

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département d'Electronique et des Télécommunications



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en : Instrumentation
Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIES
Filière : Electronique
Spécialité : Instrumentation
Thème

Systeme d'Irrigation Automatique Avec Arduino

Présenté Par :

- **Boulefred Mohamed Islam**
- **Ouasti Rachid Moussa**

Devant le jury composé de :

Dr. BENZINA Amina
Mme BOUTKHIL Malika
Pr. AYACHE Choukria

MCB UAT.B. B
MAA UAT.B. B
Pr UAT.B. B

Présidente
Examinatrice
Encadrante

Année Universitaire 2023/2024

Remerciements

Nous remercions le « bon dieu » tout puissant pour nous avoir accordé la foi et la force de pouvoir réaliser ce travail et l'achever à terme.

Un vif remerciement à Professeur AYACHE Choukria notre directeur de mémoire, de nous avoir soutenu et guidé tout long de ce travail. Nous vous remercions de nous avoir accordé votre temps, toute votre confiance et votre aide pertinente. Nous n'oublierons jamais votre disponibilité et votre réactivité face aux problèmes rencontrés au cœur de ce travail. Soyez assurée de notre profond respect et de notre sincère estime pour votre soutien personnel et vos conseils.

Nous adressons aussi toute notre gratitude et respect envers le président de jury Dr BENZINA Amina et l'examinatrice Mme BOUTKHIL qui nous ont honorés en acceptant de juger notre travail

Nous n'oublierons pas de remercier vivement les enseignants qui ont assuré notre formation du niveau primaire jusqu'au maintenant.

Enfin, nous remercions s'adressent aussi à nos familles et nos amis.

Il nous est difficile de placer une limite à ces remerciements et de citer chaque personne qui a par ses encouragements, ses conseils, son aide, son intervention.

Résumé

Ce projet se concentre sur la conception et l'implémentation d'un système d'irrigation automatique pour une utilisation efficace de l'eau en agriculture. En intégrant des capteurs de sol, des données météorologiques en temps réel et des algorithmes d'intelligence artificielle, notre système est capable de déterminer avec précision le moment et la quantité d'eau nécessaires pour irriguer les cultures. L'objectif est de maximiser le rendement des cultures tout en minimisant la consommation d'eau. Nous avons réalisé des tests sur le terrain pour valider l'efficacité de notre système, démontrant des économies significatives en termes d'eau et d'énergie, tout en améliorant la croissance et la qualité des cultures. Ce projet contribue ainsi à une agriculture plus durable et respectueuse de l'environnement.

Abstract

This project focuses on the design and implementation of automatic irrigation system for efficient water use in agriculture. By integrating soil sensors, real-time weather data, and artificial intelligence algorithms, our system can accurately determine the timing and amount of water needed to irrigate crops. The goal is to maximize crop yields while minimizing water consumption. We conducted field tests to validate the effectiveness of our system, demonstrating significant savings in terms of water and energy, while improving crop growth and quality. This project contributes to a more sustainable and environmentally friendly agriculture.

ملخص:

يركز هذا المشروع على تصميم وتنفيذ نظام ري آلي لاستخدام فعال للمياه في الزراعة من خلال دمج أجهزة استشعار التربة وبيانات الطقس في الوقت الحقيقي وخوارزميات الذكاء الاصطناعي، يمكن لنظامنا تحديد الوقت والكمية المناسبة من الماء المطلوبة لري المحاصيل بدقة. الهدف هو تحقيق أقصى حد من العائد الزراعي مع الحد الأدنى من استهلاك المياه. أجرينا اختبارات عملية في الحقل لتحقيق فعالية نظامنا مما أظهر توفير كبير من حيث المياه والطاقة مع تحسين نمو المحاصيل وجودتها. يساهم هذا المشروع في زراعة أكثر استدامة وصديقة للبيئة.

Table des matières

| | |
|--|----|
| Remerciements | |
| Résumé | |
| Abstract | |
| ملخص : | |
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| Introduction Générale | 1 |
| Chapitre I : Généralités sur les systèmes d'irrigation | 2 |
| Introduction | 2 |
| I.1 Importance de l'irrigation : | 2 |
| I.2 Techniques d'irrigation : | 3 |
| I.3 Les systèmes d'irrigation de surface (gravitaire) : | 4 |
| I.3.1 Irrigation par planche | 4 |
| I.3.2 Irrigation à la raie | 5 |
| I.3.3 Irrigation par bassins | 5 |
| I.3.4 Irrigation par aspersion: | 6 |
| I.4 Comparaison des méthodes d'irrigation : | 7 |
| 1.4.1 Irrigation par aspersion: | 7 |
| 1.4.2 Irrigation goutte à goutte: | 8 |
| 1.4.3 Irrigation par inondation ou gravitaire : | 8 |
| I.5 Système d'irrigation intelligent (automatique) : | 8 |
| I.6 Irrigation intelligente basée sur Arduino Uno : | 9 |
| I.7 Les avantages d'irrigation intelligente : | 10 |
| Conclusion : | 10 |
| Chapitre II : Carte Arduino et Matériels utilisés | 11 |
| Introduction | 11 |
| II.1 Historique : | 11 |
| II.2 La carte Arduino Uno : | 12 |
| II.2.1 Principe de Fonctionnement : | 13 |
| II.2.2 Constituent de Arduino Uno : | 15 |
| II.3 Caractéristique de la carte Arduino uno : | 16 |
| II.4 Vue d'ensemble : | 17 |
| II.5 Brochage de la carte Uno : | 17 |
| II.5.1 Alimentation | 18 |

| | |
|--|----|
| II.5.2 Mémoire..... | 19 |
| II.5.3 Entrées et sorties numériques..... | 19 |
| II.5.4 Broches analogiques | 19 |
| II.6 Avantages Arduino : | 19 |
| II.7 Domaine d'utilisation :..... | 20 |
| II.8 Matériels utilisés | 21 |
| II.8.1 La carte Arduino Uno:..... | 21 |
| II.8.2 capteurs humidité du sol | 21 |
| II.8.2.2 Domaines d'applications : | 22 |
| II.8.3 Capteur de niveau d'eau:..... | 23 |
| II.8.1.1 Définition :..... | 23 |
| II.8.1.2 Caractéristiques :..... | 23 |
| II.8.4 Une pompe: | 24 |
| II.8.1.3 Définition :..... | 24 |
| II.8.5 Afficheur LCD:..... | 24 |
| II.8.6 Relais : | 25 |
| Conclusion :..... | 26 |
| Chapitre III : Simulation et Réalisation d'un système d'irrigation automatique | 28 |
| Introduction | 28 |
| III.1 Présentation du schéma : | 28 |
| III.1.1 schéma:..... | 28 |
| III.1.2 Explication du schéma :..... | 28 |
| III.2 Définition sur ISIS PROTEUS :..... | 29 |
| III.3 Sélection du matériel : | 29 |
| III.4 Schéma de la carte détaillé : | 30 |
| III.4.1 Explications détaillées du schéma : | 30 |
| □ Organigramme :..... | 32 |
| III.5.1 Logiciel IDE ARDUINO:..... | 32 |
| III.5.1.1 Définition :..... | 32 |
| III.5.1.2 Présentation de logiciel | 33 |
| III.5.2 Le langage Arduino: | 34 |
| III.6 Réalisation : | 37 |
| III.6.1 Résultat | 37 |
| III.6.1.1 Code finale | 37 |
| III.6.1.2 Test pratique :..... | 39 |

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---------------------------|----|
| Conclusion : | 43 |
| Conclusion Générale | 55 |
| Bibliographie | 56 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure I-1: les catégories du système irrigation..... | 4 |
| Figure I-2: Irrigation par planche..... | 5 |
| Figure I-3: Irrigation à la rai..... | 5 |
| Figure I-4: Irrigation par bassin..... | 6 |
| Figure I-5: Irrigation par aspersion..... | 6 |
| Figure I-6: Irrigation goutte à goutte..... | 7 |
| Figure I-7: Système d'irrigation intelligent..... | 9 |
| Figure II-1 : Carte Arduino Uno..... | 13 |
| Figure II-2: Composants carte Arduino..... | 14 |
| Figure II-3: Microcontrôleur ATmega328P..... | 15 |
| Figure II-4: Brochage carte arduino..... | 17 |
| Tableau II-5: Fonctionnement carte Arduino Uno..... | 21 |
| Figure II-6 : capteur humidité de sol..... | 22 |
| Figure II-7:Capteur de niveau d'eau..... | 23 |
| Figure II-8: Pompe 3.7V..... | 24 |
| Figure II-9:afficheur LCD..... | 25 |
| Figure II-10:Relai..... | 25 |
| Figure III-1 : Schéma de notre configuration..... | 28 |
| Figure III 2 : Selection du materiel..... | 29 |
| Figure III-3 : Shéma de simulation de la carte sur ISIS PROTEUS..... | 30 |
| Figure III-4 : Schéma bloc d'entrée..... | 31 |
| FigureIII-5 :Interface Arduino..... | 33 |
| Figure III-6 : Les boutons Arduino Uno..... | 34 |
| Figure III-7 : Chemin du fichier hex de code..... | 35 |
| Figure III-8 : Emplacement du fichier hex dans la carte..... | 36 |
| Figure III-9 : Schéma de la carte après simulation..... | 36 |
| Figure III-10 : Test pratique de notre projet..... | 39 |
| Figure III-11 : Sol sec « PUMP ON » | 40 |
| Figure III-12 : Sol humide « PUMP OFF »..... | 41 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau II-1: Caractéristique d'une carte Arduino Uno | 16 |
| Tableau II-2: Fonctionnement carte Arduino Uno..... | 21 |

Introduction Générale

L'eau est essentielle à la vie et possède de nombreuses applications dans divers secteurs, notamment l'agriculture, la production d'énergie et l'industrie. L'irrigation, qui consiste à apporter de l'eau aux plantes pour favoriser leur croissance, a évolué considérablement au fil du temps, jouant un rôle clé dans le développement de l'agriculture.

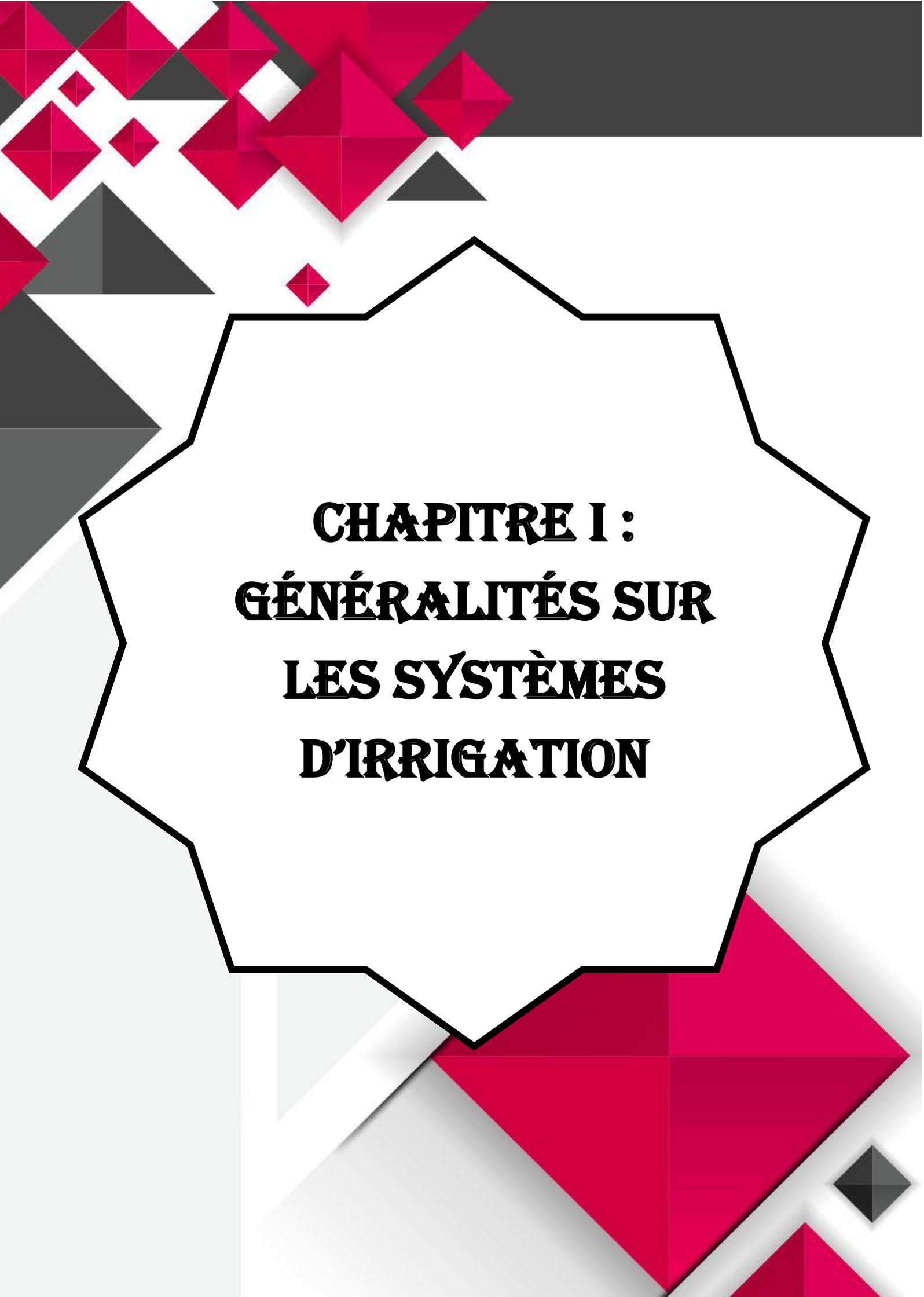
Assurer un arrosage régulier des plantes est crucial pour leur santé et leur développement. Cependant, cela peut être complexe, en particulier en cas de sécheresse ou d'emplois du temps chargés. C'est là qu'intervient l'ingéniosité d'un système d'arrosage automatique, conçu pour distribuer de l'eau de manière autonome et efficace, en fonction des besoins spécifiques de chaque plante, sans nécessiter d'intervention manuelle constante.

L'objectif principal de ce travail est de concevoir un système d'arrosage automatique performant et adapté aux besoins spécifiques des jardiniers et des agriculteurs. Nous examinerons différentes options pour les composants du système et les stratégies de programmation afin d'assurer un contrôle précis et efficace de l'arrosage. Notre choix s'est porté sur la carte ARDUINO UNO pour piloter la pompe à eau et le capteur d'humidité du sol. Le programme sera conçu pour gérer les cycles d'irrigation de manière automatique et éviter le gaspillage d'eau en interrompant l'arrosage lorsqu'il pleut, grâce à une analyse préalable approfondie. Cette approche vise à réaliser des économies d'eau significatives.

Pour atteindre ces objectifs, notre étude sera structurée en trois chapitres :

- Le premier abordera les concepts généraux des systèmes d'irrigation
- Le deuxième présentera la carte ARDUINO et les différents modules utilisés
- Le troisième se concentrera sur l'étude et la mise en œuvre pratique du système d'irrigation automatique.

Une conclusion générale viendra ensuite clôturer ce travail, résumant les principales découvertes et conclusions.



**CHAPITRE I :
GÉNÉRALITÉS SUR
LES SYSTÈMES
D'IRRIGATION**

Chapitre I : Généralités sur les systèmes d'irrigation

Introduction

Dans le secteur agricole, l'eau est d'une importance vitale, essentielle à la croissance des plantes. Disposer de quantités appropriées d'eau est donc une condition préalable fondamentale pour soutenir le développement des activités agricoles. Les cultures nécessitent de l'eau tout au long de leur cycle de vie, de la germination à la maturation. En cas de précipitations insuffisantes ou mal réparties, la croissance des plantes peut être compromise, entraînant une diminution tant en quantité qu'en qualité des récoltes. L'irrigation constitue une solution partielle pour atténuer les effets de l'irrégularité des précipitations sur les agriculteurs, leur permettant ainsi d'augmenter la rentabilité, le rendement et la qualité de leurs cultures.

I.1 Importance de l'irrigation :

Une certaine quantité d'eau est nécessaire pour bien nourrir la culture. Lorsque cette eau n'est pas disponible naturellement, l'irrigation permet de compenser les déficits en eau. Voilà quelques avantages d'irrigation :

1. **Gestion contrôlée de l'eau :** Contrairement à l'incertitude des précipitations naturelles, l'irrigation permet une gestion précise de l'approvisionnement en eau, assurant ainsi une humidité régulière des cultures et réduisant les risques de stress hydrique en cas de sécheresse.
2. **Augmentation de la productivité :** Les terres irriguées sont reconnues pour leur potentiel de rendement nettement supérieur à celui des terres non irriguées. Par exemple, l'irrigation peut entraîner une multiplication significative des récoltes, comme on peut le constater avec le maïs où les rendements peuvent doubler, voire plus.
3. **Expansion des terres cultivables :** Une grande partie des terres arables reste inexploitées en raison du manque d'eau. L'installation de systèmes d'irrigation permet de convertir ces terres improductives en surfaces cultivables, contribuant ainsi à étendre les zones agricoles et à renforcer la sécurité alimentaire.

L'irrigation offre une solution fiable pour optimiser l'utilisation de l'eau, augmenter la productivité agricole et ouvrir de nouvelles possibilités de culture, contribuant ainsi à la résilience des systèmes agricoles face aux défis environnementaux et économiques.

I.2 Techniques d'irrigation :

Les techniques d'irrigation agricole sont des méthodes pour apporter de l'eau aux cultures et sont classifiées en irrigation de surface, irrigation par aspersion et micro irrigation. Décider de sélectionner une technique d'irrigation ou de passer à une technique plus efficace est compliqué. D'un point de vue de la préservation de l'eau, le choix est simple, les économies en eau augmentent lorsque l'on passe de l'irrigation de surface à l'aspersion et de l'aspersion à la micro irrigation. Cependant, le succès d'une technique d'irrigation sera très dépendant du site, de facteurs de situation ainsi que du niveau de gestion utilisé. La technique d'irrigation existante doit être évaluée très précisément avant de passer à une autre technique. [1]

Voici quelques-unes des techniques les plus couramment utilisées : [2]

1. **Irrigation par gravité** : C'est la méthode la plus ancienne et la plus simple, où l'eau est dirigée vers les cultures en utilisant la gravité. Les systèmes d'irrigation par inondation et par submersion en sont des exemples.
2. **Irrigation par aspersion** : L'eau est distribuée sous forme de fines gouttelettes à l'aide de tuyaux et de rampes. Ce système est efficace pour couvrir de grandes surfaces et peut être adapté à différents types de cultures.
3. **Irrigation goutte à goutte** : Cette méthode fournit de l'eau directement aux racines des plantes, goutte à goutte. Cela permet une utilisation plus efficace de l'eau, réduisant ainsi les pertes par évaporation et en s'assurant que seule la quantité nécessaire est utilisée.
4. **Irrigation par pivot central** : Principalement utilisée pour les grandes cultures, cette méthode consiste en un système de tuyaux et d'arroseurs montés sur une structure en forme de pivot central, permettant une rotation pour couvrir une grande surface.
5. **Irrigation par micro-aspersion** : Similaire à l'irrigation par aspersion, mais avec des gouttelettes plus grosses et un débit plus faible, cette méthode est souvent utilisée pour les cultures plus sensibles à l'eau.
6. **Irrigation souterraine** : L'eau est distribuée sous la surface du sol à travers un réseau de tuyaux enterrés, ce qui réduit les pertes par évaporation et permet une utilisation plus efficace de l'eau.

Ces techniques peuvent être combinées ou adaptées en fonction des besoins spécifiques de chaque culture et des conditions environnementales locales.

Les systèmes d'irrigation peuvent être classés en 3 catégories :

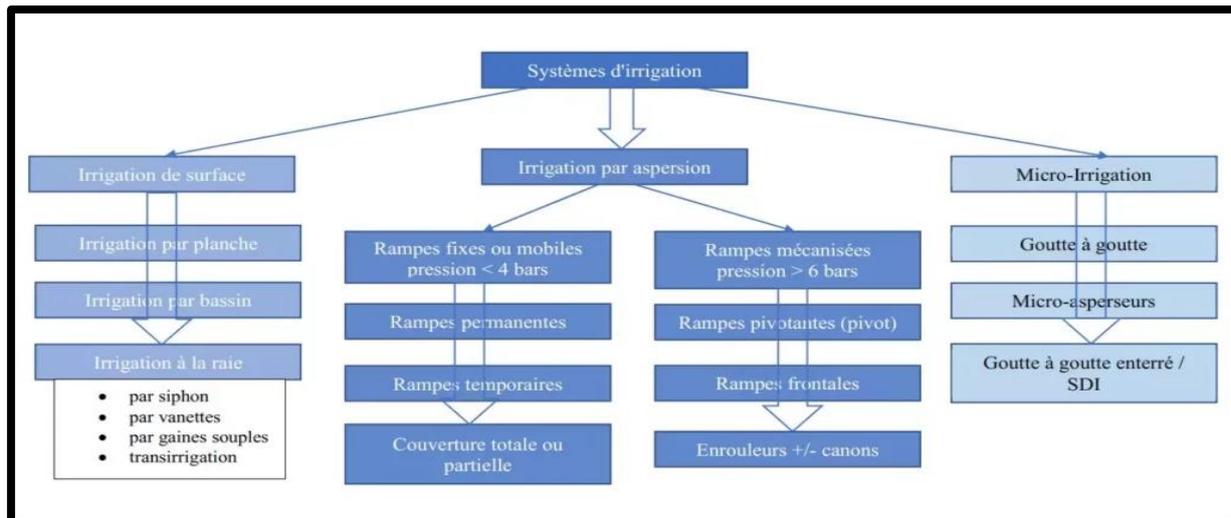


Figure I-1: les catégories du système irrigation [3]

I.3 Les systèmes d'irrigation de surface (gravitaire) :

Les systèmes d'irrigation de surface sont classés dans l'ordre croissant de leur efficacité en :

I.3.1 Irrigation par planche

Avec la méthode d'irrigation par planches, l'eau est apportée sur des parcelles en pente et rectangulaires, avec des conditions de drainage. Les planches sont disposées dans le sens de la pente. Cette méthode est intéressante pour des sols qui ressuient lentement. Les planches sont disposées dans le sens de la plus grande pente. Cette technique est favorisée par les sols ayant une vitesse d'infiltration lente donc favorisée par les cultures comme le riz.



Figure I-2: Irrigation par planche [4]

I.3.2 Irrigation à la raie

Ce type d'irrigation ne recouvre qu'une faible partie de la surface ($\frac{1}{3}$ ou la moitié de la surface). L'eau est apportée par des raies placées dans des sillons (pour certaines cultures), et peut être gérée assez simplement. Cette méthode convient aux cultures plantées en ligne, comme le maïs. Elle permet de gérer les besoins en eau avec plus de flexibilité.



Figure I-3: Irrigation à la raie [5]

I.3.3 Irrigation par bassins

Ce type d'irrigation consiste en la création de bassins entourés de digues qui permettent de recouvrir la parcelle. Elle est intéressante pour des sols qui filtrent peu, aux cultures denses à l'enracinement profond. [2]



Figure I-4: Irrigation par bassin [7]

I.3.4 Irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion est la pluie artificielle produite par la pulvérisation de l'eau qui se décharge des tuyaux sous pression. L'eau est projetée dans l'atmosphère par des émetteurs qui peuvent être constitués de buses de vidange disposées dans un mécanisme d'arrosage qui constitue le dernier élément du système de distribution.

- La distribution de l'eau à la surface du sol doit être uniforme.
- Il ne devrait y avoir aucun dommage structurel, ni par impact des chutes ni par accumulation.
- Chaque goutte doit s'infiltrer là où elle tombe dans le sol afin qu'il n'y ait ni ruissellement ni érosion.
- Après la sortie de l'eau de la buse, le jet est affecté par les conditions climatiques (vent et évaporation). [3]



Figure I-5: Irrigation par aspersion [9]

I.3.5 Micro irrigation (goutte à goutte):

La micro-irrigation est une technique d'irrigation apportant l'eau sur le sol lentement, avec une fréquence élevée, une pression de fonctionnement et des débits faibles et contrôlés (Schwab et al., 1993). Correctement conçue, une installation de micro-irrigation permet d'augmenter les rendements et de diminuer les besoins en eau, en fertilisants et en main-d'œuvre. La micro-irrigation comprend : les micro-asperseurs, le goutte à goutte et l'irrigation goutte à goutte enterrée.

[10]



Figure I-6: Irrigation goutte à goutte [11]

I.4 Comparaison des méthodes d'irrigation :

1.4.1 Irrigation par aspersion :

- **Fonctionnement** : L'irrigation par aspersion fonctionne en pulvérisant de l'eau sous forme de fines gouttelettes au-dessus des cultures à l'aide de buses ou de tuyaux perforés.
- **Avantages** : Cette méthode peut être utilisée sur une variété de terrains, elle permet une couverture uniforme des cultures et réduit les pertes d'eau par évaporation.
- **Inconvénients** : Cependant, elle peut entraîner un gaspillage d'eau en raison des pertes par dispersion, et le coût initial est généralement plus élevé en raison de l'installation de systèmes de pompage et de tuyauterie.

1.4.2 Irrigation goutte à goutte :

- **Fonctionnement** : L'irrigation goutte à goutte distribue l'eau directement au niveau des racines des plantes à travers des goutteurs ou des émetteurs, minimisant ainsi les pertes par évaporation.
- **Avantages** : Cette méthode permet une utilisation efficace de l'eau, réduit le gaspillage, favorise une croissance ciblée des plantes et est adaptée aux sols difficiles.
- **Inconvénients** : Cependant, le coût initial est généralement plus élevé en raison des équipements spécialisés nécessaires, et elle demande une maintenance régulière pour prévenir les obstructions des émetteurs.

1.4.3 Irrigation par inondation ou gravitaire :

- **Fonctionnement** : L'irrigation par inondation ou gravitaire distribue l'eau sur les champs par gravité, permettant au terrain de s'imbiber d'eau.
- **Avantages** : Cette méthode présente un faible coût initial et convient aux terrains plats, elle est efficace pour des cultures telles que le riz.
- **Inconvénients** : Cependant, elle peut entraîner un gaspillage d'eau par ruissellement, un risque de salinisation des sols et elle est moins efficace pour les cultures nécessitant un contrôle précis de l'humidité.

Chaque méthode d'irrigation présente ses propres avantages et inconvénients, et le choix dépend souvent de facteurs tels que le type de culture, le climat, la topographie du terrain et la disponibilité en eau.

I.5 Système d'irrigation intelligent (automatique) :

L'eau est précieuse, particulièrement dans des régions arides. Pour les agriculteurs, une irrigation intelligente signifie de meilleures récoltes à un coût moindre.

L'objectif est donc de réaliser des économies d'eau, en conditionnant l'arrosage à partir de l'humidité du sol et de donnée météo. Cette approche est similaire à celle du thermostat, une boucle de rétroaction permet de maintenir un point d'équilibre et de résister au désordre. Dans cette vision une solution intelligente est un système qui permet de collecter de l'information depuis des capteurs afin de construire une image du monde réel (dans notre cas les besoins en eau des plantes). Ces informations sont ensuite traitées et analysées dans le but d'agir avec une action dite « intelligente »

qui pourra éventuellement modifier à son tour le monde réel. L'arrosage intelligent est la déclinaison de la boucle dans le domaine de l'arrosage.

Les dispositifs d'arrosage intelligent combinent des technologies d'arrosage centralisé et des capteurs d'humidité du sol avec pour objectifs de réduire la consommation d'eau de manière significative et de préserver l'aspect des espaces verts par rapport à un attendu.

La performance d'un arrosage intelligent repose sur sa capacité à ajuster au plus juste régulièrement les quantités d'eau apportées. Cela nécessite d'avoir des sondes d'humidité connectées, mais également des contrôleurs d'électrovanne pilotés à distance. [12]



Figure I-7: Système d'irrigation intelligent [13]

I.6 Irrigation intelligente basée sur Arduino Uno :

En utilisant un microcontrôleur Arduino, un système automatisé d'irrigation est conçu pour gérer de manière précise et efficace l'arrosage des plantes. Ce système peut fonctionner selon un programme préalablement défini ou en réagissant aux données fournies par des capteurs d'humidité du sol. Il se compose généralement d'un module de contrôle alimenté par l'Arduino, de tuyaux d'arrosage, de vannes électromagnétiques et de capteurs d'humidité du sol.

Les capteurs d'humidité du sol analysent le niveau d'humidité du sol et transmettent ces informations au module de contrôle Arduino. En fonction de ces données, l'Arduino détermine si les plantes nécessitent un arrosage. Lorsque l'arrosage est nécessaire, le module de contrôle active les vannes électromagnétiques, permettant à l'eau de circuler à travers les tuyaux d'arrosage pour

atteindre les plantes. Une fois que les plantes ont reçu la quantité d'eau adéquate, le module de contrôle Arduino désactive les vannes pour interrompre l'irrigation.

I.7 Les avantages d'irrigation intelligente :

L'efficacité est l'un des principaux atouts des systèmes d'irrigation automatique, car ils peuvent être programmés pour répondre précisément aux besoins en eau de chaque zone. Ainsi, ces systèmes permettent d'éviter tout gaspillage d'eau inutile de manière très efficace.

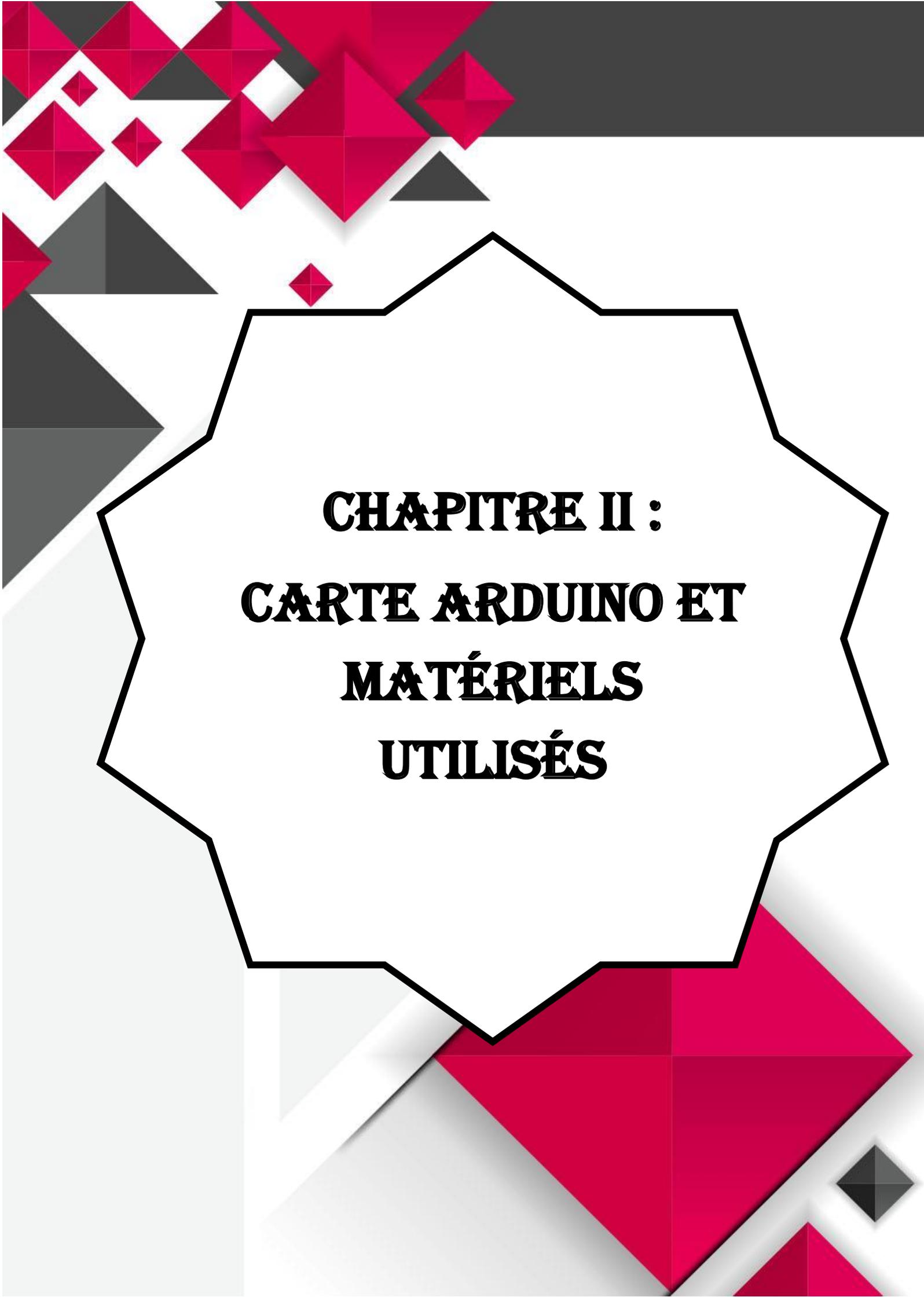
En ciblant spécifiquement les zones qui ont réellement besoin d'être arrosées, ces systèmes permettent de réaliser des économies d'eau considérables. De plus, leur efficacité contribue activement à la préservation des ressources hydriques.

En optant pour une stratégie d'arrosage ciblée et en utilisant des technologies de capteurs, l'eau est conservée de manière optimale. Par exemple, en détectant les périodes de pluie, les systèmes d'irrigation automatique peuvent s'abstenir d'arroser, ce qui contribue à réduire efficacement la consommation d'eau.

En ajustant l'apport en eau en fonction des besoins spécifiques de chaque plante, ces systèmes assurent que celles-ci reçoivent la quantité d'eau nécessaire à leur épanouissement tout en minimisant les pertes d'eau.

Conclusion :

Le premier chapitre de cette étude a examiné en détail les concepts théoriques des systèmes d'irrigation. Différentes méthodes, telles que l'irrigation de surface et l'irrigation localisée, ont été passées en revue. Parmi ces méthodes, l'irrigation goutte à goutte, l'irrigation par aspersion et l'irrigation basée sur Arduino ont été identifiées comme des technologies bénéfiques. Elles jouent un rôle crucial dans la préservation de l'eau, les rendant particulièrement précieuses pour la gestion durable des ressources hydriques à l'échelle mondiale.



CHAPITRE II :
CARTE ARDUINO ET
MATÉRIELS
UTILISÉS

Chapitre II : Carte Arduino et Matériels utilisés

Introduction

L'automatisation de l'irrigation est devenue indispensable pour une agriculture efficace et durable, offrant une gestion précise de l'eau en fonction des besoins des plantes. Dans ce contexte, l'utilisation d'Arduino représente une solution abordable et adaptable pour créer des systèmes d'irrigation automatisés intelligents.

Arduino, une plateforme de développement électronique open-source, est largement utilisé pour automatiser diverses tâches. En l'associant à des capteurs d'humidité du sol, de température et de lumière, il devient possible de concevoir un système capable de surveiller en temps réel les conditions environnementales et d'ajuster automatiquement l'irrigation en conséquence.

Ce système permet de réaliser des économies d'eau significatives en évitant les arrosages excessifs et en fournissant juste la quantité d'eau nécessaire. De plus, il offre la possibilité de contrôler à distance le système d'irrigation via des applications mobiles ou des interfaces web, offrant ainsi une flexibilité et une facilité d'utilisation accrues aux agriculteurs.

Dans cette étude, nous examinerons en détail la mise en œuvre d'un système d'irrigation automatisé basé sur Arduino, en mettant en avant ses avantages, son fonctionnement et ses applications pratiques dans le domaine agricole.

II.1 Historique :

L'histoire de l'irrigation remonte à des milliers d'années, lorsque les premières civilisations ont commencé à cultiver des terres arides en utilisant des systèmes d'irrigation rudimentaires. Des canaux simples ont été creusés pour amener l'eau des rivières aux champs, permettant ainsi aux cultures de prospérer dans des régions où les précipitations étaient insuffisantes.

Au fil du temps, les techniques d'irrigation ont évolué, passant de simples canaux à des systèmes plus sophistiqués utilisant des roues à eau, des norias et des systèmes de pivot pour distribuer l'eau de manière plus efficace sur de vastes étendues de terre. Ces innovations ont permis aux sociétés anciennes de développer une agriculture plus productive et de soutenir des populations croissantes.

À l'ère moderne, l'irrigation a connu une révolution avec l'avènement de la technologie numérique. Des systèmes d'irrigation automatisés sont apparus, utilisant des capteurs, des contrôleurs et des valves pour surveiller et ajuster automatiquement l'apport en eau en fonction des besoins des cultures et des conditions météorologiques. Cela a permis aux agriculteurs d'améliorer considérablement l'efficacité de leur utilisation de l'eau tout en réduisant les coûts et en augmentant les rendements.

Aujourd'hui, l'irrigation automatisée avec des systèmes comme Arduino représente l'avant-garde de l'agriculture intelligente, offrant aux agriculteurs des outils puissants pour gérer efficacement leurs ressources en eau et maximiser la productivité de leurs cultures.

II.2 La carte Arduino Uno :

La carte Arduino Uno est l'une des cartes les plus prisées de la famille Arduino. Basée sur le microcontrôleur ATmega328P, elle propose une variété de broches d'entrée/sortie numériques et analogiques, ainsi que des capacités de communication série pour interagir avec d'autres périphériques.

En raison de sa polyvalence et de sa facilité d'utilisation, l'Arduino Uno est largement utilisé pour les projets électroniques et les prototypes. Sa compatibilité avec divers capteurs, modules et périphériques en fait un choix idéal pour les débutants comme pour les experts en électronique.

De plus, la carte Arduino Uno est compatible avec l'IDE Arduino, un environnement de développement intégré convivial qui permet de programmer la carte à l'aide d'une version simplifiée du langage de programmation C++. Cette facilité d'utilisation la rend accessible à un large éventail d'utilisateurs, même à ceux qui n'ont pas de connaissances approfondies en programmation ou en électronique.

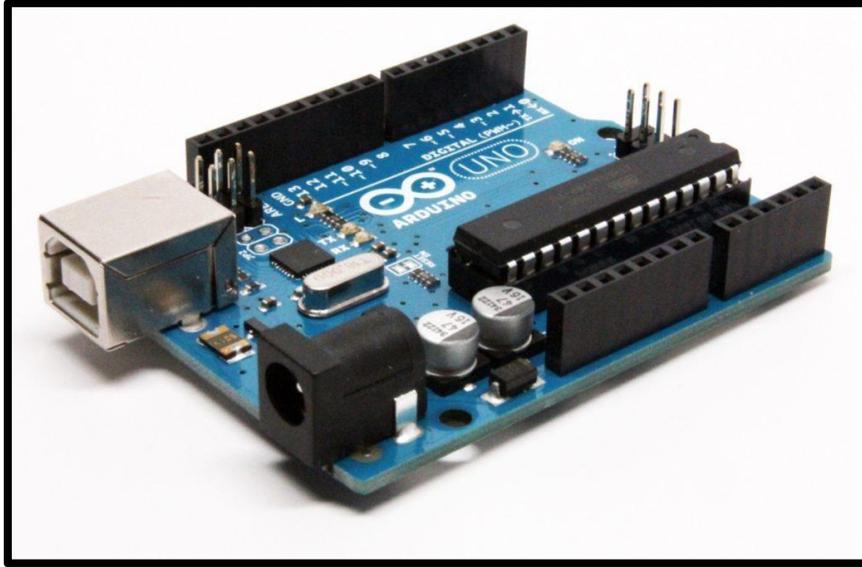


Figure II-1 : Carte Arduino Uno [14]

II.2.1 Principe de Fonctionnement :

Le fonctionnement de la carte Arduino Uno repose sur son microcontrôleur, l'ATmega328P. Voici les principales étapes :

- **Alimentation** : La carte Arduino Uno peut être alimentée par un adaptateur secteur, une batterie ou un port USB, fournissant généralement 5 volts.
- **Programmation** : Un programme est écrit dans l'IDE Arduino sur un ordinateur, puis téléversé sur la carte via un câble USB. Le langage de programmation utilisé est basé sur C/C++ et adapté à Arduino.
- **Microcontrôleur** : L'ATmega328P est le cœur de la carte, exécutant le programme téléversé et contrôlant les broches d'entrée/sortie.
- **Broches d'entrée/sortie** : La carte Arduino Uno possède 14 broches numériques et 6 broches analogiques, utilisées pour lire des signaux en entrée ou envoyer des signaux en sortie vers des composants externes.
- **Fonctionnalités supplémentaires** : La carte Arduino Uno dispose d'un oscillateur pour générer des signaux d'horloge, d'un régulateur de tension pour fournir une alimentation stable au microcontrôleur, et d'interfaces de communication série (UART, SPI, I2C) pour communiquer avec d'autres périphériques.

- **Exécution du programme :** Une fois le programme téléversé, le microcontrôleur exécute les instructions du programme en contrôlant les composants connectés aux broches d'entrée/sortie.

La carte Arduino Uno fonctionne en exécutant un programme préalablement écrit qui contrôle les interactions entre le microcontrôleur et les composants externes, permettant ainsi de réaliser une grande variété de projets électroniques.

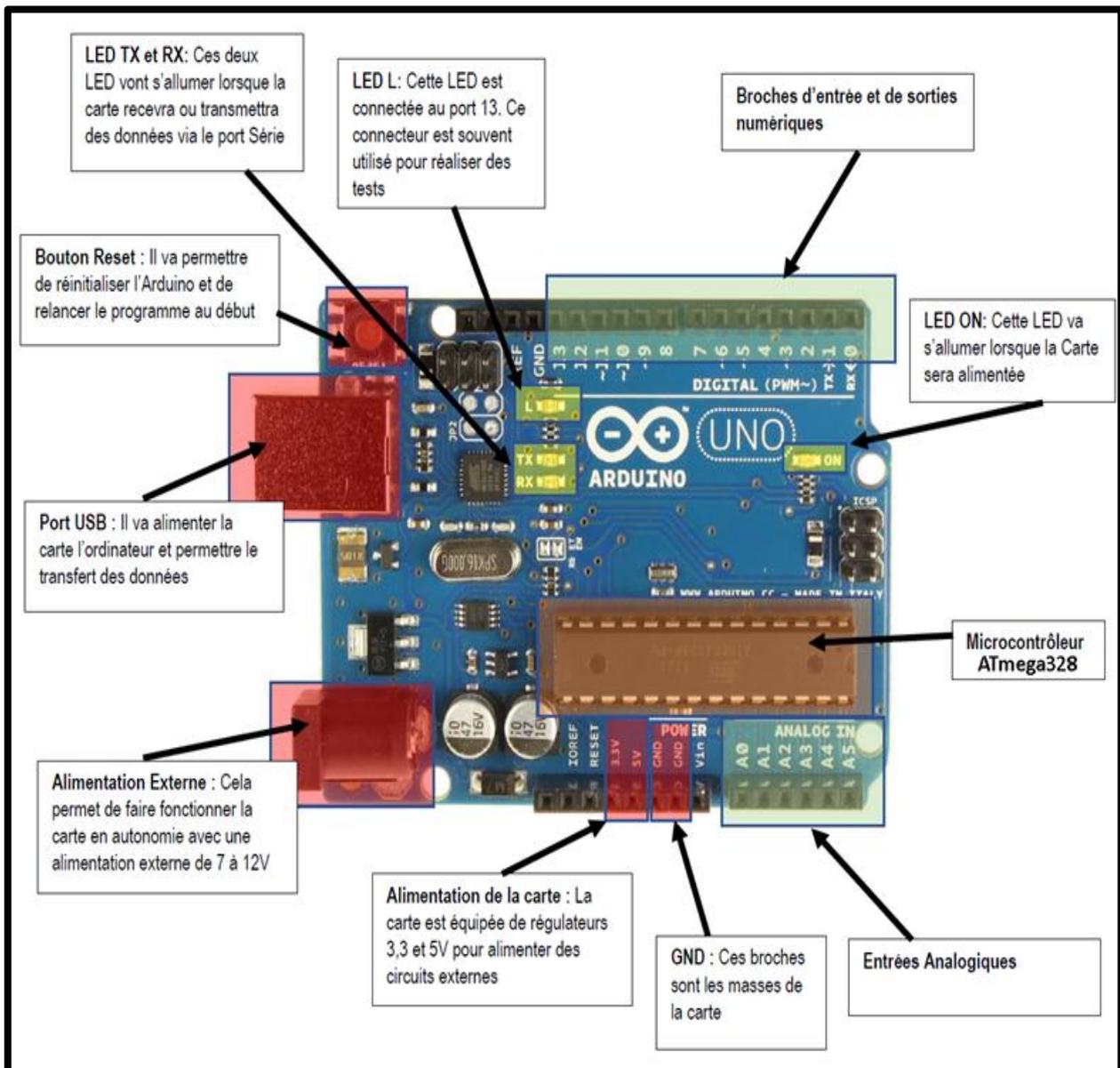


Figure II-2: Composants carte Arduino [15]

II.2.2 Constituent de Arduino Uno :

La carte Arduino Uno est composée de plusieurs éléments essentiels qui lui permettent de fonctionner de manière autonome et de communiquer avec d'autres composants. Voici les principaux composants qui constituent la carte Arduino Uno :

Le Microcontrôleur ATmega328P est le cerveau de la carte Arduino Uno. Il s'agit d'un microcontrôleur AVR 8 bits doté de 32 ko de mémoire flash, 2 ko de RAM et 1 ko de mémoire EEPROM. Il est chargé d'exécuter les instructions du programme que vous téléversez sur la carte Arduino. Il peut effectuer diverses opérations, telles que des calculs, des comparaisons, des opérations logiques.

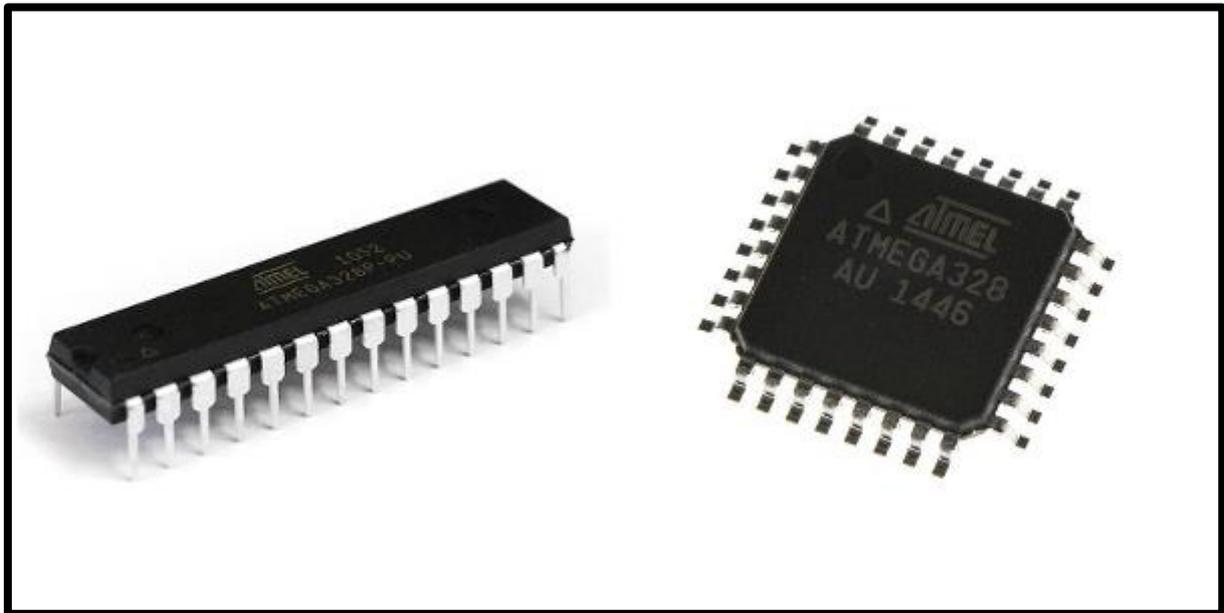


Figure II-3: Microcontrôleur ATmega328P [16]

La carte Arduino Uno est équipée d'un cristal oscillateur de 16 MHz qui fournit une horloge de base pour le microcontrôleur, permettant ainsi l'exécution d'instructions à une vitesse déterminée. Elle dispose de connecteurs d'alimentation permettant une alimentation externe via un connecteur 7-12V ou par USB à partir d'un ordinateur. Pour garantir un fonctionnement stable, la carte est munie d'un régulateur de tension qui convertit la tension d'entrée en une tension stable de 5V pour le microcontrôleur et les autres composants. Les ports d'entrée/sortie comprennent 14 broches numériques (dont 6 prennent en charge la PWM) et 6 broches analogiques pour connecter des

capteurs, des actionneurs et d'autres composants. Elle dispose également d'une interface USB pour la connexion à un ordinateur, utilisée pour téléverser des programmes et pour l'alimentation.

Un bouton de réinitialisation est présent sur la carte pour redémarrer le programme en cours d'exécution.

Enfin, une LED intégrée peut être utilisée pour indiquer divers états de fonctionnement de la carte ou pour des tests de base. En combinant ces éléments, la carte Arduino Uno offre une plateforme de développement flexible et polyvalente pour la création de projets électroniques interactifs et automatisés.

II.3 Caractéristique de la carte Arduino uno :

Caractéristiques générales

| | |
|----------------|---------------|
| CPU | ATMega328 |
| Mémoire flash | 32 Ko |
| Mémoire SRAM | 2 Ko |
| Mémoire EEPROM | 1 Ko |
| Cadencement | 16 MHz |

Entrées/Sorties

| | |
|----------------------|------------------------------|
| Alimentation | 7-12 V ou USB |
| USB-B | Pour la programmation |
| E/S numériques | 14 broches dont 6 PWM |
| E/S analogiques | 6 broches |
| Autres E/S | Série, I2C, SPI |
| Intensité par sortie | 40 mA |

Tableau II-1: Caractéristique d'une carte Arduino Uno [17]

II.4 Vue d'ensemble :

La carte Arduino Uno est une carte à microcontrôleur basée sur l'ATmega328.

Elle dispose :

- De 14 broches numériques d'entrées/sorties (dont 6 peuvent être utilisées en sorties PWM (largeur d'impulsion modulée)),
- De 6 entrées analogiques (qui peuvent également être utilisées en broches entrées/sorties numériques),
- D'un quartz 16Mhz,
- D'une connexion USB,
- D'un connecteur d'alimentation jack,
- D'un connecteur ICSP (programmation "in-circuit"),
- Et d'un bouton de réinitialisation (reset).

Elle contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur ; Pour pouvoir l'utiliser et se lancer, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (ou de l'alimenter avec un adaptateur secteur ou une pile, mais ceci n'est pas indispensable, l'alimentation étant fournie par le port USB).

II.5 Brochage de la carte Uno :

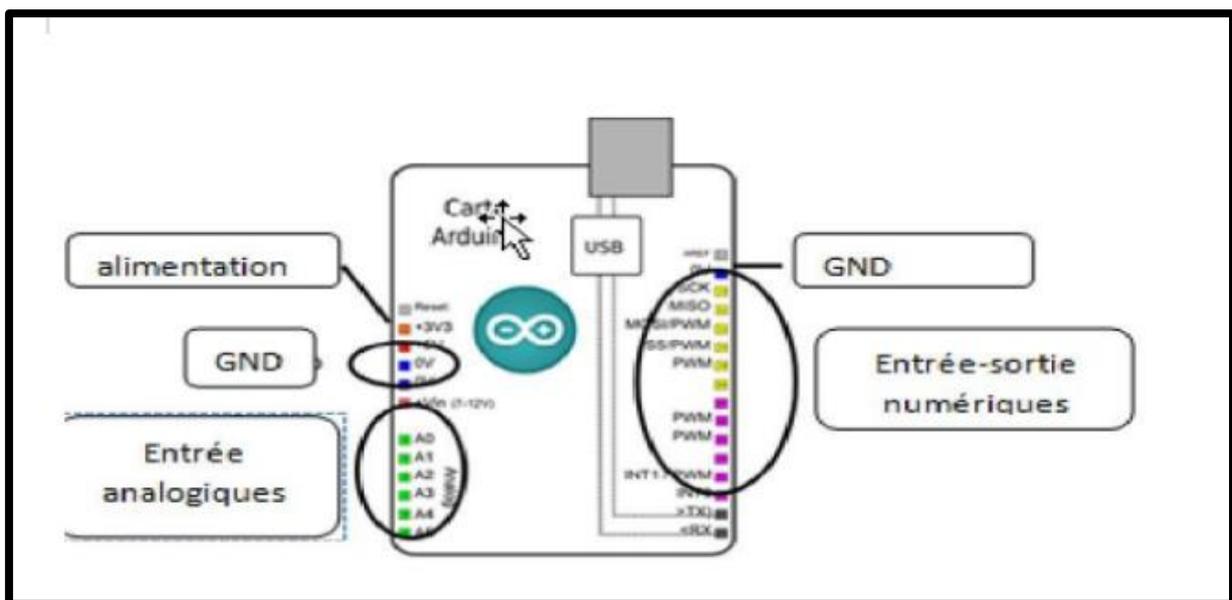


Figure II-4: Brochage carte arduino [18]

II.5.1 Alimentation

La carte Arduino Uno peut être alimentée soit via la connexion USB (qui fournit 5V jusqu'à 500mA) ou à l'aide d'une alimentation externe. La source d'alimentation est sélectionnée automatiquement par la carte.

L'alimentation externe (non-USB) peut être soit un adaptateur secteur (pouvant fournir typiquement de 3V à 12V sous 500mA) ou des piles (ou des accus). L'adaptateur secteur peut être connecté en branchant une prise 2.1mm positif au centre dans le connecteur jack de la carte. Les fils en provenance d'un bloc de piles ou d'accus peuvent être insérés dans les connecteurs des broches de la carte appelées GND (masse ou 0V) et Vin (Tension positive en entrée) du connecteur d'alimentation.

La carte peut fonctionner avec une alimentation externe de 6 à 20 volts. Cependant, si la carte est alimentée avec moins de 7V, la broche 5V pourrait fournir moins de 5V et la carte pourrait être instable. Si on utilise plus de 12V, le régulateur de tension de la carte pourrait chauffer et endommager la carte. Aussi, **la plage idéale recommandée pour alimenter la carte Uno est entre 7V et 12V.**

Les broches d'alimentation sont les suivantes :

- **VIN.** La tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée). Vous pouvez alimenter la carte à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.
- **5V.** La tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (pour info : les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation parfaitement stable dite "tension régulée" obtenue à l'aide d'un composant appelé un régulateur et qui est intégré à la carte Arduino). Le 5V régulé fourni par cette broche peut donc provenir soit de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB (qui fournit du 5V régulé) ou de tout autre source d'alimentation régulée.
- **3V3.** Une alimentation de 3.3V fournie par le circuit intégré FTDI (circuit intégré faisant l'adaptation du signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega) de la carte est disponible : ceci est intéressant pour certains circuits

externes nécessitant cette tension au lieu du 5V). L'intensité maximale disponible sur cette broche est de 50mA

- **GND.** Broche de masse (ou 0V).

II.5.2 Mémoire

L'ATmega 328 a 32Ko de mémoire FLASH pour stocker le programme. L'ATmega 328 a également 2ko de mémoire SRAM (volatile) et 1Ko d'EEPROM (non volatile - mémoire qui peut être lue à l'aide de la librairie EEPROM).

II.5.3 Entrées et sorties numériques

Chacune des 14 broches numériques de la carte UNO (numérotées des 0 à 13) peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique, en utilisant les instructions pinMode(), digitalWrite() et digitalRead() du langage Arduino. Ces broches fonctionnent en 5V. Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40mA d'intensité et dispose d'une résistance interne de "rappel au plus" (pull-up) (déconnectée par défaut) de 20-50 KOhms. Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction digitalWrite(broche, HIGH).

II.5.4 Broches analogiques

La carte Uno dispose de 6 entrées analogiques (numérotées de 0 à 5), chacune pouvant fournir une mesure d'une résolution de 10 bits (càd sur 1024 niveaux soit de 0 à 1023) à l'aide de la très utile fonction analogRead() du langage Arduino. Par défaut, ces broches mesurent entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure en utilisant la broche AREF et l'instruction analogReference() du langage Arduino. [19]

II.6 Avantages Arduino :

Arduino est réputé pour sa convivialité, même pour les novices en électronique et en programmation, grâce à son environnement de développement intégré (IDE) intuitif et son langage

de programmation simplifié basé sur C/C++. Sa polyvalence lui permet de s'adapter à une multitude de projets, de la robotique à l'automatisation domestique, en passant par l'art interactif, grâce à sa compatibilité avec de nombreux capteurs et actionneurs. De plus, sa relative abordabilité en fait une option accessible pour de nombreux projets électroniques. Le caractère open-source d'Arduino permet à quiconque de contribuer à son développement et offre un accès à une vaste gamme de ressources communautaires. Enfin, sa grande flexibilité en termes de taille de projet et d'interaction avec l'environnement en font une plateforme appréciée aussi bien par les débutants que par les experts en électronique.

II.7 Domaine d'utilisation :

Arduino est en effet largement utilisé dans divers domaines en raison de sa polyvalence et de sa facilité d'utilisation. Quelques exemples d'applications courantes d'Arduino :

- **Éducation** : Arduino est utilisé dans les programmes éducatifs pour enseigner les bases de l'électronique et de la programmation de manière interactive et pratique.
- **Domotique** : Arduino est employé pour automatiser les systèmes domestiques tels que l'éclairage, le chauffage, la climatisation, etc., offrant ainsi des solutions personnalisées et abordables pour la maison intelligente.
- **Robotique** : Arduino est un choix populaire pour la construction de robots en raison de sa facilité de contrôle des moteurs, des capteurs et des actionneurs nécessaires à leur fonctionnement.
- **Art interactif** : Arduino est utilisé dans les projets artistiques interactifs pour créer des installations qui réagissent à des stimuli externes comme le mouvement, la lumière ou le son, offrant ainsi une dimension interactive aux œuvres d'art.
- **Prototypage rapide** : Arduino est souvent utilisé pour le prototypage rapide de produits électroniques, permettant de tester rapidement des idées et des concepts avant leur mise en production.
- **Capteurs et mesures** : Arduino est utilisé pour collecter des données à partir de capteurs (température, humidité, lumière, etc.) et les utiliser pour effectuer des mesures ou prendre des décisions en fonction des données collectées.

- **Automatisation industrielle** : Bien qu'il soit plus courant dans les projets DIY et les petits systèmes, Arduino est parfois utilisé dans l'automatisation industrielle pour des tâches simples ou dans des applications spécifiques.

Arduino est une plateforme polyvalente qui trouve des applications dans de nombreux domaines, offrant une solution abordable et conviviale pour la création de projets électroniques interactifs et automatisés.

II.8 Matériels utilisés

II.8.1 La carte Arduino Uno:

Une carte Arduino est une petite (5,33 x 6,85 cm) carte électronique équipée d'un micro-contrôleur. Le micro-contrôleur permet, à partir d'événements détectés par des capteurs, de programmer et commander des actionneurs ; la carte Arduino est donc une interface programmable. [20]

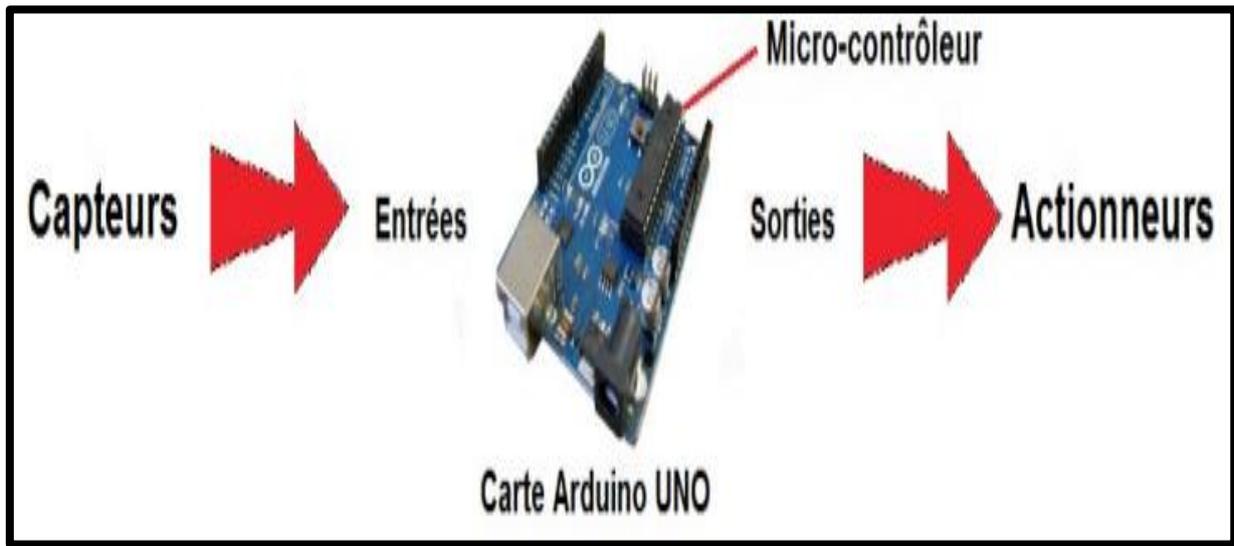


Tableau II-5: Fonctionnement carte Arduino Uno [21]

II.8.2 capteurs humidité du sol

II.8.2.1 Définition et Fonctionnement :

Ce capteur d'humidité du sol est une simple carte de dérivation pour mesurer le sol. Les deux sondes concernées comme une variable de résistance. Lorsque le sol est sec, la tension de sortie est plus élevée. Cela fonctionne selon deux modes : Le mode numérique qui détecte simplement la présence d'eau et un signal numérique haut (1) et un mode analogique qui est plus précis. Les

applications de ce capteur regroupent les systèmes d'arrosage automatique et plus encore. Connectez les broches VCC et GND à votre Arduino ou à tout microcontrôleur que vous utilisez et connectez la broche A0 à une broche analogique de votre microcontrôleur. L'un des inconvénients de l'utilisation de ce capteur est que sa surface se corrode facilement. [22]

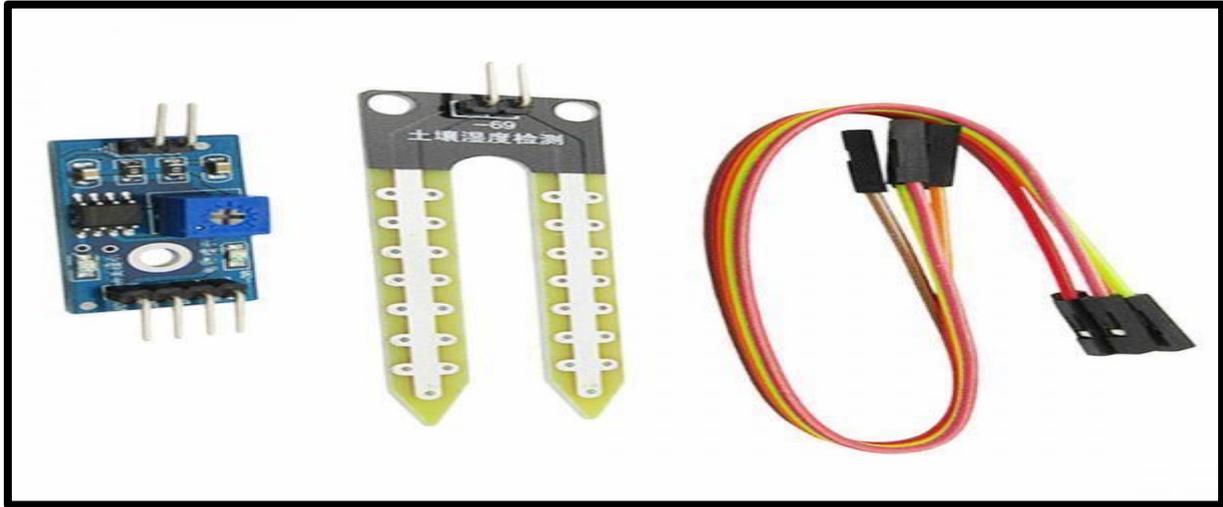


Figure II-6 : capteur humidité de sol [23]

II.8.2.2 Domaines d'applications :

Arrosage automatique des plantes d'intérieur

Arrosage du jardin

Irrigation de cultures

Mesures analogiques d'humidité

Alarme d'inondation

Détecteur de pluie

Caractéristiques :

- Tension de fonctionnement : 3,3v - 5v
- Petite Taille - 1,6cm * 3cm
- Mode double sortie
- Sensibilité réglable avec potentiomètre intégré au tableau de bord Indicateur de puissance (LED rouge) et indicateur de sortie numérique (LED verte)
- (Driver : 2,2g 31mm x 14mm x 7mm) (sonde : 3g 60mm x 20mm x 2mm) (file : 1,1g)

II.8.3 Capteur de niveau d'eau:

II.8.1.1 Définition :

Le capteur de de niveau d'eau est un dispositif qui détecte la présence ou l'absence d'eau dans un environnement donné. Il peut être utilisé pour détecter les précipitations, le niveau de l'eau dans une cavité, voire une fuite de liquide. Avec une faible consommation énergétique, ce capteur est adapté pour les projets nécessitant une détection d'eau à petite échelle. [24]



Figure II-7:Capteur de niveau d'eau [25]

II.8.1.2 Caractéristiques :

- **Tension de fonctionnement** : 3-5VDC
- **Courant de fonctionnement** : moins de 20mA
- **Zone de détection** : 40mm x 16mm
- **Processus de Production** : étain de pulvérisation double face FR4
- **Température de fonctionnement** : 10 ° C - 30 ° C
- **Humidité de fonctionnement** : 10%-90% sans condensation
- **Poids du produit** : 3.5g
- **Taille du produit** : 62mm x 20mm x 8mm

II.8.4 Une pompe:

II.8.1.3 Définition :

Une pompe 3,7 V est conçue pour fonctionner avec une tension nominale de 3,7 volts. Ce type de pompe est idéal pour les applications où une tension plus faible est nécessaire ou préférée, comme dans les appareils portables alimentés par batterie. Les pompes 3,7 V sont utilisées dans divers dispositifs tels que les pompes à eau pour les aquariums ou les fontaines, les systèmes de refroidissement ou d'aération pour les appareils électroniques, les dispositifs médicaux portables, etc. Elles offrent un débit de liquide ou de gaz adapté à des applications à faible tension.



Figure II-8: Pompe 3.7V [26]

II.8.5 Afficheur LCD:

Abrégé LCD, l'affichage à cristaux liquides est un dispositif d'affichage plat et fin qui a supplanté l'ancien écran CRT (à tube cathodique) sur le marché. L'écran LCD offre une meilleure qualité d'image et prend en charge de grandes résolutions. En général, le terme LCD désigne un type de moniteur utilisant la technologie LCD, mais aussi les écrans plats tels que ceux des ordinateurs portables, des calculatrices, des appareils photo numériques, des montres numériques et d'autres appareils similaires. [27]

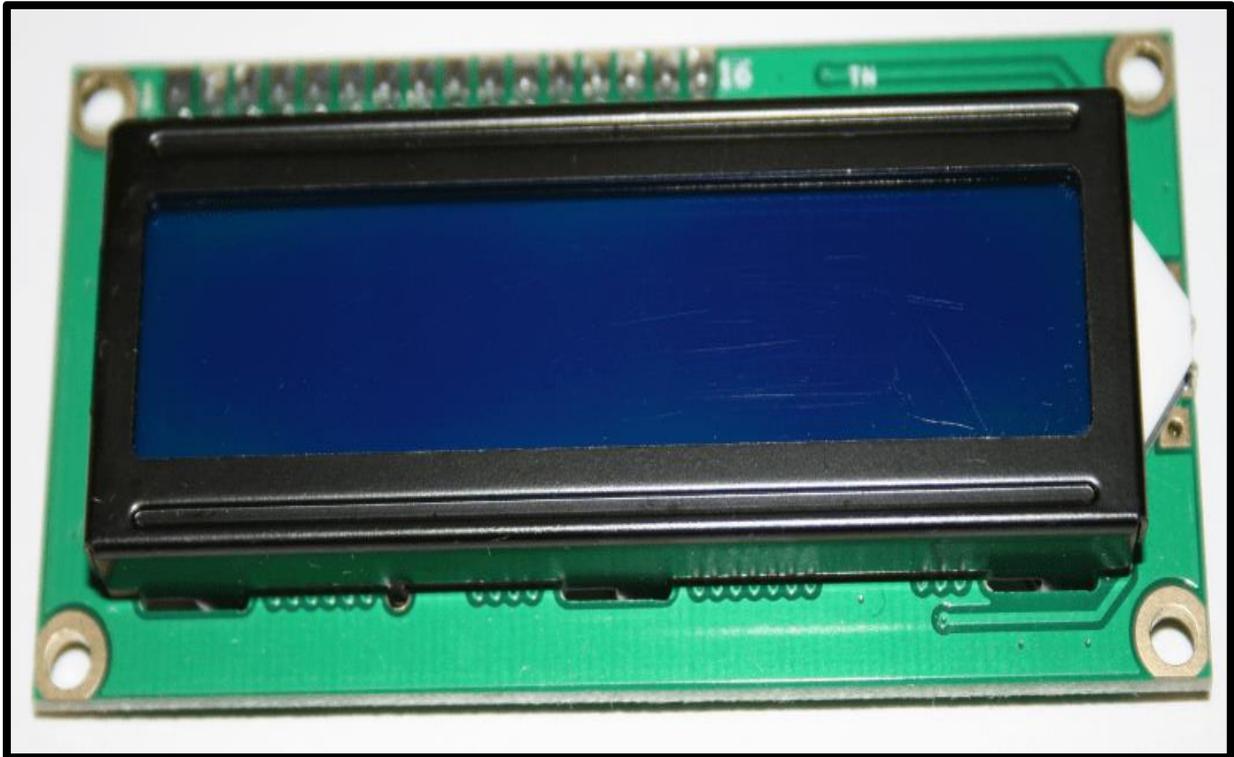


Figure II-9:afficheur LCD [27]

II.8.6 Relais :

Un relais est un interrupteur électrique utilisé pour isoler des circuits, passer d'un circuit à l'autre et commander un circuit de forte puissance à l'aide d'un signal de faible puissance. Les relais sont classés en fonction de leur conception et de leur fonctionnalité, par exemple les relais électromécaniques, les relais à semi-conducteurs et les relais à lames. [28]



Figure II-10:Relai [28]

Conclusion :

L'automatisation de l'irrigation avec Arduino se révèle cruciale pour optimiser l'efficacité agricole et la durabilité. En intégrant des capteurs d'humidité, de température et de lumière, ce système offre une gestion précise de l'eau, s'ajustant en temps réel aux conditions environnementales. Cela permet non seulement des économies d'eau, mais aussi un contrôle à distance, augmentant la flexibilité pour les agriculteurs. L'étude met en évidence les avantages et les applications pratiques de cette technologie, soulignant son potentiel dans le domaine agricole moderne.



CHAPITRE III :
SIMULATION ET
RÉALISATION D'UN
SYSTÈME
D'IRRIGATION

Chapitre III : Simulation et Réalisation d'un système d'irrigation automatique

Introduction

L'étude d'un système d'irrigation automatique représente une avancée significative dans le domaine de l'agriculture intelligente et durable. Ce système utilise des technologies telles que les capteurs, les microcontrôleurs et les actionneurs pour automatiser le processus d'irrigation des cultures en fonction des besoins en eau réels des plantes et des conditions environnementales.

III.1 Présentation du schéma :

III.1.1 schéma :

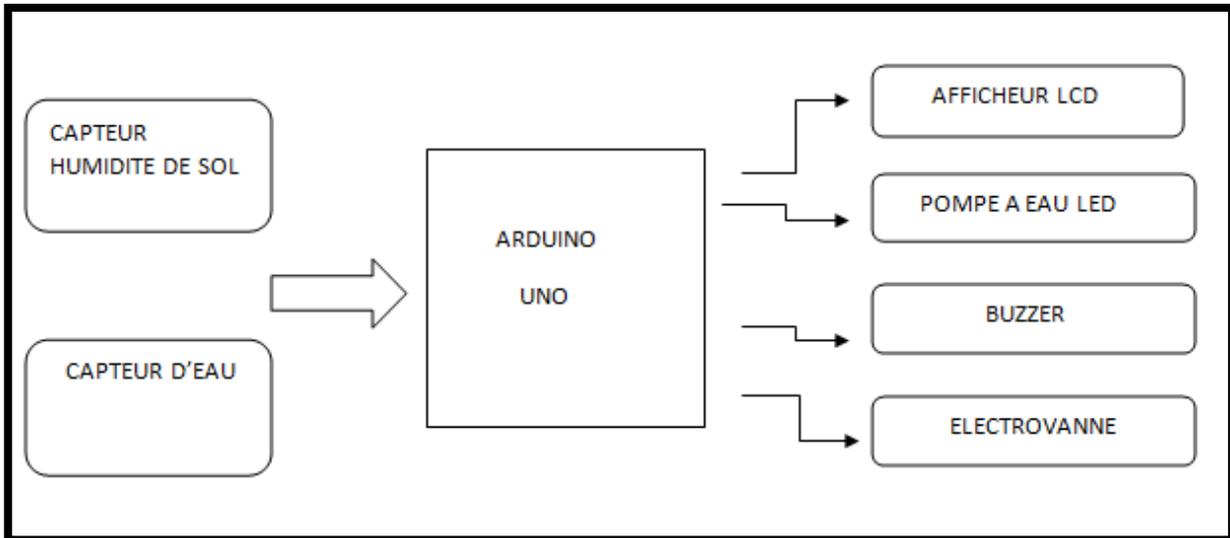


Figure III-1 : Schéma de notre configuration

III.1.2 Explication du schéma :

Dans cette configuration, l'Arduino Uno agit comme une boîte noire, recevant des données en entrée et contrôlant les sorties en fonction de ces données. L'entrée est un capteur d'humidité, connecté en tant qu'entrée analogique. Les sorties comprennent un afficheur LCD pour afficher l'état de la pompe, une pompe à eau qui est activée lorsque le pourcentage d'humidité est inférieur à 20 ou égal à 80 et arrête sinon.

III.2 Définition sur ISIS PROTEUS :

ISIS PROTEUS est un logiciel de simulation électronique utilisé pour la conception et la simulation de circuits électroniques. Il permet aux ingénieurs et aux concepteurs de systèmes électroniques de créer des schémas de circuits, de simuler le fonctionnement de ces circuits, et de développer des prototypes virtuels avant de les mettre en œuvre dans des applications réelles. ISIS PROTEUS offre une interface conviviale et des outils puissants pour la conception et la simulation de circuits électroniques, ce qui en fait un outil précieux pour les professionnels de l'électronique.

III.3 Sélection du matériel :

Pour réaliser ce projet, les composants nécessaires sont la carte Arduino UNO, un moteur CC, un relais 5V, un optocoupleur (PC817), un afficheur LCD, un buzzer, une résistance variable (pour simuler un capteur d'humidité) et deux boutons-poussoirs (pour simuler un capteur de niveau d'eau).



Figure 0-2 : Selection du materiel

III.4 Schéma de la carte détaillé :

En fin, Nous obtenons le schéma suivant :

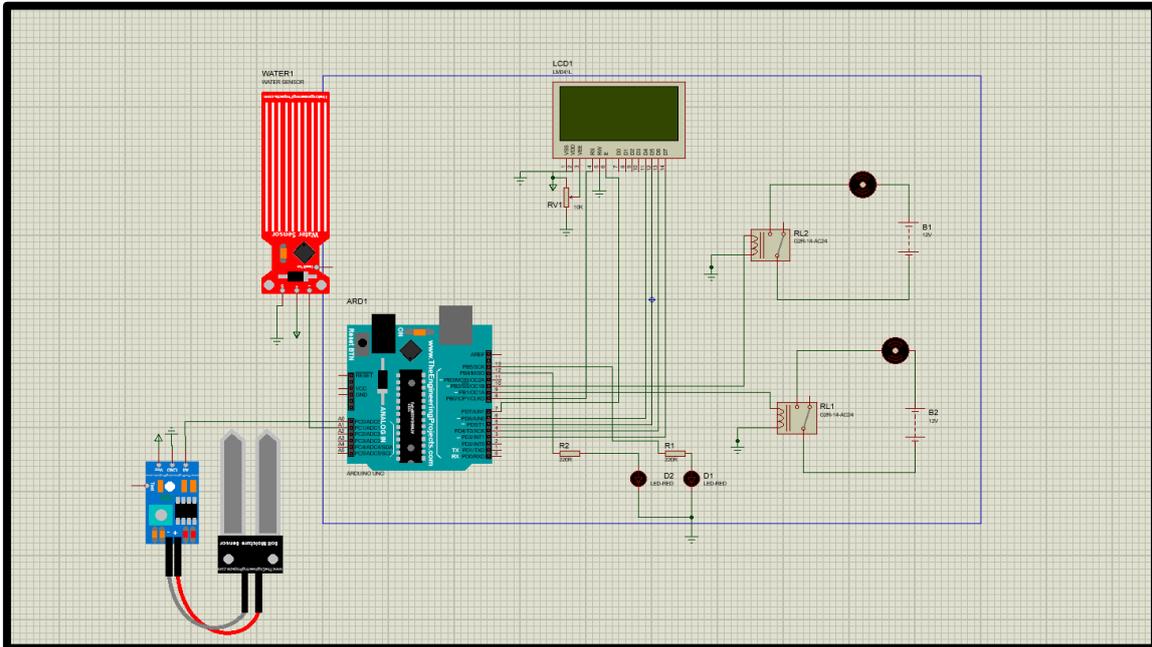


Figure III-3 : Shéma de simulation de la carte sur ISIS PROTEUS

III.4.1 Explications détaillées du schéma :

➤ **Bloc d'entrée :**

Le capteur d'humidité du sol est un composant fondamental pour assurer le bon fonctionnement de votre système d'arrosage automatique. En mesurant le niveau d'humidité du sol, ce capteur fournit des données cruciales à la carte Arduino, qui peut alors ajuster la quantité d'eau à fournir aux plantes en conséquence. Il se connecte facilement à l'entrée analogique A0 de l'Arduino, facilitant son intégration au système. Sa précision et sa fiabilité sont essentielles pour maintenir une irrigation efficace, évitant ainsi la sur-irrigation ou la sous-irrigation. De plus, le capteur est conçu pour être robuste, capable de résister à des conditions environnementales difficiles, ce qui le rend particulièrement adapté aux applications agricoles, ce capteur joue un rôle essentiel en garantissant que les plantes reçoivent la quantité d'eau nécessaire, tout en offrant une durabilité et une fiabilité exceptionnelles dans divers environnements.

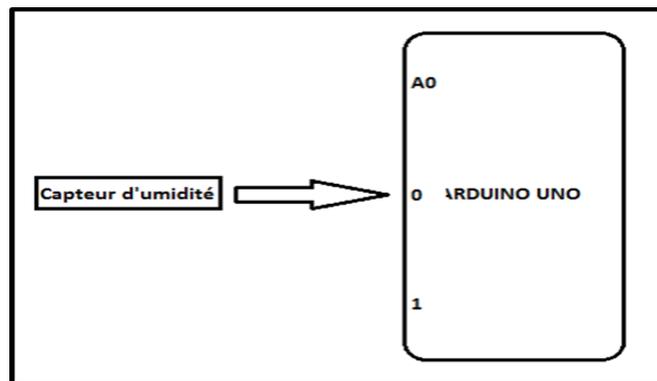


Figure III-4: Schéma bloc d'entrée

➤ **Bloc de traitement :**

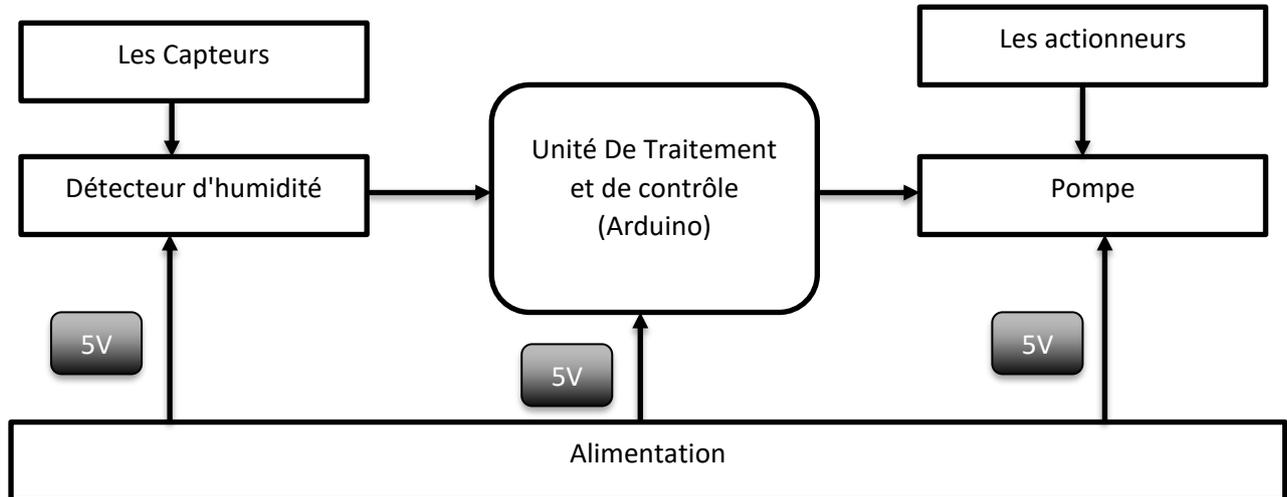
L'Arduino est une plateforme de microcontrôleur dotée d'un microprocesseur, de broches d'entrée et de sortie, et de plusieurs autres composants. Elle est couramment utilisée dans les projets nécessitant la collecte de données à partir de capteurs et le contrôle d'appareils tels que des moteurs, des lumières ou des écrans. Le code téléchargé sur l'Arduino spécifie comment les signaux d'entrée doivent être traités et comment les signaux de sortie doivent être générés pour atteindre les objectifs définis. Cette adaptabilité fait de l'Arduino un outil essentiel pour de nombreux projets d'automatisation et de développement technologique.

➤ **Bloc de sortie :**

Le contrôle de la pompe est géré par un relais connecté à la broche 7 de l'Arduino. En fonction du taux d'humidité du sol, la pompe est activée ou désactivée.

➤ Organigramme :

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



Cet organigramme présente le fonctionnement de base du système d'irrigation. Il débute par la lecture de la valeur du capteur d'humidité du sol. Si cette valeur est inférieure à un seuil déterminé, ce qui indique que les plantes nécessitent de l'eau, le système active le relais pour démarrer la pompe à eau et arroser les plantes pendant un laps de temps spécifique. Après l'arrosage, le système désactive le relais pour stopper la pompe à eau. Si la valeur lue est égale ou supérieure au seuil, indiquant que les plantes sont suffisamment hydratées, le système reste inactif.

III.5 Simulation

III.5.1 Logiciel IDE ARDUINO :

III.5.1.1 Définition :

Un logiciel IDE (Integrated Development Environment) Arduino est un environnement de développement intégré spécialement conçu pour programmer des cartes Arduino. Il comprend un éditeur de code source, un compilateur, un débogueur et souvent d'autres outils utiles pour simplifier le processus de développement et de téléchargement de code sur la carte Arduino. L'IDE Arduino est disponible gratuitement et est compatible avec différents systèmes d'exploitation tels que Windows, macOS et Linux. [15]

III.5.1.2 Présentation de logiciel

- **L'interface :**

L'interface du logiciel Arduino se présente de la façon suivante :

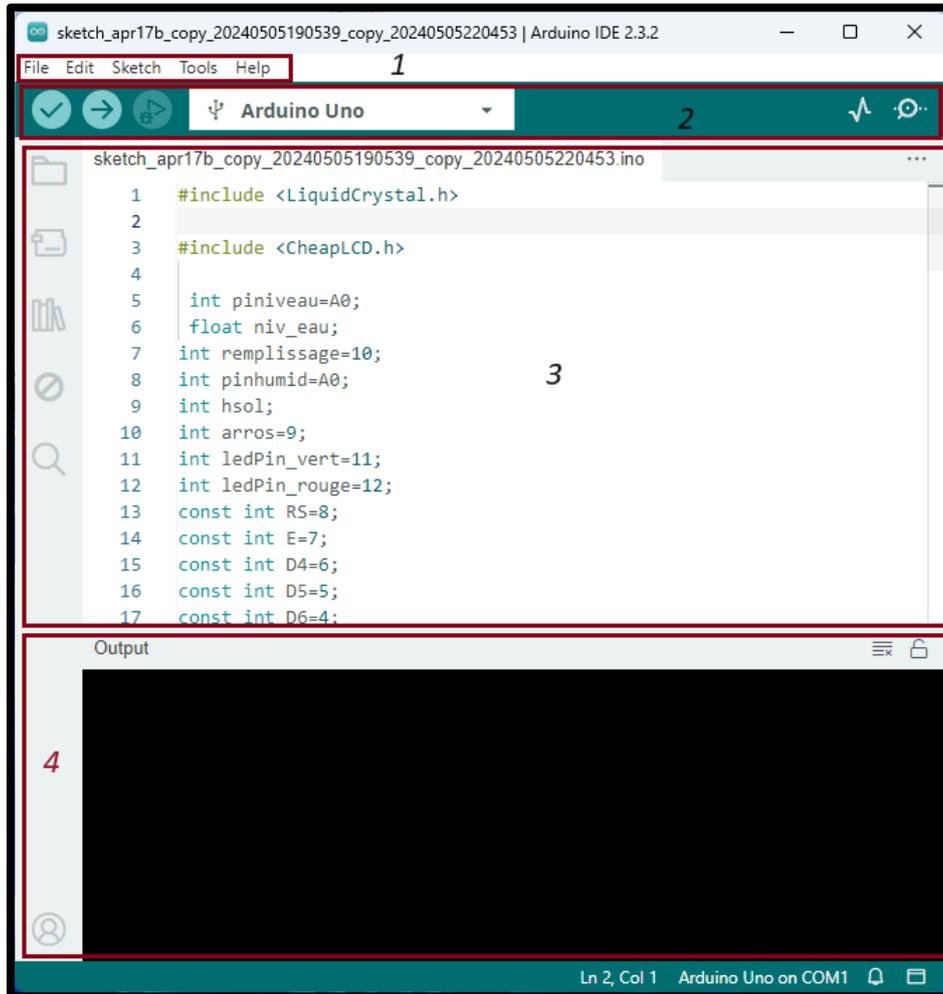


Figure III-5:Interface Arduino

1. **Barre de menus :** En haut de la fenêtre, vous trouverez la barre de menus classique avec des options telles que Fichier, Édition, Outils, etc. C'est là que vous pouvez accéder à différentes fonctionnalités du logiciel.
2. **Barre d'outils :** Juste en dessous de la barre de menus, il y a une barre d'outils avec des icônes pour des actions fréquemment utilisées comme Nouveau, Ouvrir, Enregistrer, Téléverser, etc.
3. **Zone de texte du code :** Au centre de la fenêtre se trouve la zone de texte où vous écrivez votre code Arduino. C'est un éditeur de texte standard avec une coloration syntaxique pour le langage Arduino.

4. **Zone de messages** : En bas de la fenêtre, il y a une zone où s'affichent les messages de compilation et de téléversement. C'est là que vous verrez les erreurs éventuelles lors de la compilation de votre code.

- **Les boutons** :

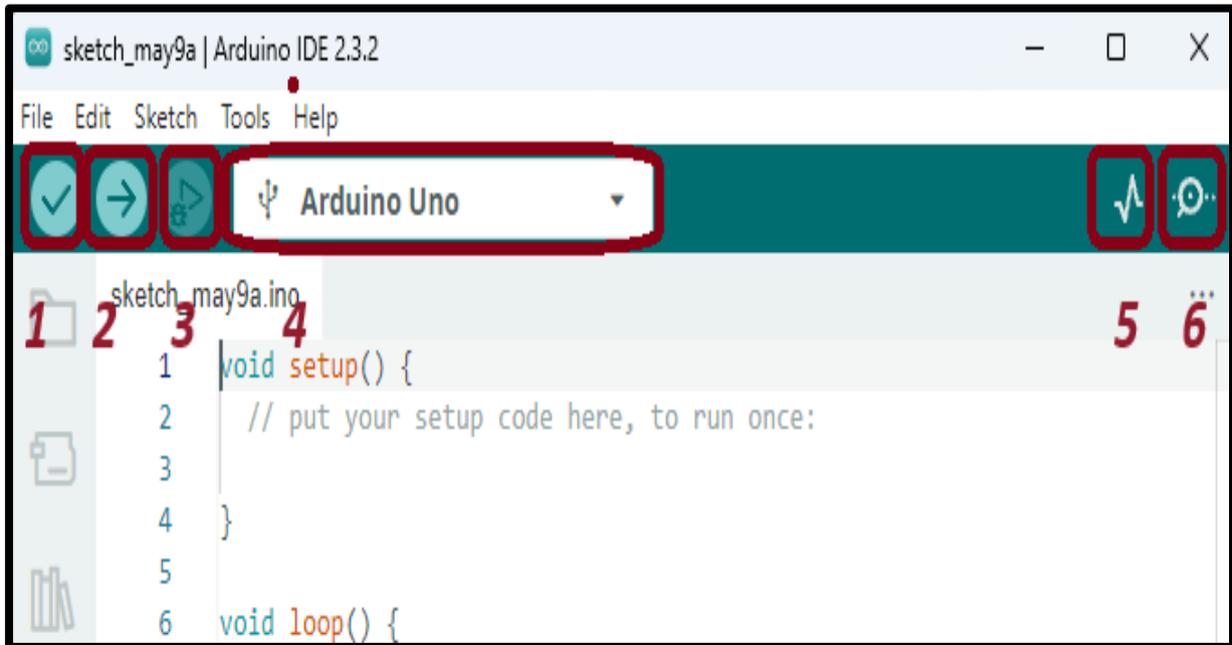


Figure III-6 : Les boutons Arduino Uno

- ✓ **1** : Compile le code pour vérifier s'il contient des erreurs, mais ne le téléverse pas sur la carte.
- ✓ **2** : Utilisé pour compiler le code et téléverser le sketch sur votre carte Arduino.
- ✓ **3** : crée un nouveau fichier
- ✓ **5** : Permet d'ajouter une bibliothèque externe à votre projet Arduino.
- ✓ **6** : Ouvre le moniteur série, qui permet de lire les données envoyées par la carte Arduino et d'envoyer des données à la carte depuis l'ordinateur.

III.5.2 Le langage Arduino :

Pour écrire le programme sur l'interface Arduino et compiler le fichier hex du programme on passe par les étapes suivantes :

- **Ouvrir l'IDE Arduino** : Lancez l'IDE Arduino sur votre ordinateur.
- **Copier le code** : Copiez le code de votre programme dans l'IDE Arduino.

- **Vérifier le code** : Cliquez sur le bouton de vérification (checkmark) dans l'IDE pour vérifier que votre code ne contient pas d'erreurs de syntaxe.
- **Compiler le code** : Si le code est correct, cliquez sur le bouton "Téléverser" (flèche vers la droite) pour compiler le code. Cela va transformer votre code en un fichier hex.
- **Localiser le fichier hex** : Une fois la compilation terminée, le fichier hex sera généré dans un répertoire temporaire sur votre ordinateur. Vous pouvez trouver l'emplacement exact en regardant dans les préférences de l'IDE Arduino.



```
File Edit Sketch Tools Help

irrig_final

#include <LiquidCrystal.h>
const int rs = 4, en = 5, d4 = 6, d5 = 7, d6 = 8, d7 = 9;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

const int cateurHumidity=A0, nvDeauBas=0, nvDeauHaut=1, Pompe=2, Led=13, buzzer=12;
bool bas, haut;
int humidity, analogHumidity;

void setup() {
  pinMode(nvDeauBas, INPUT);
  pinMode(nvDeauHaut, INPUT);
  pinMode(Pompe, OUTPUT);
  pinMode(Led, OUTPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  led.begin(16, 2);
}

void loop() {
  bas=digitalRead(nvDeauBas);
  haut=digitalRead(nvDeauHaut);
  analogHumidity=analogRead(cateurHumidity);
  humidity=map(analogHumidity, 1023, 0, 100, 0);
  ...
}

Done compiling

avr/bin/avr-gcc -w -Os -g -fno -fuse-linker-plugin -Wl,--gc-sections -mmcu=atmega328p -o "C:\Users\ASUS\AppData\Local\Temp\arduino_build_703507\irrig_final.ino.elf" "C:\Users\ASUS\AppData\
avr/bin/avr-objcopy -O ihex -j .eeprom --set-section-flags .eeprom=alloc,load --no-change-warnings --change-section-lma .eeprom=0 "C:\Users\ASUS\AppData\Local\Temp\arduino_build_703507\irrig
avr/bin/avr-objcopy -O ihex -R .eeprom "C:\Users\ASUS\AppData\Local\Temp\arduino_build_703507\irrig_final.ino.elf" "C:\Users\ASUS\AppData\Local\Temp\arduino_build_703507\irrig_final.ino.hex"
Users\ASUS\Documents\Desktop\p f d\Arduino\libraries\LiquidCrystal
um is 32256 bytes.
nj 1888 bytes for local variables. Maximum is 2048 bytes.
```

Figure III-7 : Chemin du fichier hex de code

- **Copier le fichier hex** : Trouvez le fichier hex dans le répertoire temporaire et copiez-le dans l'emplacement souhaité pour le stocker ou le partager.

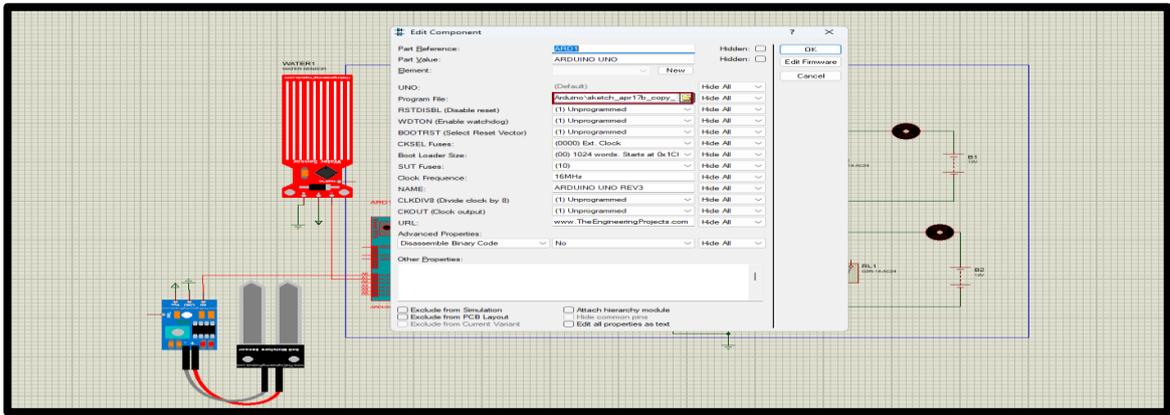


Figure III-8 : Emplacement du fichier hex dans la carte

- Écrire le programme sur l'interface Arduino : Ensuite, vous devez charger le fichier hex sur votre carte Arduino à l'aide d'un programmeur comme l'IDE Arduino ou un autre logiciel compatible pour cette étape.
- Téléverser le programme sur la carte Arduino : Enfin, utilisez l'outil de programmation pour téléverser le fichier hex sur votre carte Arduino.

Nous avons exécuté la simulation et voilà les résultats :

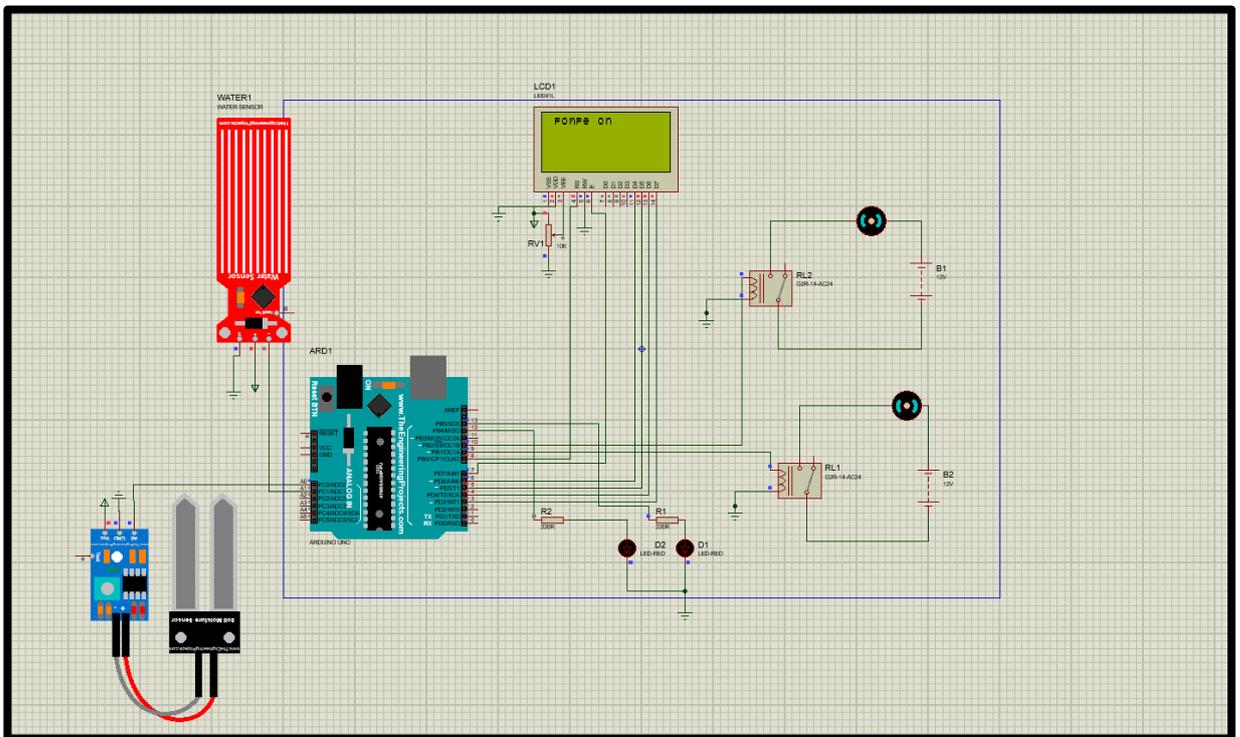


Figure III-9 : Schéma de la carte après simulation

III.6 Réalisation :

Voici les étapes de réalisation de notre projet d'irrigation automatique :

- **Définition des objectifs** : Identifions clairement les objectifs de notre projet, tels que l'automatisation de l'arrosage des plantes, la conservation de l'eau ou l'amélioration de la productivité agricole.
- **Conception du système** : Concevons l'architecture globale de notre système d'irrigation. Déterminons les composants nécessaires tels que les capteurs d'humidité du sol, les vannes, les tuyaux d'arrosage, et décidons comment ils seront interconnectés.
- **Acquisition des composants** : Procurons tous les composants nécessaires pour construire ce système. Assurons-nous d'avoir l'Arduino Uno, les capteurs, les vannes, les tuyaux, ainsi que tout autre matériel requis.
- **Assemblage du matériel** : Assemblons les composants en suivant le schéma de conception établi. Connectons les capteurs d'humidité du sol à l'Arduino Uno, relierons les vannes aux tuyaux d'arrosage, et assurons-nous que tout est correctement fixé.
- **Programmation de l'Arduino** : Écrivons le code nécessaire pour que l'Arduino contrôle le système d'irrigation en fonction des données des capteurs. Programmons l'Arduino pour lire les niveaux d'humidité du sol, activer les vannes en conséquence, et ajuster les paramètres d'arrosage selon nos besoins.
- **Test et débogage** : Testons notre système pour nous assurer qu'il fonctionne correctement. Vérifions que les capteurs détectent correctement l'humidité du sol, que les vannes s'ouvrent et se ferment comme prévu, et que le système répond de manière appropriée aux conditions définies.

III.6.1 Résultat

III.6.1.1 Code finale

```
#include "LiquidCrystal_I2C.h" // Include the LiquidCrystal_I2C library
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Create an instance of the LiquidCrystal_I2C class with
                                   the specified address and dimensions
int soilMoistureValue = 0; // Variable to store the analog reading of soil moisture
int percentage = 0; // Variable to store the calculated percentage of soil moisture
```

```
void setup() {
  pinMode(3, OUTPUT); // Set pin 3 as an output pin
  lcd.init(); // Initialize the LCD display
  lcd.backlight(); // Turn on the backlight of the LCD
  lcd.clear(); // Clear the LCD display
  digitalWrite(3, LOW); // Set pin 3 to a low state (initially turn off the pump)
}

void loop() {
  soilMoistureValue = analogRead(A0); // Read the analog value from pin A0 connected to the
                                     soil moisture sensor
  percentage = map(soilMoistureValue, 490, 1023, 100, 0); // Map the analog value to a
                                                         percentage value between 0 and 100

  if (percentage < 20) {
    digitalWrite(3, HIGH); // Turn on the pump (set pin 3 to a high state)
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("The Plants need "); // print on the LCD display
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("water ");
    lcd.setCursor(8, 1);
    lcd.print(" PUMP ON");
  }

  if (percentage > 80) {
    digitalWrite(3, LOW); // Turn off the pump (set pin 3 to a low state)
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Plants have been");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("watered");
    lcd.setCursor(8, 1);
```

```
lcd.print("PUMP OFF");  
}  
}
```

III.6.1.2 Test pratique :

Après avoir expliqué le fonctionnement et la simulation de l'arrosage automatique avec le capteur dans la partie précédente, nous aborderons maintenant la réalisation du système en utilisant la carte Arduino Uno. Nous suivrons un ensemble d'étapes pour concevoir et assembler notre système, qui inclura le sol, le capteur d'humidité du sol, un relais, ainsi qu'une carte Arduino Uno. Enfin, nous chargerons le code du programme Arduino sur notre ordinateur et le transférerons sur la carte Arduino à l'aide d'un câble USB.

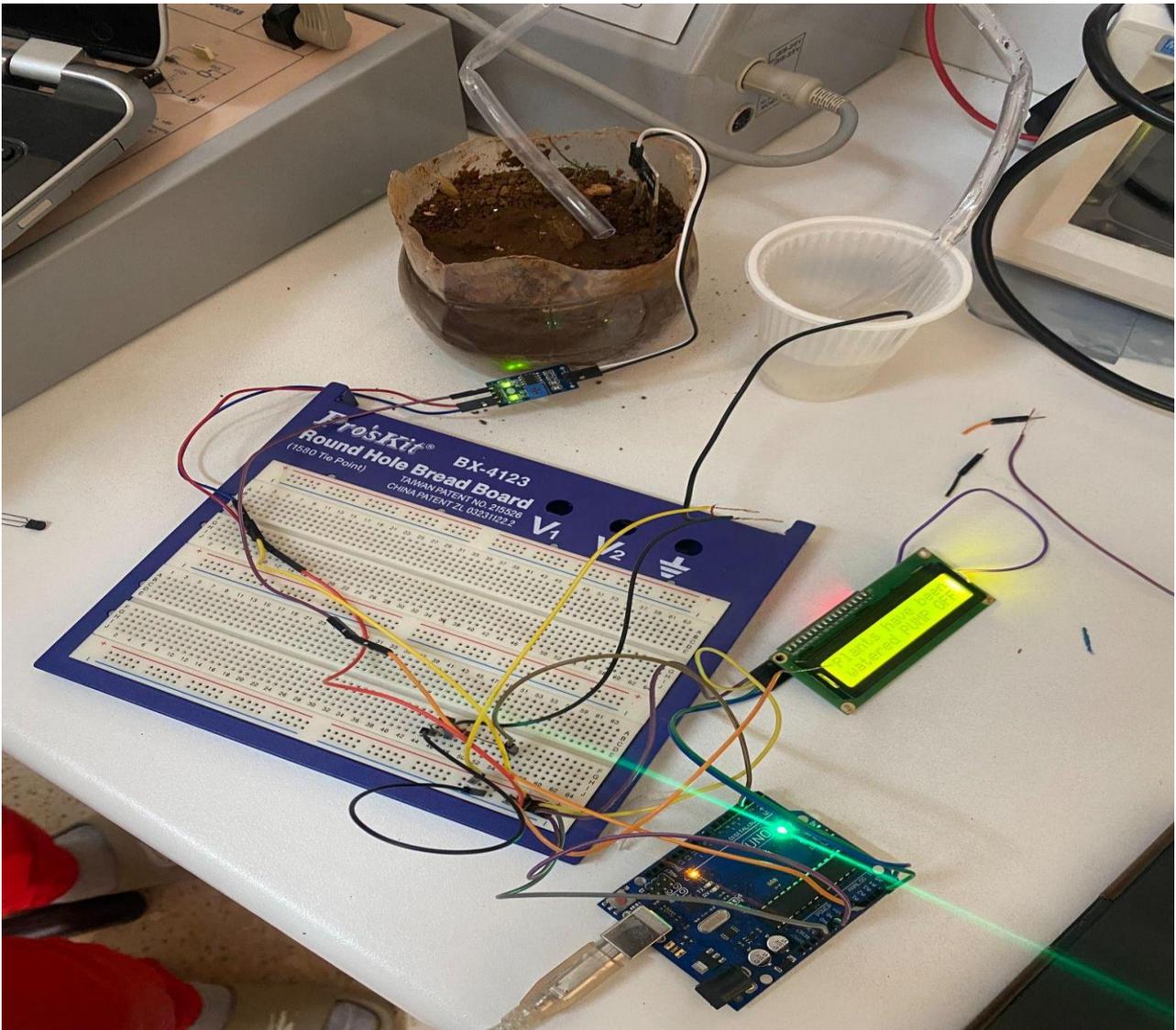


Figure III-10 : Test pratique de notre projet

Le système est configuré de sorte que lorsque l'humidité chute en dessous de 20, la pompe sera activé et l'afficheur LCD affiche : « **plants need water** »



Figure III-11 : Sol sec « PUMP ON »

L'afficheur affiche « **plants have been watered** », pompe off" jusqu'à ce que l'humidité est égale à 80.

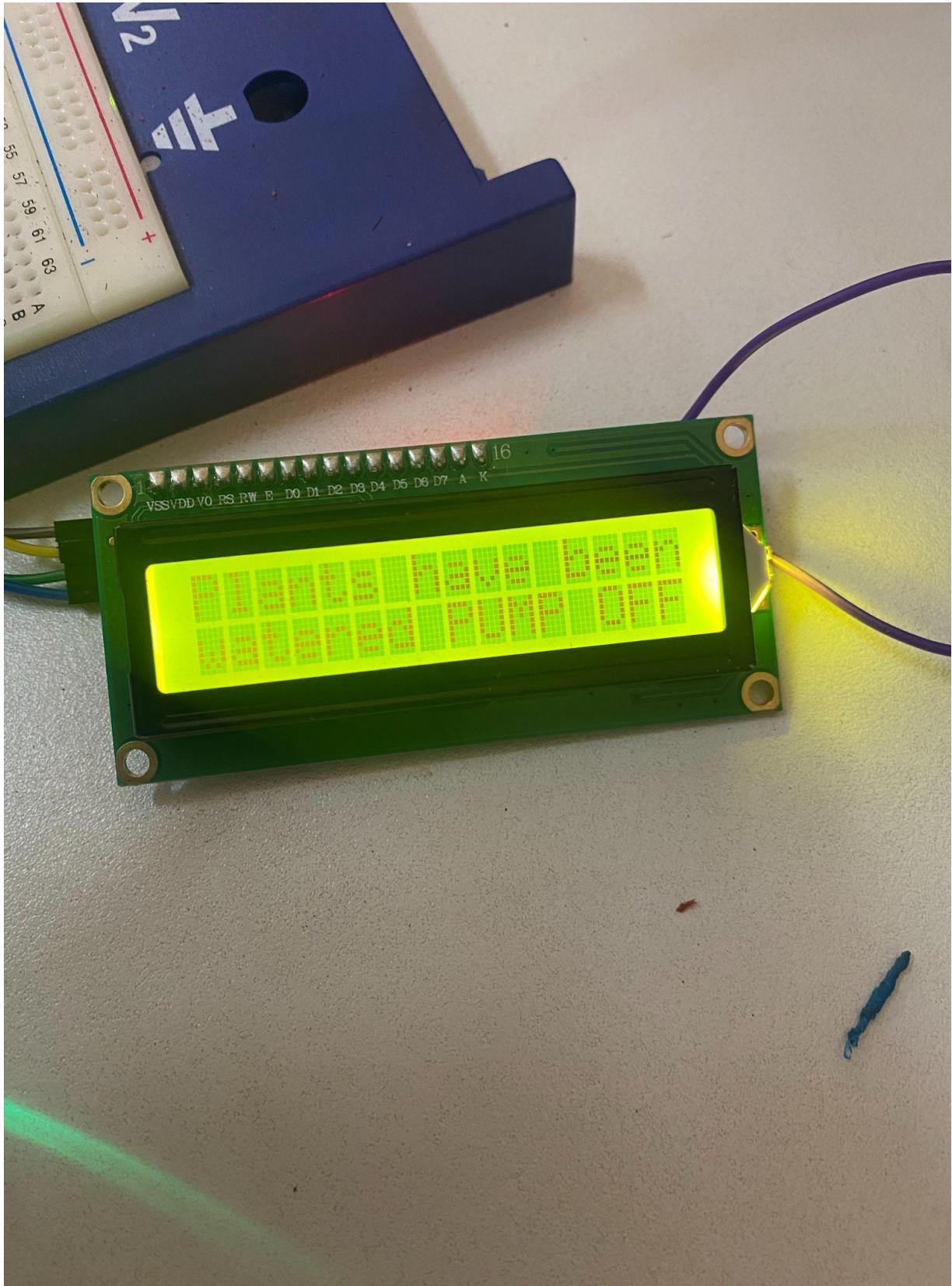


Figure III-12 : Sol humide « PUMP OFF »

Voici les étapes pour tester notre système d'irrigation automatique :

1. **Préparation** : Vérifions que tous les composants sont correctement assemblés selon le schéma de câblage.
2. **Téléversement du code** : Chargeons le code sur la carte Arduino à l'aide de l'IDE Arduino.
3. **Placement du capteur** : Insérons le capteur d'humidité du sol dans un pot de fleurs ou directement dans le sol, en nous assurant qu'il est bien en contact avec le sol.
4. **Alimentation électrique** : Branchons l'alimentation électrique pour démarrer le système.
5. **Vérification de l'affichage** : Si nous utilisons un afficheur LCD, attendons que la valeur d'humidité du sol soit affichée.
6. **Test de l'arrosage** : Vérifions que la pompe à eau s'active lorsque la valeur d'humidité du sol est inférieure au seuil prédéfini.
7. **Observation du fonctionnement** : Observons le système pendant un certain temps pour nous assurer qu'il arrose les plantes selon les besoins en eau détectés par le capteur.
8. **Analyse des résultats** : Analysons les résultats du test pour déterminer si le système fonctionne correctement ou s'il nécessite des ajustements.
9. **Réglages éventuels** : Si nécessaire, ajustons les paramètres du système (seuil d'humidité, fréquence d'arrosage, etc.) pour obtenir les résultats souhaités.
10. **Conclusion** : En fonction des résultats du test, concluons sur la fonctionnalité et l'efficacité de notre système d'arrosage automatique.

En suivant ces étapes, nous devrions pouvoir tester efficacement notre système d'irrigation automatique et identifier tout problème éventuel.

Conclusion :

Dans cette section, nous avons mis en place un système d'irrigation automatique en utilisant une carte Arduino. La carte Arduino a été chargée de contrôler la pompe à eau, et nous avons réalisé des expériences pratiques réelles pour évaluer le fonctionnement de notre système.



CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion Générale

La conclusion globale de notre projet sur l'irrigation automatique met en avant une avancée significative dans le domaine de l'agriculture moderne et de la gestion durable des ressources en eau. Notre système, qui s'appuie sur une carte Arduino Uno et des capteurs d'humidité du sol, représente une solution novatrice pour répondre aux besoins en eau des cultures de manière précise et efficace.

Dans un premier temps, nous avons effectué des recherches approfondies sur les différentes méthodes d'irrigation existantes et les exigences spécifiques de chaque type de sol. Cette analyse nous a permis de concevoir un système adapté à divers environnements agricoles, garantissant un arrosage optimal tout en minimisant les pertes d'eau.

Ensuite, en explorant les fonctionnalités de la carte Arduino Uno et en sélectionnant les composants adéquats, nous avons réussi à intégrer de manière harmonieuse notre système. Les tests pratiques et les simulations réalisées sous ISIS PROTEUS ont confirmé l'efficacité de notre approche, en montrant que notre système déclenche l'irrigation lorsque le sol en a besoin et l'arrête lorsqu'il est suffisamment humidifié.

En envisageant des pistes d'améliorations à l'avenir, telles que l'intégration d'un écran LCD pour afficher les données d'humidité ou l'utilisation d'API pour une connectivité sans fil, nous avons ouvert la voie à des développements futurs. Ces améliorations pourraient contribuer à optimiser davantage notre système et à le rendre encore plus adaptable aux besoins changeants de l'agriculture moderne.

Notre projet d'irrigation automatique représente une solution pratique et efficace pour relever les défis de la gestion de l'eau en agriculture. En combinant la technologie avec les principes de durabilité, nous participons à promouvoir une agriculture plus efficace, respectueuse de l'environnement et économique en eau.

Bibliographie

- [1] <https://www.etsfoulquier.fr/2019/12/16/les-techniques-dirrigation-agricole/>
- [2] <https://www.gestalt.asso.fr>
- [3] <https://canaldeventavonsttropez.fr/petite-histoire-de-lirrigation/>
- [4] https://fr.123rf.com/photo_75565137_syst%C3%A8me-d-irrigation-dans-les-usines-de-agriculatural-fonction-d-arrosage.html
- [5] https://fr.freepik.com/photos-premium/irrigation-par-sillon-plantation-pommes-terre-recouverte-agrofibrespunbond-système-irrigation_15990672.htm
- [6] <https://fr.blog.sencrop.com/choisir-son-système-dirrigation/>
- [7] <https://www.agro-est.ma/disponibilite-proximite-et-qualite/>
- [8] <https://www.fao.org/3/cb5090fr/cb5090fr.pdf>
- [9] <https://fr.blog.sencrop.com/choisir-son-système-dirrigation/>
- [10] <https://www.etsfoulquier.fr/2019/12/16/les-techniques-dirrigation-agricole/>
- [11] <https://www.microdrips.com/fr/blogue/arrosage-goutte-a-goutte/micro-irrigation/>
- [12] <https://www.agri-tech.tn/economiser-leau-avec-une-irrigation-intelligente/>
- [13] <https://www.agri-tech.tn/economiser-leau-avec-une-irrigation-intelligente/>
- [14] <https://www.arduino-france.com/review/arduino-uno/>
- [15] <http://riton-duino.blogspot.com/2019/07/montage-et-chargeement-dun-atmega328p.html>
- [16] <https://www.gcworks.fr/tutoriel/arduino/CarteArduinoUno.html>
- [17] <https://www.gotronic.fr/blog/guides/arduino/>
- [18] <https://www.dzduino.com/mini-370-moteur-pompe-a-membrane-dc-3-7v-5v-6v>
- [19] <https://www.ruvival.de/fr/avantages-et-inconvenients-des-systemes-dirrigation/>
- [20] http://www.techmania.fr/arduino/Decouverte_arduino.pdf
- [21] <https://plaisirarduino.fr/afficheur-lcd-comment-lexploiter/>
- [22] <https://youpilab.com/components/product/capteur-dhumidite-du-sol>
- [23] <https://tameson.fr/pages/types-de-relais>
- [24] <https://youpilab.com/components/product/capteur-de-niveau-d-eau>
- [25] <https://ielectronic.com/product/pc817-optocoupler/>
- [26] <https://www.inventelectronics.com/product/piezo-buzzer-through-hole/>

BIBLIOGRAPHIE

- [27] K. & M. A. Rafik, «Réalisation d'un afficheur LCD lumineux défilant commandé par SMS à base de la carte ARDUINO UNO (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri),» 2016.
- [28] S. N. Khoudria Rima, « Etude et programmation d'un système automatisé didactique par mise en œuvre de l'automate SIEMENS S7-300.,» 2020.
- [29] M. R. & J. J. A. A. Umayalakshmi, « SMART ELECTRIC METER READING AND MONITORING SYSTEM USING EMBEDDED CONTROLLERS.».
- [30] <https://letmeknow.fr/fr/autres-composants/1618-optocoupleur-pc817-5054648343925.html>
- [31] O. & K. S. BENMOUFFOK, «La surveillance des personnes âgées à base d'Arduino.,» 2021.
- [32] <https://france-pivots.com/pivots-irrigation/lirrigation-dans-le-monde-agricole-quels-enjeux/>