l'arrosage est désactivé pour toutes les cultures.

### **3.3. Les organigrammes**

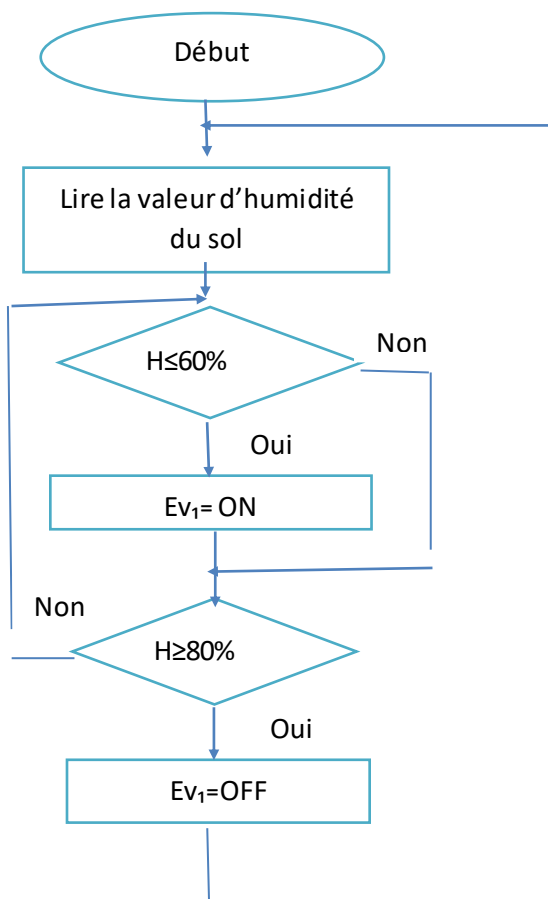
Nous avons trois cultures différents (poivron, tomate, fraise)

Un organigramme de système d'arrosage pour les trois cultures qu'on a (la tomate, le poivron et la fraise) commence par la mesure de l'humidité du sol à l'aide d'un capteur d'humidité du sol. Si l'humidité est inférieure à un seuil prédéfini, la pompe d'arrosage s'active et arrose les plants pendant une durée déterminée avant de s'arrêter. Si l'humidité est suffisante donc, l'arrosage n'est pas activé (la pompe éteint). Ce processus se répète régulièrement pour maintenir un niveau d'humidité optimal, assurant ainsi que les plants reçoivent la quantité d'eau nécessaire sans être trop arrosés.

### Chapitre 3 : réalisation d'un système d'irrigation automatique

❖ L'organigramme du capteur d'humidité du sol dédiée au poivron :

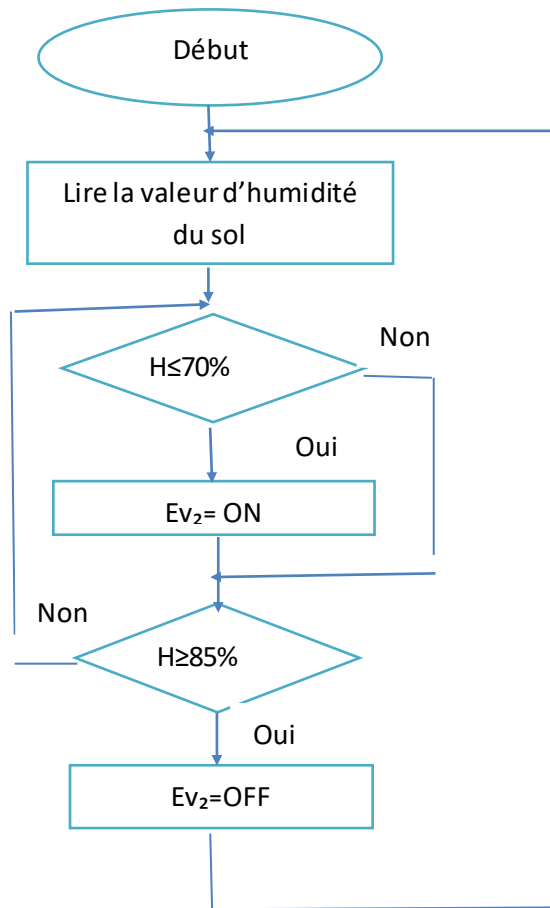
La figure ci-dessus présent l'organigramme du capteur d'humidité du sol pour le poivron :



**Figure 3.1 :** L'organigramme du capteur d'humidité du sol dédiée au poivron

❖ L'organigramme du capteur d'humidité du sol dédiée à tomate :

La figure 3.2 présent l'organigramme du capteur d'humidité du sol pour la tomate:

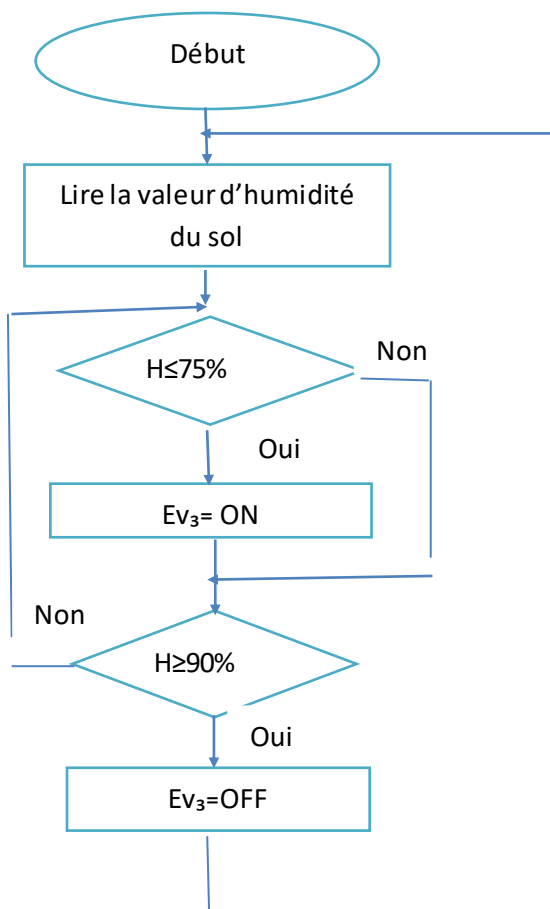


**Figure 3.2 :** L'organigramme du capteur d'humidité du sol dédiée à tomate.

### Chapitre 3 : réalisation d'un système d'irrigation automatique

❖ L'organigramme du capteur d'humidité du sol dédiée à fraise:

La figure 3.3 présent l'organigramme du capteur d'humidité du sol pour la fraise:

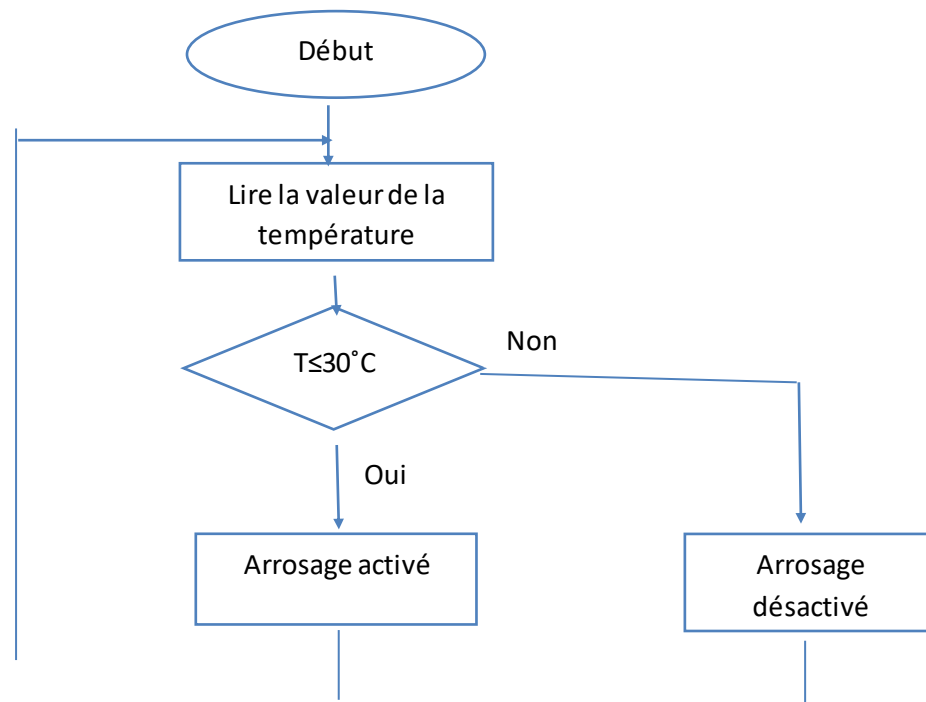


**Figure 3.3 :** L'organigramme du capteur d'humidité du sol dédiée à fraise.

## ❖ L'organigramme du capteur DHT11 :

L'organigramme du système de température commence par la mesure de la température ambiante avec un capteur de température le DHT11. Si la température est inférieure à un seuil minimum qui est  $T < 30^{\circ}\text{C}$ , l'arrosage est activé. Si la température est supérieure à un seuil maximum ( $30^{\circ}\text{C}$ ), l'arrosage est désactivé, jusqu'à la température descend en dessous de  $30^{\circ}\text{C}$ . Ce processus se répète régulièrement pour maintenir une température optimale, assurant ainsi un arrosage dans les bonnes conditions.

La figure ci-dessus présente l'organigramme du capteur de température (DHT11) pour notre système d'arrosage :



**Figure 3.4 :** L'organigramme du capteur de température.

### **3.4. L'organigramme globale de notre système :**

L'organigramme global du système d'irrigation automatisé explique le principe de fonctionnement du système. Initialement, la première condition à vérifier est que la température soit inférieure à 30°C ( $T < 30^{\circ}\text{C}$ ) pour que le système d'irrigation soit activé. Si cette condition n'est pas remplie, le système reste éteint jusqu'à ce que la température soit inférieure à ce seuil prédéfini.

Le système gère trois cultures différentes : les fraises, les poivrons et les tomates, chacune ayant un seuil spécifique pour l'activation et la désactivation de la pompe d'arrosage.

#### **Poivrons :**

Le capteur d'humidité du sol mesure l'humidité du terrain dédié aux poivrons.

Si l'humidité est inférieure à un seuil prédéfini de 60%, la pompe d'arrosage s'active et arrose les poivrons (la vanne EV1 s'ouvre) pendant une durée déterminée avant de s'arrêter.

Si l'humidité est suffisante (80% ou plus), l'arrosage n'est pas activé (la pompe reste éteinte).

#### **Tomates :**

Le capteur d'humidité du sol mesure l'humidité du terrain dédié aux tomates.

Si l'humidité est inférieure à un seuil prédéfini de 70%, la pompe d'arrosage s'active et arrose les tomates (la vanne EV2 s'ouvre) pendant une durée déterminée avant de s'arrêter.

Si l'humidité est suffisante (85% ou plus), l'arrosage n'est pas activé (la pompe reste éteinte).

#### **Fraises :**

Le capteur d'humidité du sol mesure l'humidité du terrain dédié aux fraises.

Si l'humidité est inférieure à un seuil prédéfini de 75%, la pompe d'arrosage s'active et arrose les fraises (la vanne EV3 s'ouvre) pendant une durée déterminée avant de s'arrêter.

Si l'humidité est suffisante (90% ou plus), l'arrosage n'est pas activé (la pompe reste éteinte).

Ce processus se répète régulièrement pour maintenir un niveau d'humidité optimal, assurant ainsi que les plants reçoivent la quantité d'eau nécessaire sans être trop arrosés

La figure ci-dessus présente l'organigramme globale des différents capteurs de notre système.

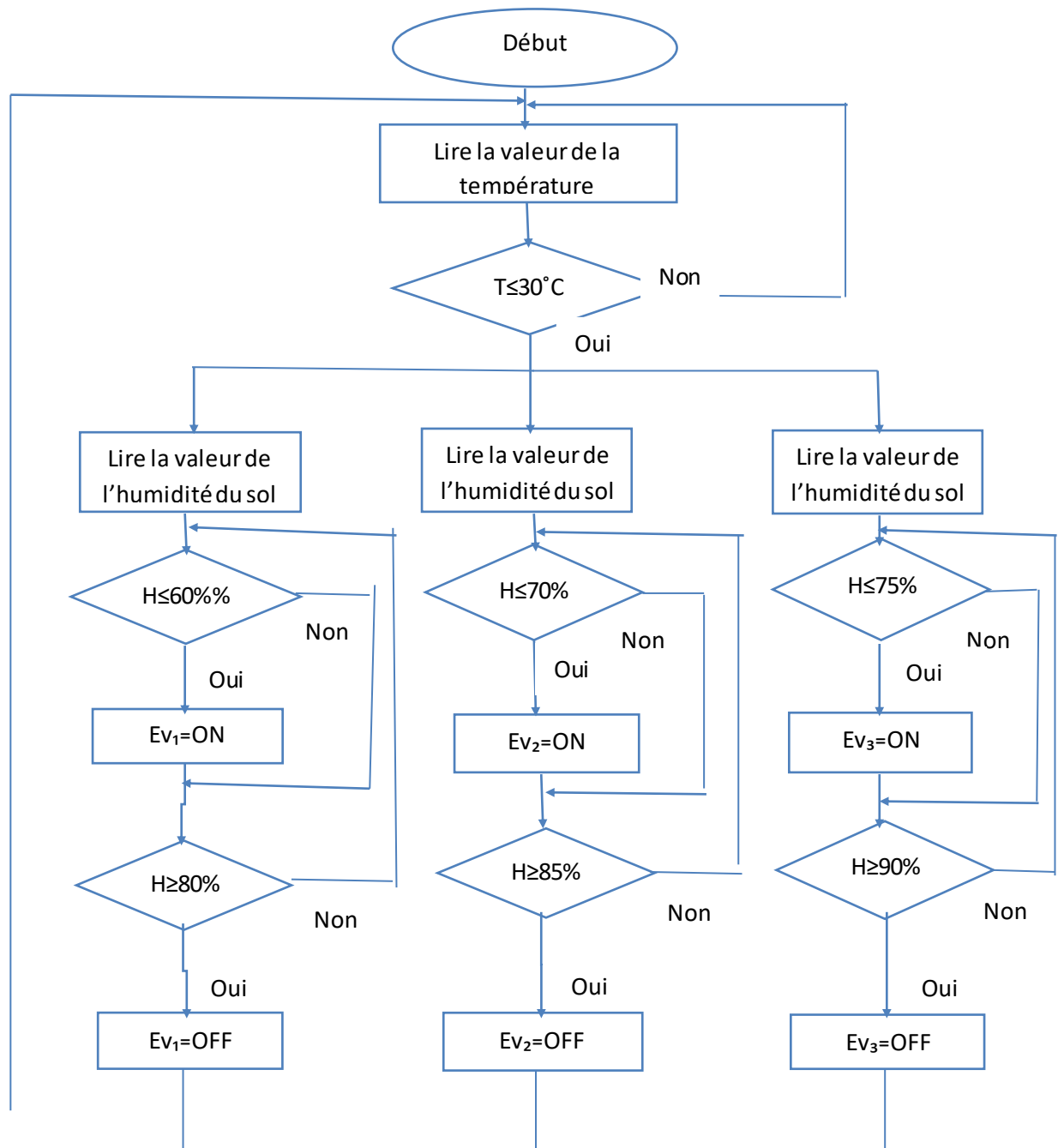


Figure 3.5 : L'organigramme globale de notre système

### **3.5. Les références des différents composants utilisées :**

Dans notre système nous avons utilisé des différents composants sont :

Une carte Arduino Uno.

Un capteur de température de type DHT11.

Trois capteur d'humidité du sol de type FC-28 (Soilmoisture, Sensor Module).

Trois module relais 5V DC.

### **3.6. Le branchement des capteurs avec la carte Arduino :**

#### **Les capteur d'humidité du sol :**

Comme indiqué (la figure 3.6) ci-dessus.

- **Capteur d'humidité du sol 1 pour le poivron :**

VCC du capteur → 5V de l'Arduino

GND du capteur → GND de l'Arduino

Signal du capteur → à la broche analogique A0 de l'Arduino

- **Capteur d'humidité du sol 2 pour la tomate :**

VCC du capteur → 5V de l'Arduino

GND du capteur → GND de l'Arduino

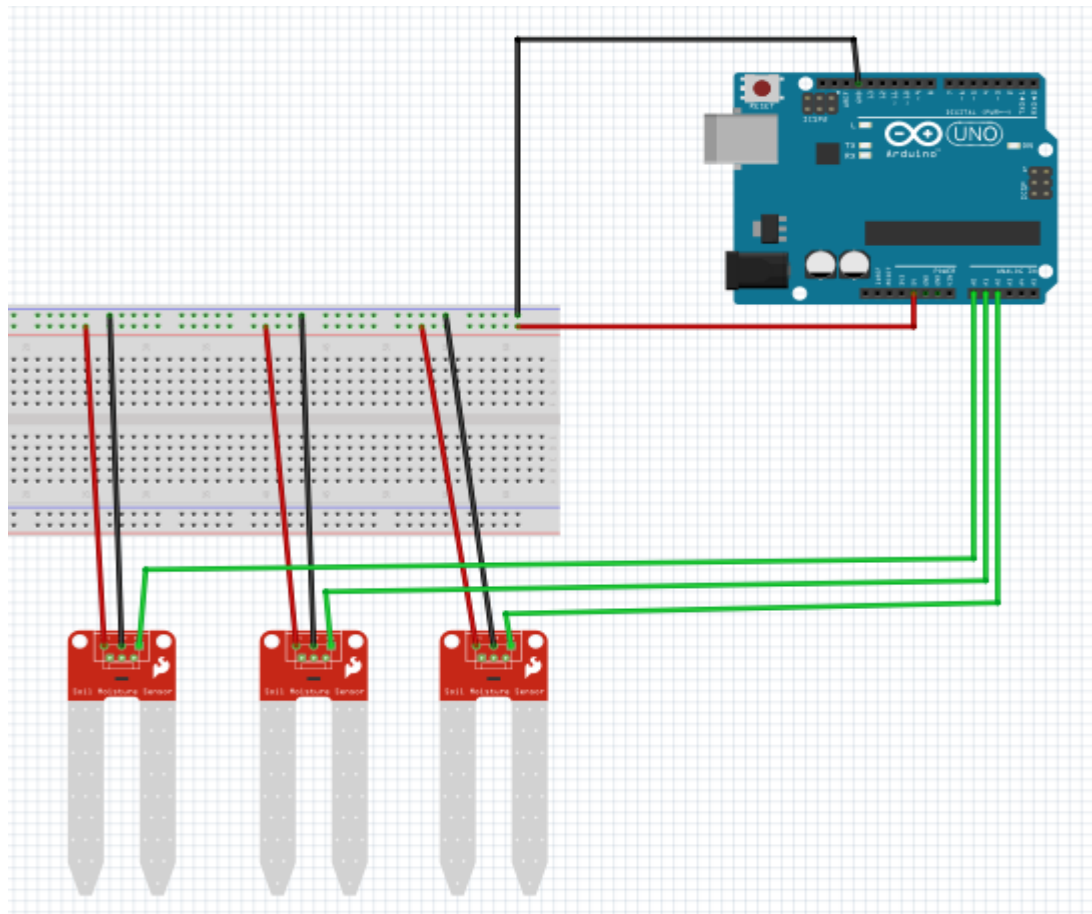
Signal du capteur → à la broche analogique A1 de l'Arduino

- **Capteur d'humidité du sol 3 pour la fraise :**

VCC du capteur → 5V de l'Arduino

GND du capteur → GND de l'Arduino

Signal du capteur → à la broche analogique A2 de l'Arduino



**Figure 3.6 :** le branchement des capteur d'humidité du sol avec la carte Arduino.

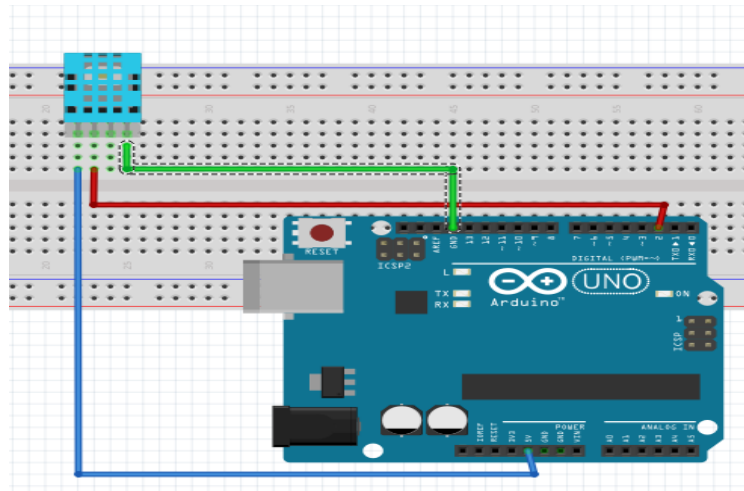
### **Le capteur de température DHT11 :**

Comme indiqué (la figure 3.7).

VCC du capteur → 5V de l'Arduino

GND du capteur → GND de l'Arduino

Signal du capteur → à la broche numérique D2 de l'Arduino



**Figure 3.7:** le branchement de capteur de température DHT11 avec la carte Arduino.

### Les relais :

Comme indiqué dans (la figure 3.8).

- **Relais1 :**

VCC du relais → 5V de l'Arduino

GND du relais → GND de l'Arduino

IN du relais → à la broche numérique D7 de l'Arduino

- **Relais2 :**

VCC du relais → 5V de l'Arduino

GND du relais → GND de l'Arduino

IN du relais → à la broche numérique D8 de l'Arduino

- **Relais3 :**

VCC du relais → 5V de l'Arduino

GND du relais → GND de l'Arduino

IN du relais → à la broche numérique D9 de l'Arduino

### Les LED :

- **LED1**

Connectez la broche commune (COM) du relais 1 à la cathode de la LED1.

Connectez l'anode de la LED1 à une résistance (220Ω).

Connectez l'autre extrémité de la résistance à 5V sur l'Arduino.

Connectez la broche normalement ouverte (NO) du relais 1 à GND sur l'Arduino.

## Chapitre 3 : réalisation d'un système d'irrigation automatique

- **LED2**

Connectez la broche commune (COM) du relais 2 à la cathode de la LED2.

Connectez l'anode de la LED2 à une résistance (220Ω).

Connectez l'autre extrémité de la résistance à 5V sur l'Arduino.

Connectez la broche normalement ouverte (NO) du relais 2 à GND sur l'Arduino.

- **LED3**

Connectez la broche commune (COM) du relais 3 à la cathode de la LED3.

Connectez l'anode de la LED3 à une résistance (220Ω).

Connectez l'autre extrémité de la résistance à 5V sur l'Arduino.

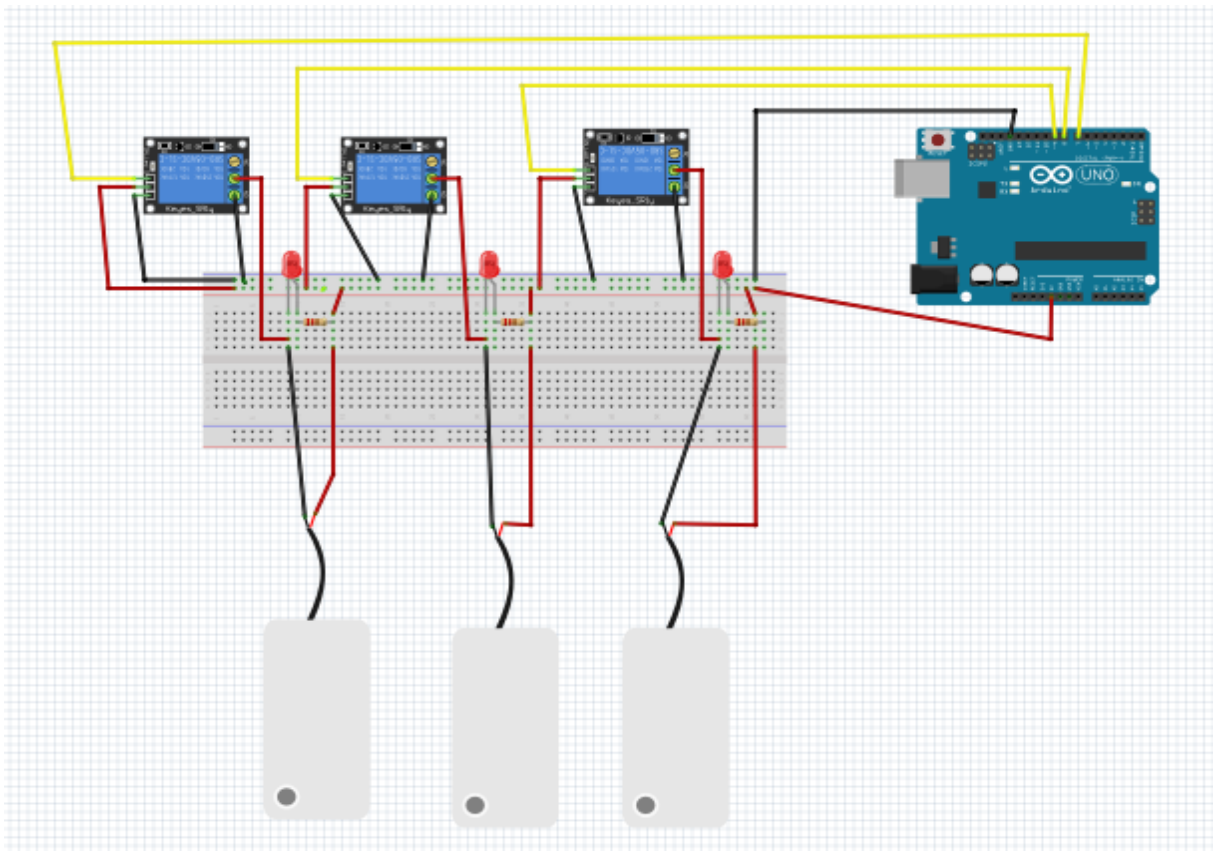
Connectez la broche normalement ouverte (NO) du relais 3 à GND sur l'Arduino.

### **Les pompe :**

La pompe 1 est broncher en série avec la LED 1.

La pompe 2 est broncher en série avec la LED 2.

La pompe 3 est broncher en série avec la LED 3.



**Figure 3.8 :** le branchement des relais et des LED et pompe avec la carte Arduino.

## Chapitre 3 : réalisation d'un système d'irrigation automatique

La figure 3.9 present le branchement global de toutes les composants de notre système :

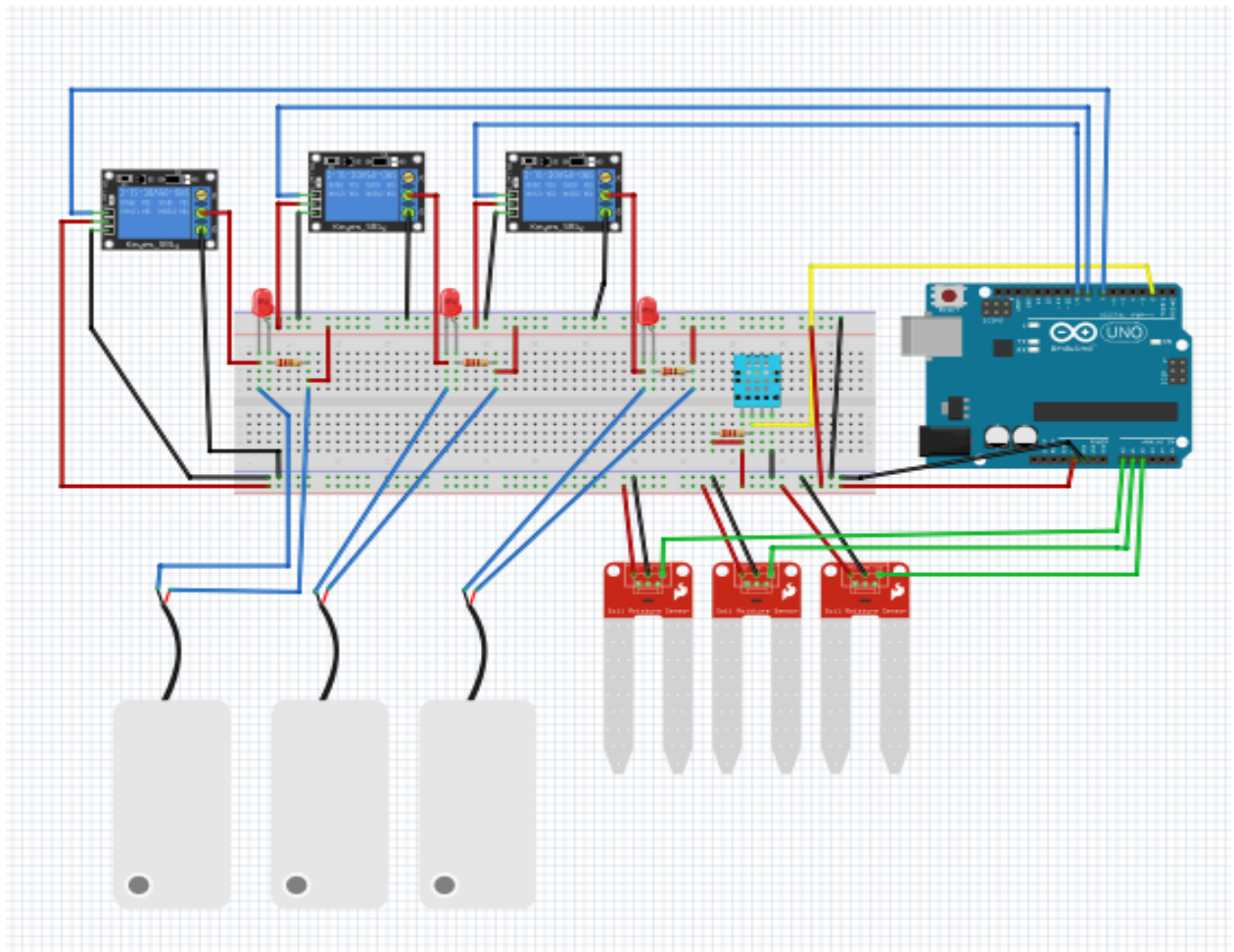


Figure 3.9 :le branchement global de notre système.

### 3.7 Les logiciels utiliser pour développer notre système

#### 3.7.1 Le logiciel Arduino IDE :

Le logiciel Arduino est un environnement de développement intégré (IDE) open source et gratuit, disponible pour les systèmes d'exploitation Windows... Il permet de programmer les cartes électroniques comme la carte Arduino, qui sont des systèmes de microcontrôleurs utilisés pour créer des projets électroniques. Le langage de programmation Arduino est basé sur Wiring, une variante simplifiée du C/C++. Cela rend la programmation plus accessible. L'IDE Arduino est un logiciel qui permet d'écrire, de compiler et de téléverser du code sur la carte Arduino. L'IDE offre une interface simple et intuitive, avec des bibliothèques intégrées pour simplifier le développement de projets. Le logiciel est téléchargeable gratuitement sur le site officiel Arduino et est conçu pour être facile d'utilisation, même pour les débutants en programmation électronique.

#### 3.7.2 Le logiciel ISIS Proteus :

ISIS Proteus est un logiciel puissant pour la conception et la simulation de circuits électroniques. Il permet aux utilisateurs de créer des schémas électroniques précis, de simuler le comportement des circuits, de concevoir des circuits imprimés professionnels. ISIS est utilisé pour vérifier les erreurs dans les circuits électroniques avant leur fabrication et est très populaire dans le domaine de l'électronique en raison de sa facilité d'utilisation et de son outil de création de prototype virtuel. ISIS Proteus est idéal pour les professionnels, les étudiants et les passionnés qui souhaitent concevoir des circuits électroniques complexes et les tester virtuellement avant de les réaliser physiquement.

La figure 3.9 montre le typon réaliser par le logiciel ISIS Proteus

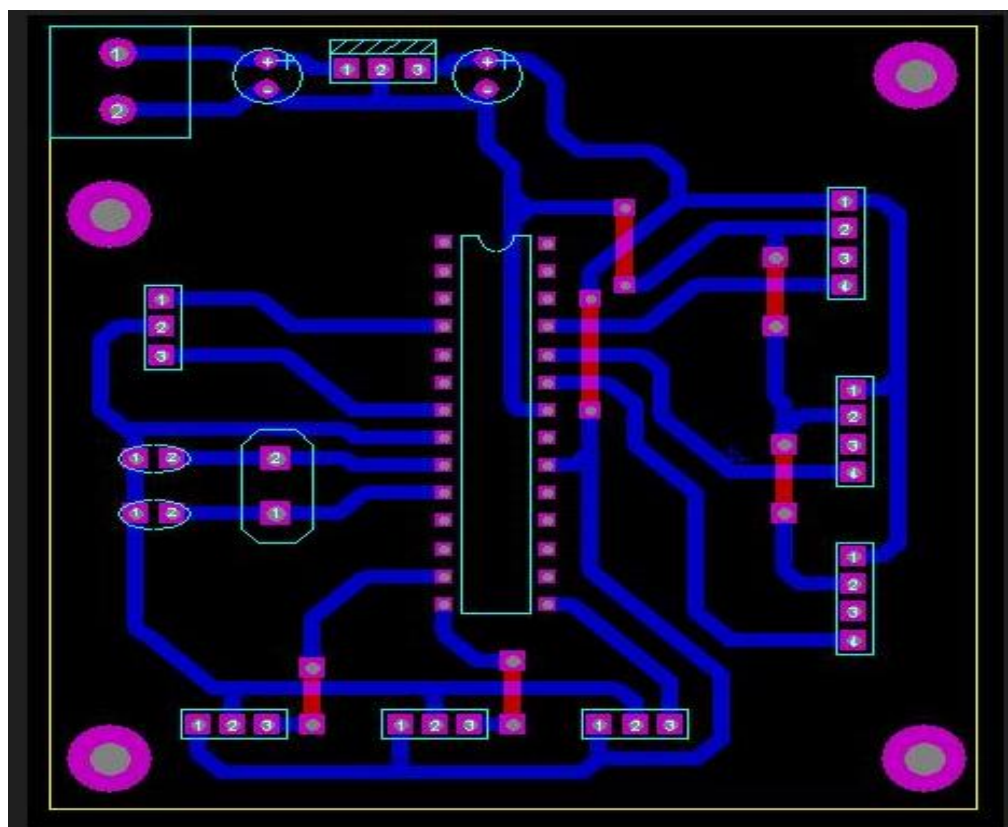


Figure 3.10 : le typon

## **Chapitre 3 : réalisation d'un système d'irrigation automatique**

### **3.7.3 Le logiciel Fritzing :**

Fritzing est un logiciel open-source destiné à faciliter la conception de circuits électroniques, particulièrement adapté aux débutants et aux amateurs. Il permet de créer des schémas électroniques, des dessins de circuits imprimés (PCB) et des vues en maquette (prototypes) de manière intuitive grâce à une interface conviviale. Fritzing est largement utilisé pour l'enseignement et le prototypage rapide de projets électroniques.

### **3.8 les étapes à suivre pour réaliser le circuit imprimé**

1. Créer votre typon : Il s'agit de tracer les pistes du circuit électronique. Dessiner le circuit à l'envers et l'imprimer sur papier glacé avec une imprimante laser.
2. Découper à l'aide d'une cisaille, la plaque Epoxy/cuivre aux dimension de la carte que voulez réaliser. Comme indiqué (la figure 3.11).



**Figure 3.11** : Découper la plaque à l'aide d'une cisaille

3. Préparer la plaque cuivrée, Enlever la protection de la plaque. Comme indiqué (la figure 3.12). Elle doit être parfaitement propre, sans oxydation ni traces de doigts.



**Figure 3.12** : Enlever la protection de la plaque

### **Chapitre 3 : réalisation d'un système d'irrigation automatique**

4. Poser le recto du typon sur la face cuivrée de la carte en veillant à aligner les deux pièces. Fixer le typon bien, pour que la plaque cuivrée ne puisse pas bouger. Mettez en route votre fer électrique, ensuite placez-le sur son support et attendez qu'il chauffe bien. Une fois que le fer à repasser est chaud, posez-le sur le typon (position maxi, sans vapeur). Comme indiqué (la



figure 3.13).

**Figure 3.13 :** poser le fer à repasser sur le typon.

5. Plonger maintenant la plaque dans du perchlore de fer pendant quelque minute Comme indiqué (la figure 3.14).



**Figure 3.14 :** la plaque dans du perchlore de fer.

6. Sortir la carte et lavez-la quand tout le cuivre superflu aura disparu sous l'effet de l'acide. Ensuite, enlevez ce qui reste du typon. Vous pouvez utiliser des dissolvants spéciaux pour retirer presque tous les matériaux qui servent à la préparation des typons. Puis, percez les trous de montage comme indique la figure 3.15.



**Figure 3.15 :** Percer le circuit imprimé.

7. Et la dernière étape est de Monter et souder les composants électroniques sur la carte. Comme indique la figure 3.16.



**Figure 3.14** : la carte après souder les composants.

### **3.9 Conclusion**

À travers ce chapitre, nous avons réussi à élaborer tous les organigrammes des capteurs utilisés, ainsi que l'organigramme global du système. De plus, nous avons franchi avec succès les différentes étapes nécessaires à la réalisation du circuit imprimé. Ce travail nous a permis de bien comprendre et maîtriser les aspects techniques et méthodologiques de la conception d'un système d'irrigation automatique basé sur la carte Arduino Uno.

# **Chapitre 4 :**

## **Les tests**

### 4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons examiner en détail les tests de chaque capteur utilisé dans notre système d'irrigation. Nous analyserons leur précision, leur fiabilité, et leur réponse dans diverses conditions environnementales. Par ailleurs, nous évaluerons le fonctionnement global de notre système d'irrigation, en mettant en lumière comment ces capteurs interagissent pour assurer une irrigation optimale. Cette étude nous permettra de valider l'efficacité de notre conception et d'identifier les éventuelles améliorations à apporter.

### 4.2 les tests

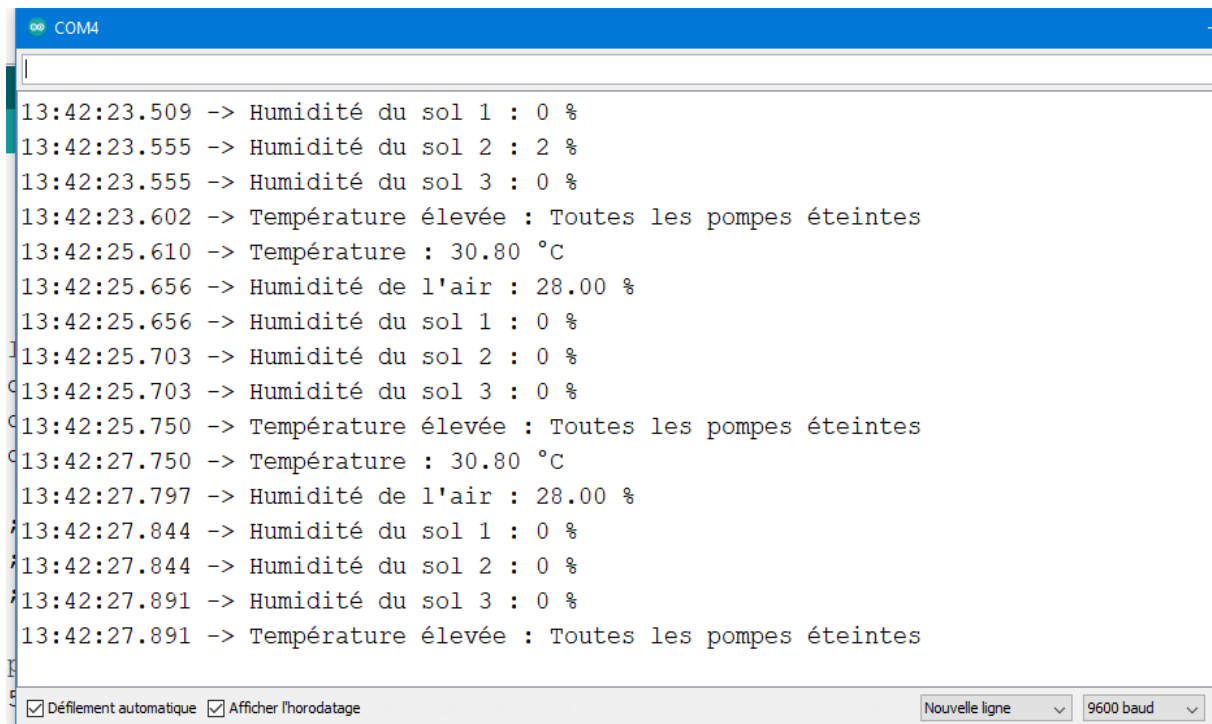
Nous avons mis en place un système d'irrigation automatique. Au début, nous avons réalisé ce système sur une table d'essai avec une carte Arduino Uno. La figure 4.1 présent le projet final prêt pour les tests et le fonctionnement.



**Figure 4.1 :** le projet final prêt pour les tests.

Le premier test sera effectué sur le moniteur série du logiciel Arduino IDE, comme indiqué dans les figures ci-dessous. Puis en test le projet.

Tout d'abord, nous testerons la condition de température : si elle est inférieure à 30°C, l'arrosage sera activé, sinon toutes les pompes seront éteintes. Comme indice (la figure 4.2).



```
COM4
13:42:23.509 -> Humidité du sol 1 : 0 %
13:42:23.555 -> Humidité du sol 2 : 2 %
13:42:23.555 -> Humidité du sol 3 : 0 %
13:42:23.602 -> Température élevée : Toutes les pompes éteintes
13:42:25.610 -> Température : 30.80 °C
13:42:25.656 -> Humidité de l'air : 28.00 %
13:42:25.656 -> Humidité du sol 1 : 0 %
13:42:25.703 -> Humidité du sol 2 : 0 %
13:42:25.703 -> Humidité du sol 3 : 0 %
13:42:25.750 -> Température élevée : Toutes les pompes éteintes
13:42:27.750 -> Température : 30.80 °C
13:42:27.797 -> Humidité de l'air : 28.00 %
13:42:27.844 -> Humidité du sol 1 : 0 %
13:42:27.844 -> Humidité du sol 2 : 0 %
13:42:27.891 -> Humidité du sol 3 : 0 %
13:42:27.891 -> Température élevée : Toutes les pompes éteintes
```

Défilement automatique  Afficher l'horodatage Nouvelle ligne ▼ 9600 baud ▼

**Figure 4.2 :** le teste de capteur de température.

Après la vérification sur le moniteur série, nous allons tester le projet pour vérifier son bon fonctionnement. Comme indice (la figure 4.3).



**Figure 4.3 :** toutes les pompe éteintes car la température dépasse 30°C.

Ensuite, nous testerons les capteurs d'humidité du sol un par un et l'activation des pompes en fonction des seuils d'arrosage de chaque culture, et de la température.

1. On commence le test par le premier capteur d'humidité du sol dédiée au poivron.

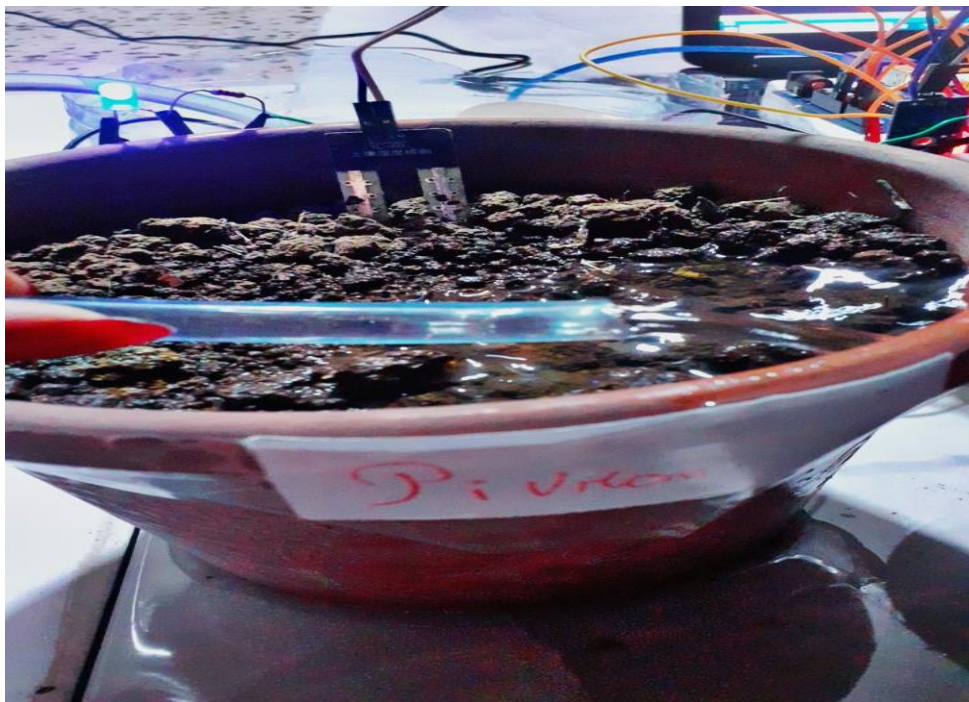
La figure 4.4 présent le test de premier capteur si l'humidité du sol inférieure à 60% la pompe est activée pour arroser le poivron, si non si l'humidité supérieure à 80% la pompe éteinte.

```
COM4
23:03:20.799 -> Humidité de l'air : 68.00 %
23:03:20.799 -> Humidité du sol 1 : 76 %
23:03:20.877 -> Humidité du sol 2 : 2 %
23:03:20.877 -> Humidité du sol 3 : 0 %
23:03:20.877 -> Pompe 1 allumée
23:03:20.893 -> Pompe 2 allumée
23:03:20.940 -> Pompe 3 allumée
23:03:23.888 -> Température : 24.80 °C
23:03:23.935 -> Humidité de l'air : 68.00 %
23:03:23.982 -> Humidité du sol 1 : 96 %
23:03:23.982 -> Humidité du sol 2 : 3 %
23:03:24.028 -> Humidité du sol 3 : 0 %
23:03:24.028 -> Pompe 1 éteinte
23:03:24.075 -> Pompe 2 allumée
23:03:24.075 -> Pompe 3 allumée
```

Défilement automatique  Afficher l'horodatage Nouvelle ligne 9600 b

**Figure 4.4 :** le teste de capteur d'humidité du sol dédié au poivron.

Et La figure 4.5 présent la pompe 1 est activée pour arroser le poivron, si l'humidité du sol inférieure à60%.



**Figure 4.5 :** la pompe 1 est activée.

2. Nous avons également testé le deuxième capteur d'humidité du sol, spécialement dédié à la culture des tomates.

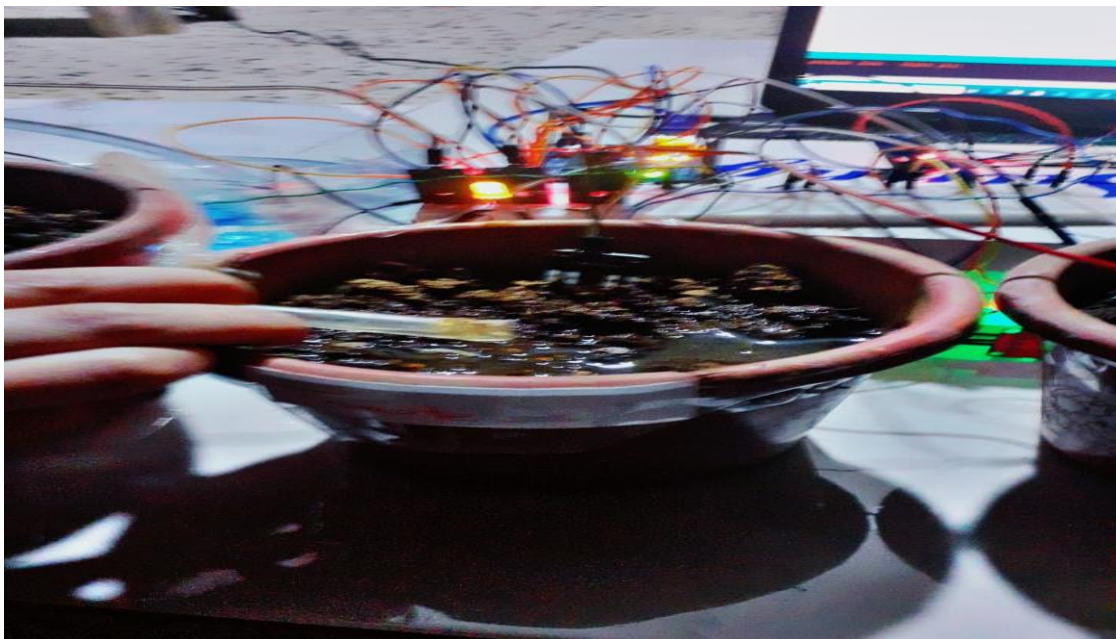
La figure 4.6 présente le test de ce deuxième capteur. Si l'humidité du sol est inférieure à 70%, la pompe est activée pour arroser les tomates. En revanche, si l'humidité est supérieure à 85%, la pompe est éteinte.

```
COM4
23:09:37.245 -> Humidité de l'air : 65.00 %
23:09:37.245 -> Humidité du sol 1 : 0 %
23:09:37.291 -> Humidité du sol 2 : 83 %
23:09:37.334 -> Humidité du sol 3 : 0 %
23:09:37.334 -> Pompe 1 allumée
23:09:37.382 -> Pompe 2 allumée
23:09:37.382 -> Pompe 3 allumée
23:09:40.376 -> Température : 25.30 °C
23:09:40.376 -> Humidité de l'air : 65.00 %
23:09:40.414 -> Humidité du sol 1 : 0 %
23:09:40.461 -> Humidité du sol 2 : 94 %
23:09:40.461 -> Humidité du sol 3 : 0 %
23:09:40.506 -> Pompe 1 allumée
23:09:40.506 -> Pompe 2 éteinte
23:09:40.551 -> Pompe 3 allumée
```

Défilement automatique  Afficher l'horodatage Nouvelle ligne 9600 baud

**Figure 4.6 :** le teste de capteur d'humidité du sol spécialement dédié à la culture des tomates.

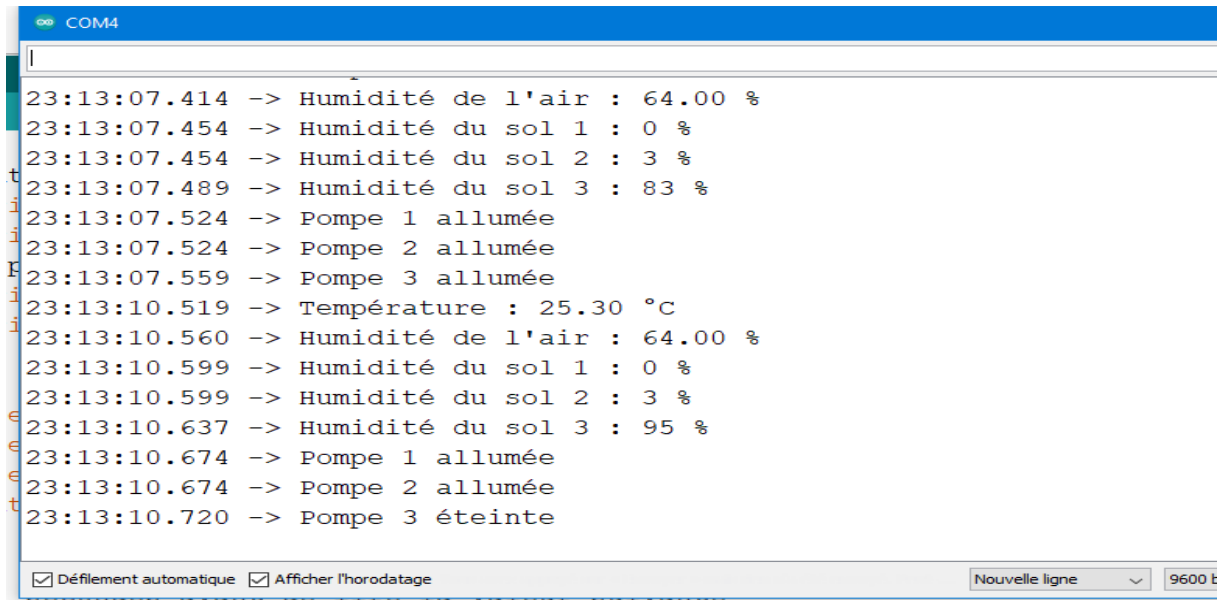
Et La figure 4.7 présent la pompe 2 est activée pour arroser le poivron, si l'humidité du sol inférieure à 70%.



**Figure 4.7 :** la pompe 2 est activée.

3. Nous avons également testé le troisième capteur d'humidité du sol, spécialement conçu pour la culture des fraises.

La figure 4.8 présente les résultats de ce test. Lorsque l'humidité du sol est inférieure à 75 %, la pompe est activée pour arroser les fraises. En revanche, lorsque l'humidité est supérieure à 90 %, la pompe est éteinte.

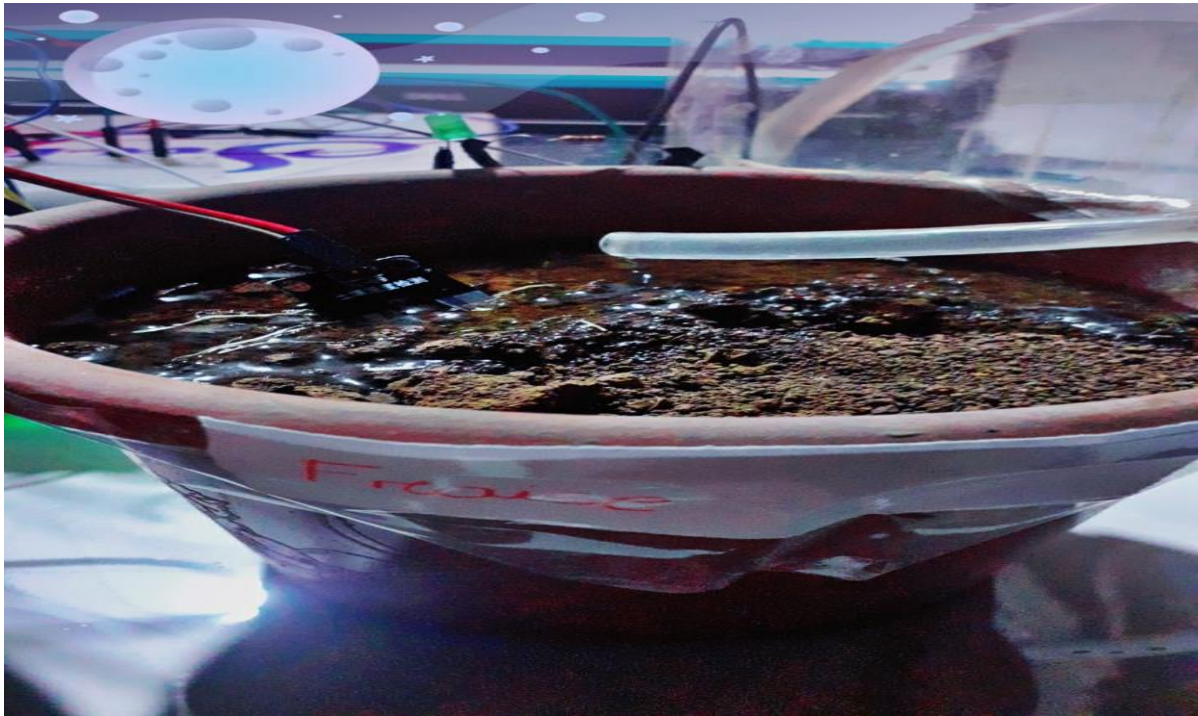


```
COM4
23:13:07.414 -> Humidité de l'air : 64.00 %
23:13:07.454 -> Humidité du sol 1 : 0 %
23:13:07.454 -> Humidité du sol 2 : 3 %
23:13:07.489 -> Humidité du sol 3 : 83 %
23:13:07.524 -> Pompe 1 allumée
23:13:07.524 -> Pompe 2 allumée
23:13:07.559 -> Pompe 3 allumée
23:13:10.519 -> Température : 25.30 °C
23:13:10.560 -> Humidité de l'air : 64.00 %
23:13:10.599 -> Humidité du sol 1 : 0 %
23:13:10.599 -> Humidité du sol 2 : 3 %
23:13:10.637 -> Humidité du sol 3 : 95 %
23:13:10.674 -> Pompe 1 allumée
23:13:10.674 -> Pompe 2 allumée
23:13:10.720 -> Pompe 3 éteinte
```

☑ Défilement automatique ☑ Afficher l'horodatage Nouvelle ligne 9600 t

**Figure 4.8 :** le teste de capteur d'humidité du sol spécialement dédié à la culture des fraises.

Et La figure 4.9 présent la pompe 3 est activée pour arroser les fraises, si l'humidité du sol inférieure à 75%.



**Figure 4.9 :** la pompe 3 est activée.

4. Ou final nous avons testé les trois capteur d'humidité de sol pour les trois cultures en même temps. Comme indiquée dans (la figures4.10).

```
COM4
|
01:13:56.993 -> Humidité de l'air : 67.00 %
01:13:56.993 -> Humidité du sol 1 : 75 %
01:13:57.040 -> Humidité du sol 2 : 73 %
01:13:57.086 -> Humidité du sol 3 : 68 %
01:13:57.086 -> Pompe 1 allumée
01:13:57.134 -> Pompe 2 allumée
01:13:57.134 -> Pompe 3 allumée
01:14:00.109 -> Température : 23.80 °C
01:14:00.157 -> Humidité de l'air : 67.00 %
01:14:00.157 -> Humidité du sol 1 : 98 %
01:14:00.203 -> Humidité du sol 2 : 96 %
01:14:00.250 -> Humidité du sol 3 : 97 %
01:14:00.250 -> Pompe 1 éteinte
01:14:00.297 -> Pompe 2 éteinte
01:14:00.297 -> Pompe 3 éteinte
 Défilement automatique  Afficher l'horodatage
Nouvelle ligne 9600 baud
```

**Figure 4.10 :** le teste de tous les capteurs d'humidité du sol à la fois.

La figure 4.11 présente le test de notre système global. La première condition à vérifier est que la température doit être inférieure à 30°C. Si cette condition est remplie, le système d'arrosage sera activé.

Nous testerons les capteurs d'humidité du sol en simultané, en veillant à ce que les pompes soient activées en fonction des seuils d'arrosage définis pour chaque type de culture.



**Figure 4.11 :** le test de notre projet global.

Enfin, les pompes s'éteignent lorsque l'humidité du sol dépasse les seuils maximaux.

Comme indice (la figure 4.12).



**Figure 4.12 : fin d'irrigation**

### 4.3 Conclusion

Dans ce dernier chapitre Les résultats ont également montré que le système d'irrigation avec la carte Arduino Uno et les capteurs de température et d'humidité de sol est un outil fiable et configuré pour répondre aux besoins spécifiques de chaque culture, en fonction de la température et de l'humidité du sol. Cela permet de réduire les pertes d'eau et d'améliorer l'efficacité de l'irrigation ce qui est essentiel pour une agriculture durable.

# **Conclusion**

**Conclusion :**

Ce mémoire a porté sur la conception et la mise en œuvre d'un système d'irrigation automatique pour trois cultures différentes, utilisant la carte Arduino Uno, trois capteurs d'humidité de sol et un capteur de température. Nous avons d'abord détaillé les étapes de conception et de programmation du système, puis nous avons présenté les résultats expérimentaux obtenus.

L'analyse des données collectées montre que le système d'irrigation automatique conçu et mis en œuvre dans ce mémoire est capable de fournir une irrigation efficace et adaptée aux besoins spécifiques de chaque culture. Les capteurs d'humidité de sol et de température ont permis de détecter les variations de l'humidité du sol et de la température, ce qui a permis d'ajuster l'irrigation en conséquence. Les résultats expérimentaux ont montré une amélioration significative de la consommation d'eau.

En conclusion, ce mémoire a permis de démontrer la faisabilité et l'efficacité d'un système d'irrigation automatique conçu avec la carte Arduino Uno et les capteurs utilisés. Les résultats obtenus montrent que ce système peut améliorer significativement l'efficacité de l'irrigation et réduire la consommation d'eau.

Nous espérons que ce mémoire encouragera la mise en œuvre de systèmes similaires dans divers contextes, contribuant ainsi à une gestion durable de l'eau. La réalisation de ce projet ouvre la voie à de nombreuses applications futures, notamment dans les zones agricoles où la gestion de l'eau est cruciale. En optimisant l'irrigation grâce à la technologie, il est possible de non seulement préserver cette ressource précieuse mais aussi d'améliorer les rendements agricoles, ce qui est essentiel dans un contexte de changement climatique et de croissance démographique.

Nous recommandons donc de poursuivre les recherches dans ce domaine, en explorant notamment l'intégration de nouvelles technologies comme l'Internet des objets (IoT) et l'intelligence artificielle pour encore plus d'efficacité et de précision. De plus, l'évaluation de l'impact économique et environnemental à long terme de ces systèmes pourrait fournir des informations précieuses pour les décideurs et les agriculteurs. Ainsi, ce mémoire constitue une étape importante vers une agriculture plus intelligente et durable.

**Bibliographiques :**

- [1] M. Ladki. (2004). Les externalités de l'irrigation gravitaire. Mémoire de fin d'études pour L'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ENGEES à Strasbourg, Mémoire du DEA de L'ENGREF Science de l'Eau dans l'Environnement Continental, Université Montpellier II
- [2] C. Brouwer. Méthodes d'irrigation. Manuel de formation n° 5. Institut international pour L'amélioration et la mise en valeur des terres
- [3] <https://fr.blog.sencrop.com/choisir-son-systeme-dirrigation/>
- [4] [https://www.aqua6.info/blog/25\\_les-differents-systemes-d-irrigation.html](https://www.aqua6.info/blog/25_les-differents-systemes-d-irrigation.html)
- [5] <https://www.ruvival.de/fr/avantages-et-inconvenients-des-systemes-dirrigation/>
- [6] <https://www.studysmarter.fr/resumes/geographie/geographie-economique/irrigation/>
- [7] <https://irrigazette.com/fr/articles/les-techniques-dirrigation-agricole>
- [8] <https://agronomie.info/fr/irrigation-par-aspersion/>
- [9] <https://fr.linkedin.com/pulse/les-diff%C3%A9rents-types-dirrigations-sunstream-irrigation-t885e>
- [10] <https://www.fao.org/3/s8684f/s8684f.pdf>
- [11] <https://www.superprof.fr/ressources/maths/maths-tous-niveaux/tpe-2010-physique.html#:~:text=en%20fonction%20de%20la%20grandeur,de%20capteurs%20analogiques%20ou%20num%C3%A9riques>
- [12] <https://www.maxicours.com/se/cours/les-grandes-familles-de-capteurs/#:~:text=Il%20y%20a%20trois%20familles,logique%20ou%20signal%20logique%20cod%C3%A9>
- [13] [https://www.upesy.com/blogs/tutorials/dht11-humidity-temperature-sensor-with-arduino-code-on-esp32-board?shpxid=7c59a147-5cd0-43da-a78c-950a5e3b8467#google\\_vignette](https://www.upesy.com/blogs/tutorials/dht11-humidity-temperature-sensor-with-arduino-code-on-esp32-board?shpxid=7c59a147-5cd0-43da-a78c-950a5e3b8467#google_vignette)
- [14] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Capteur\\_d%27humidit%C3%A9\\_du\\_sol](https://fr.wikipedia.org/wiki/Capteur_d%27humidit%C3%A9_du_sol)
- [15] [https://www.techmania.fr/arduino/Decouverte\\_arduino.pdf](https://www.techmania.fr/arduino/Decouverte_arduino.pdf)

