

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DEL'ENSEIGNEMENTS SUPERIEURE ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem



كلية العلوم الطبيعية والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la vie
DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE



Mémoire de fin d'études

Présenté par:

Belhadj Athmane

Mansor Mohamed El Amine

Pour l'obtention du diplôme de Master Professionnalisant en Sciences Agronomiques

Spécialité : Technologies Avancées pour l'Agricultures de Précision

THÈME

**Conception et réalisation d'un système
d'irrigation intelligente**

Soutenue publiquement le : 08 /10 /2023

Devant le jury:

Président:	M. MAHOUT Djamel	MCA	U. Mostaganem
Encadreur:	M. Chouarfa Charef	MCB	U. Mostaganem
Coencadreur:	M. Benkhelifa Mohamed	Professeur	U. Mostaganem
Examineur:	M. Merah Mostefa	Professeur	U. Mostaganem
Examineur :	M. Labdaoui Djamel	MCA	U. Mostaganem

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier avant tout, Dieu le tout Puissant de nous avoir donné tous les moyens et nous a dirigé vers ce qui est le meilleur pour nous tous ici-bas.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Mme. Benoudnine Hadjira et à l'équipe du CUPAGIS pour nous avoir donné l'opportunité de suivre un master professionnel de premier plan en Algérie . Grâce à leur encadrement , leur soutien leur expertise, nous avons pu acquérir des compétences et des connaissances précieuses dans ce domaine innovant et stratégique.

Nos remerciements vont également à notre encadreur Mr. Chouarfia Charef et notre coencadreur Mr. Benkhelifa Mohamed de nous avoir encadrées et orientées dans ce modeste travail.

Nous tenons à remercier également les membres du jury : Mr. Mahiout Djamel et Mr. Merah Mostapha et Mr. Djamel Labdaoui pour nous avoir fait le plaisir d'accepter d'examiner ce travail.

Nous adressons nos remerciements à l'ensemble du personnel du laboratoire de la Faculté des sciences exactes et de l'informatique et particulièrement Directeur du laboratoire Mr. Benachenho Abdelhalim qui nous a aidé beaucoup.

Nos derniers remerciements et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail, à l'ensemble des enseignants du cupagis et à tous les étudiants de la promotion Technologies avancées pour l'Agriculture de précision.

{ وما توفيقى إلا بالله عليه توكلت واليه أنيب } هود " 88 " .

Dédicaces



JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL DANS UN PREMIER LIEU À MA CHÈRE MÈRE, QUI M'A AIDÉ TOUT AU LONG DE CE PARCOURS ACADÉMIQUE, ET À MON PÈRE, QUE DIEU AIT PITIÉ DE LUI, QUI A TOUJOURS VOULU LE MEILLEUR POUR MOI ET POUR QUI J'EXPRIME TOUTE MA TENDRESSE ET AMOUR.

À MES FRÈRES ET SŒURS, À TOUS MES COUSINS, COUSINES, TANTES, À TOUS MES AMIS ET TOUS LES ETUDIANTS DE LA PROMOTION QUE J'AI PARTAGE AVEC EUX DES BONS MOMENTS ET DES BONS SOUVENIRS.

ET ENFIN À TOUS CEUX QUE J'AIME ET QUI M'AIMENT ET NOUS ONT AIDE.

Athmane

Dédicaces



JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL DANS UN PREMIER LIEU A MES TRES CHERS PARENTS QUI M'ONT AIDE TOUT AU LONG DE CETTE CARRIERE D'ETUDE, ET POUR LESQUELS J'EXPRIME TOUTE MA TENDRESSE ET AMOUR.

A MES FRERES ET SŒURS, A TOUS MES COUSINS, COUSINES, TANTES, À TOUS MES AMIS

ET TOUS LES ETUDIANTS DE LA PROMOTION QUE J'AI PARTAGE AVEC EUX DES BONS MOMENTS ET DES BONS SOUVENIRS.

ET ENFIN A TOUS CEUX QUE J'AIME ET QUI M'AIMENT ET NOUS ONT AIDE.

Amine

ملخص :

هذا المشروع حول نظام الري الذكي تم تطويره لإنشاء آلية ري آلية ستقلل من استهلاك المياه عن طريق كشف نسبة الرطوبة في التربة باستخدام جهاز استشعار الرطوبة في التربة دون تدخل الإنسان. ميزة استخدام هذه التقنيات هي تقليل التدخل البشري وهي ممكنة وميسرة من الناحية المالية تمامًا. يستخدم هذا المشروع لنظام الري الذكي أرد وينو ميغا، الذي تم برمجته لجمع إشارة الإدخال استنادًا إلى نسبة الرطوبة في التربة، ومخرجه يتم توجيهه إلى ريليه الذي سيشغل المضخة، وهذا الأخير له دور مهم في إدارة المياه. بالإضافة إلى ذلك، نجحنا في زراعة الفلفل بنجاح في نموذجنا. هذا النهج يعزز إدارة فعالة للموارد ويضمن استدامة وكفاءة الزراعة

الكلمات المفتاحية : الري الذكي ، حساس رطوبة التربة ، الاردوينو ، الفلفل ، الظروف المثلى ، استدامة

Résumé :

Ce projet sur le système d'irrigation intelligent est développé pour créer un mécanisme d'irrigation automatisé qui sera économisé la consommation d'eau sur la détection de la teneur en humidité de la terre en utilisant le capteur d'humidité du sol sans l'intervention de l'homme.

L'avantage d'employer ces techniques est de diminuer l'interférence humaine et il est tout à fait faisable et abordable.

Ce projet de système d'irrigation intelligent utilise un arduino Mèga, qui est programmé pour recueillir le signal d'entrée en fonction de la teneur en humidité du sol et sa sortie est donnée à relais qui fera fonctionner la pompe, cette dernier à un rôle important sur la gestion d'eau.

De plus, nous avons cultivé avec succès des piments dans Notre maquette. Cette approche favorise une gestion efficace des ressources et assure la durabilité et l'efficacité de l'agriculture.

Mots-clés : Irrigation intelligent, capteur d'humidité du sol, Arduino, piment, conditions optimales, durabilité.

Abstract:

This Project on the intelligent irrigation system is developed to create an automated irrigation mechanism that will save water consumption by detecting the soil's moisture content using a soil humidity sensor without human intervention. The advantage of employing these techniques is to reduce human interference, and it is entirely feasible and affordable. This intelligent irrigation system project uses an Arduino Mega, which is programmed to collect input signal based on the soil's moisture content, and its output is given to a relay that will operate the pump. The latter plays an important role in water management. Additionally, we have successfully grown peppers in our prototype. This approach promotes efficient resource management and ensures the sustainability and efficiency of agriculture.

Keywords : Smart Irrigation, , Soil moisture sensor, Arduino, pepper, optimal conditions, the sustainability.

Liste de l'abréviation

LEPA	Low Energy Precision Application
SDI	Système de Dégouttage Enterré
Ef	Énergie finale
Ws	Énergie fournie
Wd	Énergie dissipée
ET	Evapotranspiration
V	Le volt
MHz	Mégahertz
ICSP	Programmation en série en circuit
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
mA	Le milliampère
Ko	Un kilooctet
mm	millimètres
PWM	Pulse Width Modulation
C++	un langage de programmation de haut niveau
GND	Ground
VCC	Voltage at the Collector
DC	Direct Current
HM	l'humidité massique

SOMMAIRE

Remercîment

Dédicace

Introduction	14
Chapitre 1 : Généralités sur l'irrigation et la crise mondiale d'eau	17
I. Irrigations classiques :	17
A. Les techniques d'irrigation agricole :	17
1. Les systèmes d'irrigation de surface :	17
a) irrigation par ruissellement	18
b) Irrigation par planches	18
c) Irrigation à la raie	19
d) Irrigation par bassins	20
2. L'irrigation par aspersion :	21
3. Les systèmes de micro-irrigation :	23
B. Efficience des systèmes d'irrigation :	25
C. Comparaison des méthodes d'irrigation :	26
II. Irrigation modernes	27
1. Système d'irrigation intelligent (automatique) :	27
2. Types des contrôleurs d'irrigation intelligent :	27
a) Boucle de régulation ouverte :	27
b) Boucle de régulation fermée :	28
c) Irrigation intelligente basée sur Arduino Uno :	28
3. Les avantages d'irrigation intelligente :	29
3.6.1. la culture cultivée :	29

1.Choix de l'emplacement :	30
2.Préparation du sol :	30
3.Sélection des variétés :	30
4.Plantation des graines ou des plants :	30
5.Espacement :	30
6.Arrosage :	30
Conclusion :	31
Chapitre 2 : Matériels et logiciel utilisés	33
Matériels et logiciel utilisés	33
1.Introduction :	33
2.Présentation du cahier des charges :	33
3.Les outils matériels :	34
3.1.CarteArduino:	34
3.1.1.TypesdecarteArduino:	34
3.1.2ChoixdelacarteArduino:	35
3.1.3.Carte Arduino mega 2560 :	35
3.1.4.Caractéristiques techniques :	36
3.1.4 Diagramme de brochage :	37
3.2. Laplatine d'expérimentation(breadboard)	39
3.2. Capteur d'humidité du sol :	39
3.2.1.Domains d'applications :	40
3.6.batterie 4,5 v :	43
Chapitre 3 : Réalisation d'un système d'irrigation intelligent.....	49
1. Introduction :	49
2. L'objectif de notre projet :	49
3. Plantation du piment dans notre maquette du Projet:	49
4.Programmation du système d'irrigation :	51

5.Analyse et discussion des résultats	51
6.Conclusion :.....	57
Conclusion.....	59
Référence bibliographique.....	62

Liste des figures

Figure 1: irrigation par ruissellement	18
Figure 2 : irrigation par planches.....	19
Figure 3 : irrigation par la raie	20
Figure 4: irrigation par bassins	21
Figure 5: irrigation par aspersion.....	22
Figure 6 : Les deux piments vert et rouge (poivron)	29
Figure 7: Quelques types des cartes Arduino.	34
Figure 8 : Carte Arduino Mega 2560.	36
Figure 9: brochage de la carte Arduino Mega 2560.	37
Figure 10 : Logiciel IDE de l'Arduino	38
Figure 11: une plaque d'essai.....	39
Figure 12: Capteur d'humidité du sol.	40
Figure 13 : L'afficheur LCD.	41
Figure 14: module relais 5v.	42
Figure 15 : Pompe à eau 3V	43
Figure 16 : batterie 4,5 v.....	43
Figure 17 : teste de système.....	44
Figure 18 : diagramme brochage	46
Figure 19: Affichage des données	47
Figure 20 : Semis de piment en les alvéoles.....	50
Figure 21 :Transplantation de piment dans la maquette.....	50
Figure 22:programation d'acquisition	51
Figure 23 : l'irrigation automatique	52
Figure 24 : l'humidité massique en fonction les valeurs de capteur	56

Liste des tableaux

Tableau 1 : Valeur en % de l'efficience au champ.....	24
Tableau 2: caractéristiques d'une Arduino mega 2560.	36
Tableau 3 : consommation d'eau.....	52
Tableau 4 : l'humidité massique en fonction les valeurs de capteur 55	55

Introduction

Introduction

Nous sommes de plus en plus conscients que le développement d'un pays ne repose plus uniquement sur la quantité de matières premières et de ressources naturelles disponibles, mais sur sa capacité à les valoriser.

La crise économique mondiale a mis en évidence la vulnérabilité des économies basées sur les hydrocarbures et a forcé la recherche de nouveaux secteurs pour contribuer au développement du pays.

Cependant, le secteur agricole n'a pas développé toutes les ressources associées au secteur agricole en Algérie et a bénéficié de tous les moyens nécessaires à son développement.

L'introduction de nouvelles technologies et la sensation du manque d'une ressource vitale, pivotés autour de l'eau potable, nous mène la pensée à concevoir une agriculture intelligente et à la modernisation des pratiques agricoles classiques. Certaines tâches fastidieuses, voir même impossibles pourront être assurées de manière automatique, fin d'augmenter et d'améliorer le rendement des agricultures

Une irrigation consiste en un apport artificiel d'eau douce sur des terres à des fins agricoles, c'est donc une forme de précipitation artificielle utilisée pour favoriser la croissance des cultures agricoles, l'entretien des paysages, et la végétalisation des sols perturbés dans les zones arides et pendant les périodes de pluies insuffisantes; Mais une irrigation inadaptée ou mal conçue peut être une source de beaucoup de problèmes tels qu'une irrigation excessive ou déficiente et le lessivage des sols. . De plus, il y a eu des problèmes tels que le faible rendement agricole en raison des problèmes ci-dessus.

À l'ère de la technologie et de l'électronique, le niveau de vie humaine est intelligent, simple, plus facile et plus pratique. Afin d'assurer plus de confort aux agricultures et diminuer les problèmes cités, l'idée est d'exploiter la technologie et créer un système d'arrosage automatique des plantes, ce système fournit également la commande à distance. Beaucoup de gens rencontrent des problèmes d'arrosage de leurs plantes du jardin, surtout lorsqu'ils sont loin de chez eux et dans les périodes des voyages. Ce travail devient pour résoudre ces soucis et assurer la continuité d'arrosage et de la vie des plantes. Le prototype de d'irrigation à distance qui sera réalisé comprendra divers capteurs nécessaires pour les

Introduction

agriculteurs à savoir la température, l'humidité, la pluie, le feu, l'humidité du sol et le débit et la quantité d'eau consommée. Ce mémoire sera présenté en trois chapitres principaux :

- Le 1^{ère} chapitre : Chapitre 1 Généralités sur l'irrigation et la crise mondial d'eau.
- Le 2^{ème} chapitre : Description de l'Arduino et les différents capteurs.
- Le 3^{ème} chapitre : Réalisation d'un système d'irrigation intelligent.

La mémoire se termine par une conclusion générale et perspectives.

Chapitre 1 :

Généralités sur l'irrigation.

Chapitre 1 : Généralités sur l'irrigation.**I. Irrigations classiques :**

Où l'agriculteur puise l'eau par lui-même ou par des pompes ou des animaux dans des puits ou des canaux, et elle est transportée et distribuée de manière simple et primitive. Il se caractérise par son faible coût mais sa faible efficacité en raison de la mauvaise répartition de l'eau entre les plantes et de la grande perte et du gaspillage d'eau dans les méthodes d'irrigation traditionnelles.

A. Les techniques d'irrigation agricole :

Le 9 October 2015 par Rachel Barta, Broner, Joël Schneekloth and Reagan Waskom, Colorado High Plains Irrigation Practices Guide [1]

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. Les systèmes d'irrigation de surface :

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

- irrigation par ruissellement
- irrigation par planches
- irrigation à la raie
- irrigation par bassins

Les deux caractéristiques qui distinguent l'irrigation de surface des autres techniques d'irrigation sont que l'eau s'écoule librement sous l'action de la gravité et que les moyens sur le terrain de transport et de distribution sont la surface du champ (Walker, 1989). [1]

a) irrigation par ruissellement

L'eau d'irrigation est apportée par ruissellement à partir des fossés du champ sans vrai contrôle par des digues ou par d'autres méthodes limitant le mouvement de l'eau (Schwab et al 1993) [1]. Cette façon de faire est souvent comparée à une inondation sauvage. Bien que ces méthodes soient intéressantes pour leur faible coût initial et pour le travail demandé, elles ne le sont pas pour leur faible efficacité et leur faible uniformité. Cette méthode est généralement utilisée sur les terrains vallonnés lorsqu'il n'est pas possible d'implanter des planches, des bassins ou des raies et où l'eau à apporter est suffisante.



Source : [Explications , exemples, photographies sur l'arrosage gravitaire en particulier dans les départements 04 et 05 \(canaldeventavonstrophez.fr\)](http://canaldeventavonstrophez.fr)

Figure 1: irrigation par ruissellement

b) Irrigation par planches

L'irrigation par planches est l'apport d'eau sur des longues parcelles en pente et rectangulaire avec des conditions de drainage à l'extrémité basse du champ. Les planches sont disposées dans le sens de la plus grande pente, 30 à 65 pieds de large, 300 à 1300 pieds de long avec de petites levées de terre entre les bandes pour canaliser l'eau durant l'irrigation (Schwab et al., 1993) [1]. Le terrain entre les planches doit être nivelé perpendiculairement à la direction de l'eau. L'irrigation par planche convient très bien pour la plupart des types de cultures et de sol mais elle est favorisée par les sols ayant une vitesse d'infiltration lente et les cultures qui tolèrent un flaquage prolongé. Dans le

Colorado, l'irrigation par bassin est principalement utilisée sur des cultures denses comme la luzerne, l'herbe et les céréales basses mais pas sur les cultures en ligne.



Source : https://canaldeventavonsttropez.fr/wp-content/uploads/2022/05/caracoles_800x600-768x576.webp

Figure 2 : irrigation par planches

c) Irrigation à la raie

Alors qu'avec les autres techniques d'irrigation de surface l'eau recouvre la totalité de la parcelle, l'irrigation à la raie ne couvre qu'un cinquième ou la moitié de la surface. Les raies dont la taille varie, peuvent être placées dans le sens de la pente ou selon les courbes de niveau. De petits sillons peu profonds, appelés corrugations, sont typiquement utilisés pour les cultures denses telles que les céréales basses et la luzerne. Les raies plus larges et plus profondes conviennent pour les cultures en ligne comme le maïs.

Par rapport aux autres techniques d'irrigation de surface, l'irrigation à la raie permet, sur l'exploitation, de gérer l'eau avec plus de flexibilité. Le débit unitaire est considérablement réduit et cette technique peut être pratiquée avec des pentes allant jusqu'à 12% si les raies sont placées selon les courbes de niveau avec un débit dimensionné pour être non érosif. Si les raies ne sont pas disposées selon les courbes de

niveau, la pente maximale recommandée est de 3% ou moins. Avec cette technique d'irrigation, la surface mouillée plus petite diminue les pertes par évaporation. Les raies offrent plus de possibilités à l'irrigant de gérer de façon plus efficace les irrigations lorsque, en cours de saison, les conditions sur la parcelle varient. Cependant, l'irrigation à la raie n'est pas toujours efficace et un ruissellement important peut se produire si un débit d'entrée constant est maintenu pendant l'arrosage. Différentes méthodes, telles que l'arrosage à deux débits ou l'irrigation par vague peuvent être utilisées pour réduire le ruissellement.



Source : <https://canaldeventavonsttrophez.fr/wp-content/uploads/2022/05/Irrigation-Raie-Transirrigation-Surface-800x600.webp>

Figure 3 : irrigation par la raie

d) Irrigation par bassins

Les bassins sont généralement de forme rectangulaire, nivelés et entourés par une digue pour éviter le ruissellement. La mise en eau des bassins est généralement ni dirigée, ni contrôlée et elle peut être efficace si un débit important est disponible pour recouvrir rapidement la parcelle (Schwab et al., 1993) [1]. Quelques cultures et types de sol ne se prêtent pas à l'irrigation par bassins et elle convient mieux aux sols peu filtrants et aux cultures denses à enracinement profond (Walker 1989) [1]. Le nivellement du terrain est

très important pour obtenir une uniformité et une efficacité élevées pour toutes les techniques d'irrigation de surface.



Source : [https://canaldeventavonsttropez.fr/wp-content/uploads/2022/05/Irrigation terrasse 800x600.webp](https://canaldeventavonsttropez.fr/wp-content/uploads/2022/05/Irrigation%20terrasse%20800x600.webp)

Figure 4: irrigation par bassins

2. L'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion est un moyen polyvalent pour arroser n'importe quels types de cultures, de sols et de topographies (Schwab et al., 1993) [1,4]. Elle peut être efficace dans des conditions de sols ou de topographies pour lesquelles les méthodes d'irrigation de surface ne le sont pas. En général les systèmes sont définis selon le type de déplacement des rampes sur lesquelles sont fixés différents types d'asperseurs. Les rampes sont fixes ou mobiles. Dans ce dernier cas elles sont déplacées manuellement ou mécaniquement. L'irrigation par aspersion a une efficacité élevée mais pose des problèmes dus aux exigences en main d'œuvre et aux coûts d'investissement.

Les rampes déplacées manuellement nécessitent les investissements les plus faibles mais un besoin en main-d'œuvre très élevé. Ce système ne peut être utilisé que sur les cultures à faible développement.

Les rampes de type side-roll utilisent la canalisation d'irrigation comme axe pour des roues de grand diamètre séparées les unes des autres de 40 pieds. Entraînées par un moteur thermique, elles nécessitent ainsi moins de travail que lors d'un déplacement manuel. Ce système doit être utilisés sur des cultures qui n'interfèrent pas avec le déplacement de la rampe ou avec le fonctionnement des asperseurs.

Un pivot est constitué par une canalisation tournant autour d'un point pivot central sous l'action de la pression d'eau, de moteurs électriques ou de moteurs hydrauliques à huile (Schwab et al. 1993). [1]

Différents types de buses, à différentes hauteurs et avec différentes pluviométries peuvent être utilisés sur les pivots. Pour avoir la meilleure efficacité possible, le choix des asperseurs doit correspondre aux conditions de sol.

Les rampes frontales utilisent des structures semblables à celles des pivots mais dans le champ elles se déplacent parallèlement à elles-mêmes. Dans le cas de la couverture intégrale les asperseurs sont installés sur l'ensemble de la parcelle et tous ou seulement quelques-uns fonctionnent en même temps.

Les pivots correspondent au système d'aspersion le plus communément utilisé dans les High Plains au Colorado. Les asperseurs utilisés vont des anciens asperseurs à batteur aux sprays plus modernes avec un grand nombre d'applications et de positionnements (Howells 2003). [1]



Source : <https://thumbs.dreamstime.com/z/jet-automatique-d-irrigation-de-jardin-30857244.jpg?w=992>

Figure 5: irrigation par aspersion

3. Les systèmes de micro-irrigation :

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) [1]. 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 (SDI).

Les micro-asperseurs comprenant, les mini diffuseurs, les microdiffuseurs et les brunisseurs correspondent à des petits distributeurs placés sur de petits tubes allongés au-dessus de la surface du sol. L'eau projetée dans l'air parcourt une faible distance avant d'atteindre le sol. Avec cette technique, la faible surface mouillée par le distributeur est contrôlée aisément avec exactitude et peut présenter différentes formes correspondant aux types d'arrosage choisis. Les installations d'irrigation par micro-asperseurs permettent de pratiquer la lutte antigel, d'avoir une plus grande flexibilité lors des arrosages et une sensibilité plus faible au colmatage.

Les systèmes goutte à goutte apportent l'eau directement sur ou dans le sol (SDI) et ne mouillent qu'une partie seulement du sol. Ils présentent des avantages car l'eau est apportée directement ou juste à côté de la zone racinaire des plantes minimisant ainsi les pertes par percolation et réduisant ou supprimant la surface mouillée permettant à l'eau de s'évaporer et éliminant les pertes par ruissellement. Ils réduisent également l'utilisation de l'eau par les mauvaises herbes et fonctionnent à très faible pression. Les systèmes de micro-irrigation arrosent selon une fréquence élevée créant ainsi dans le sol des conditions d'humidité optimales pour la plante. Avec une gestion appropriée, la micro-irrigation économise de l'eau car celle-ci est apportée en faible quantité uniquement dans la zone racinaire ce qui évite les pertes par percolation profondes, l'utilisation de l'eau par des adventices ou l'évaporation à partir de la surface du sol. De plus, tout en étant très efficace une installation d'irrigation goutte à goutte bien conçue demande peu de main-d'œuvre. On constate également un accroissement des rendements des cultures car le niveau élevé, temporaire, de l'humidité du sol, nécessaire pour satisfaire les besoins en transpiration de la plante, est maintenu (Colaizzi et al, 2003). [1, 4]

Tableau 1 : Valeur en % de l'efficience au champ

Systèmes d'irrigation	Efficience au champ (en %)
Systèmes d'irrigation de surface	
Irrigation à la raie (incliné)	50-80
Avec réutilisation des eaux en aval	60-90
Irrigation à la raie (horizontale)	65-95
Irrigation par planche	50-80
Bassins plats	80-95
Aspersion (sauf pivots)	
Aspersion avec déplacement	60-85
Side Roll	60-85
Canon déplaçable	55-75
Rampes Frontale	
Sprays (alimentation par tuyau)	75-95
Sprays (alimentation par canal)	75-95
Pivots	
Asperseurs à batteur avec canon d'extrémité	75-90
Spray sans canon d'extrémité	75-95
Système LEPA sans canon d'extrémité	80-95
Systèmes de micro irrigation	
Goutte à goutte de surface	70-95
Goutte à goutte enterré (SDI)	75-95
Micro asperseurs	70-95

Source : Howells (2002) [2]

Les principaux inconvénients de la micro-irrigation sont des coûts initiaux élevés et les risques de bouchage du système, tout particulièrement les distributeurs. Dans certains cas, le travail peut être très important lors de la détérioration de certains composants de l'installation par les rongeurs. Une bonne conception, une bonne exploitation et une maintenance suivie peuvent supprimer beaucoup de ces problèmes. L'irrigation goutte à goutte enterrée s'est beaucoup développé dans les High Plains du Colorado.

B.Efficience des systèmes d'irrigation :

Il existe de plusieurs termes pour décrire l'efficience des performances d'un système d'irrigation. L'efficience au champ ou lors des apports est définie par :

$$E_f = 100 W_s / W_d$$

W_s = eau stockée dans le sol au niveau de la zone racinaire lors de l'irrigation

W_d = eau apportée sur le champ lors de l'irrigation.

La différence entre l'eau stockée dans la zone racinaire W_s et la quantité d'eau apportée sur la parcelle est l'eau perdue par percolation profonde, ruissellement ou évaporation. Plus spécialement, l'efficience au champ prend en compte toutes les pertes par évaporation ou ruissellement à partir de la surface des canaux ou des raies, toutes les fuites des asperseurs ou des canalisations goutte à goutte, la percolation au-delà de la zone racinaire, l'eau des asperseurs entraînée par le vent, l'évaporations des fines gouttes dans l'air et le ruissellement hors du champ (Howell, 2002). Pour plus d'informations sur les différents composants des pertes d'eau pour l'irrigation de surface, l'aspersion et la micro irrigation voir Roger et al. (1997). Les quantités et les types de pertes d'eau qui apparaissent dans le transfert de l'eau entre la source et l'endroit où l'eau est effectivement utilisée dépendent grandement du mode d'irrigation et du système d'apport d'eau utilisé. Le tableau 1 et la figure 4 montrent les efficacités potentielles au champ pour les différents systèmes de distribution. [1, 2, 5]

Les différences entre les efficacités des différents systèmes d'irrigation résulte de variations dans le ruissellement, les percolations profondes et parfois l'évaporation. Mais la différence ne résulte pas de modifications dans la quantité d'eau consommée par la plante (transpiration). Par exemple le passage d'un arrosage à la raie avec une efficience de 65% à un système d'irrigation goutte à goutte enterré performant, de 90% d'efficience, entrainera des économies d'eau de 25%. Ceci résulte essentiellement d'une diminution de la percolation de l'eau en profondeur et du ruissellement, deux éléments très importants dans le cas de l'irrigation à la raie. L'irrigation goutte à goutte enterrée diminue également l'évaporation car, par rapport l'irrigation à la raie, l'eau est apportée en dessous de la surface du sol qui ainsi reste sèche. Mais dans les deux cas, il n'y a pas de différence sur les quantités d'eau consommées pour le développement de la plante. E, la composante

évaporation de l'ET (Evapotranspiration) peut changer mais pas T, la composante transpiration.

Lorsque l'on décide de changer de méthode d'irrigation, les économies d'eau que l'on peut espérer sont égales à la différence entre les valeurs de l'efficacité au champ pour les deux techniques. Augmenter l'efficacité au champ de 10% réduira la quantité d'eau nécessaire pour obtenir les mêmes rendements qu'avec la méthode initiale de 10% si le nouveau système fonctionne correctement. C'est en fin de compte la qualité de la conception de l'installation, sa gestion et sa maintenance qui détermineront le niveau d'efficacité effectif. Ces éléments sont particulièrement importants lorsqu'un agriculteur choisit de changer sa méthode d'irrigation actuelle pour une technique plus économe en eau.

C.Comparaison des méthodes d'irrigation :

Le passage de l'irrigation de surface à l'aspersion est l'une des conversions les plus répandues pour économiser l'eau (Yonts 2002). Les raisons de cette conversion résident dans le fait que les techniques d'irrigation de surface sont intrinsèquement moins efficaces et demandent plus de travail que l'irrigation par aspersion. Cependant avant de faire cette conversion, différents facteurs doivent être pris en compte : les effets sur les rendements, les économies d'eau, de main d'œuvre, d'énergie, l'aspect économique, les conditions climatiques et les caractéristiques du champ. Pour plus d'informations concernant le passage de l'irrigation de surface à l'aspersion voir les références suivantes : Yonts (2002), O'Brien et Lamm (1999), Heermann (1992), Hermann (1991), O'Brien et Lamm (2000), et Rogers (1991). Pour plus d'information concernant le passage de l'irrigation par aspersion au goutte à goutte enterré, voir les références suivantes : Lamm et al. (2003) et O'Brien et al. (1998). [1,5]

Pour choisir une méthode d'irrigation, l'agriculteur doit connaître les avantages et les inconvénients des différentes méthodes. Malheureusement dans bien des cas, il n'existe pas une unique bonne solution car toutes les méthodes ont leurs avantages et leurs inconvénients (Brouwner et al.). Le tableau 2 présente une comparaison des différentes méthodes d'irrigation en fonction du site et des facteurs de situation (adapté de Schwab et al., 1993). Il présente également les avantages et les inconvénients d'une technique d'irrigation par rapport à une autre. Tous ces éléments doivent être pris en compte avant

d'effectuer la conversion vers une technique plus efficace. Si un système d'irrigation n'est pas particulièrement bien adapté à une situation donnée, il peut ne pas être plus efficace ou ne pas économiser plus d'eau que la méthode d'irrigation initiale.

II.Irrigation modernes

1. Système d'irrigation intelligent (automatique) :

L'irrigation dans les systèmes de culture agricoles étant le secteur le plus important en termes de gestion et d'utilisation de l'eau, la maîtrise des dépenses en eau demeure un enjeu majeur des industriels et des producteurs indépendants. Plusieurs chercheurs ont conçu des systèmes d'arrosages automatiques à énergie solaire dit "intelligent" [6]. Ces systèmes peuvent réduire la consommation de l'eau dans un champ à 50%. Et aussi minimiser les dépenses en énergie électrique le fait d'utiliser un ensemble de panneaux solaires et de batteries rechargeables, la plate-forme est possédée de divers capteurs d'humidités enfouie dans le sol qui Chapitre 1 Généralité sur les systèmes d'irrigation 12 permet de calculer les besoins réels des sols en eau et réguler le débit en conséquence grâce à d'une petite unité électronique. Ce système permet de contrôler de façon constante et en temps réel des différents paramètres atmosphériques et du sol, et les besoins des plantes[6].

2.Types des contrôleurs d'irrigation intelligent :

Deux types généraux de contrôleurs sont utilisés pour contrôler les systèmes d'irrigation: les systèmes de boucle de régulation ouverte et systèmes de boucle de régulation fermée. Systèmes de boucle de régulation ouverte appliquent une action prédéfinie, comme est fait avec des minuteries d'irrigation simples. Boucles de régulation fermées reçoivent une rétroaction de capteurs, prendre des décisions et d'appliquer les résultats de ces décisions sur le système d'irrigation [5].

a)Boucle de régulation ouverte :

Dans ce système l'opérateur prend la décision sur la quantité d'eau qui sera appliquée et quand l'événement d'irrigation se produira, Cette information est programmée dans le contrôleur et l'eau est appliquée selon le programme désiré. Ceci utilise soit la durée d'irrigation ou le volume spécifique appliqué pour le contrôle. L'arrêt de l'irrigation peut être basé sur un temps pré-réglé ou peut être basé sur un volume spécifique de l'eau passant par un compteur de débit. Ce système est généralement peu coûteux et facilement

accessible à partir d'une variété de Fournisseurs, mais son inconvénient est incapacité à répondre automatiquement à l'évolution des conditions dans l'environnement [5].

b) Boucle de régulation fermée :

Dans ce système l'opérateur développe une stratégie générale de contrôle. Une fois que la stratégie générale est définie, le système de contrôle assure et prend des décisions détaillées sur le moment où appliquer l'eau et combien d'eau à appliquer. Ce type de système des décisions d'irrigation sont prises et les actions sont effectuées sur la base de données de capteurs. Contrôleurs en boucle fermée nécessitent l'acquisition de données de paramètres environnementaux (tels que l'humidité du sol, la température, le rayonnement, la vitesse du vent, etc.) ainsi que les paramètres du système (pression, débit, etc.) et ils basent généralement leurs décisions d'irrigation sur les capteurs qui mesurent l'humidité du sol, la température, et d'autres données climatiques pour estimer les besoins en eau d'une culture [5].

c)Irrigation intelligente basée sur Arduino Uno :

Les capteurs sont choisis pour leur coût quasiment faible et leur fiabilité. En plus, il y a une grande nécessité de maîtriser la technologie et de bénéficier des avantages qu'elles offrent et surtout pour l'irrigation. Le but principal de ce système est de présenter une solution complète d'irrigation pour l'agriculteur à la base de réseau de capteurs sans fil. Son principe est de créer un système d'irrigation automatisé. Il possède différents paramètres pour mesurer la quantité efficace de l'eau nécessaire par les plantes. Cette technologie consiste à utiliser des capteurs d'humidité du sol et de température à faible coût ayant consommation de puissance réduite placés dans la zone des racines des plantes, selon la valeur que l'irrigation est contrôlée, ceci n'est rien d'autre qu'un système d'irrigation commandé par un programmeur (Arduino uno), l'irrigation est déclenchée automatiquement par le programmeur aux jours et heures voulus, pour la durée programmée, sans intervention humaine[4].

3. Les avantages d'irrigation intelligente :

L'irrigation à base de capteurs augmente l'efficacité de l'irrigation, tout en bénéficiant de l'environnement. D'où l'utilisation de l'accès sans fil pour les opérations d'irrigation offre beaucoup plus de potentiel pour un gain de temps et le coût des agriculteurs dans la gestion de l'eau des cultures. En outre il y a le contrôle sur vos besoins d'irrigation et de gagner plus de profit dont l'utilisation efficace de l'eau [4]. L'importance de l'irrigation dans le monde est définie par N.D Gulhati un indien : « L'irrigation est dans beaucoup de pays est un art ancien – aussi que la civilisation – mais pour le monde entier c'est une science moderne, la science de survie » [7]

3.6.1. la culture cultivé :

La culture du piment, également appelée la culture du poivron, est une pratique courante dans de nombreuses régions du monde en raison de la popularité des piments et des poivrons dans la cuisine internationale.



Source : <https://www.willyhaeck.com/wp-content/uploads/2017/03/piment%20doux-300x254.jpg>

Figure 6 : Les deux piments vert et rouge (poivron)

La classification botanique des piments (*Capsicum* spp.) est la suivante :

Règne : Plante (Règne végétal)

Ordre : Solanales

Division : Magnoliophyta (plantes à fleurs) **Famille :** Solanaceae (famille des solanacées)

Classe : Magnoliopsida (dicotylédones) **Genre :** Capsicum

Voici les étapes de base pour cultiver des piments avec succès :

1. Choix de l'emplacement :

Les piments ont besoin de beaucoup de soleil pour pousser. Choisissez un emplacement en plein soleil dans votre jardin ou sur votre balcon.

2. Préparation du sol :

Le sol doit être bien drainé et riche en matière organique. Vous pouvez ajouter du compost ou du fumier bien décomposé au sol pour améliorer sa qualité.

3. Sélection des variétés :

Il existe de nombreuses variétés de piments, chacune ayant son propre niveau de chaleur et de saveur. Choisissez la variété qui correspond le mieux à vos préférences.

4. Plantation des graines ou des plants :

Vous pouvez cultiver des piments à partir de graines ou acheter des plants déjà établis. Si vous utilisez des graines, commencez par les semer à l'intérieur quelques semaines avant la dernière date de gel prévue. Transplantez les plants une fois qu'ils ont atteint une taille appropriée.

5. Espacement :

Plantez les piments à une distance d'environ 30 à 60 centimètres les uns des autres, en fonction de la taille de la variété.

6. Arrosage :

Les piments ont besoin d'un arrosage régulier pour maintenir le sol humide, mais veillez à ne pas trop les arroser.

7. Récolte :

Les piments peuvent être récoltés lorsque leurs couleurs sont vives et qu'ils ont atteint la taille souhaitée. Vous pouvez les couper à l'aide de ciseaux ou d'un couteau. Portez des gants en caoutchouc lorsque vous manipulez des piments forts pour éviter tout contact avec la peau ou les yeux.

Conclusion :

Ce chapitre introductif a été consacré à un rappel théorique sur les systèmes d'irrigations. Il existe différents types d'irrigation comme l'irrigation de surface, l'irrigation localisée, irrigation goutte à goutte, l'irrigation par aspersion et l'irrigation intelligente qui est une technologie très utile pour l'économie de l'eau ce qui garde le monde en vie. .a la fin on a présenté la culture cultivé dans notre Project.

Chapitre 2 :

Matériels et logiciel utilisés.

Chapitre 2 :Matériels et logiciel utilisés**Matériels et logiciel utilisés****1. Introduction :**

Ce chapitre présente les outils matériels et l'environnement logiciel utilisés . Développer notre système et ses différentes plateformes d'exécution les pièces.

2. Présentation du cahier des charges :

La mise en œuvre de notre système consiste en une conception basée sur une analyse approfondie de leurs applications afin d'atteindre les objectifs visés. Ceci est nécessaire pour définir le profil des éléments (hardware) aussi bien les caractéristiques que les outils (logiciels et modèle de programmation) qui assurent une meilleure flexibilité et efficacité pendant le fonctionnement.

Le choix des outils doit prendre en compte les paramètres économiques suivants : la taille et la consommation énergétique très réduite, cela pour établir une structure non onéreuse du système à réaliser.

A travers ce chapitre, nous allons d'abord détailler l'architecture globale du système à réaliser, puis expliquer son fonctionnement en l'occurrence celui des différentes composantes le rôle de chaque élément.

Pour la réalisation de notre système d'irrigation intelligent nous avons besoin des éléments suivants :

1. Carte Arduino méga 2560
2. une plaque d'essai
3. Capteur d'humidité de sol (soil moisture sensor).
4. L'afficheur LCD
5. Relai électromécanique
6. Pompe à eau
7. batterie 4,5 v

3. Les outils matériels :

3.1. Carte Arduino:

Définition:

L'Arduino est une carte électronique sur laquelle se trouve un microcontrôleur qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques.

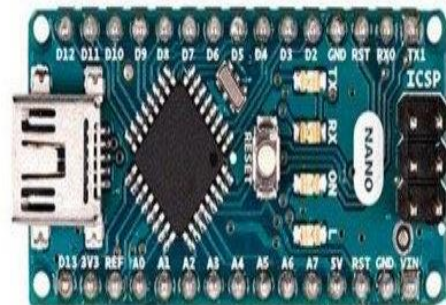
L'Arduino est donc une carte qui se connecte sur l'ordinateur pour être programmée et fonctionner seule si elle est alimentée en énergie. Elle permet de recevoir des informations et des capteurs et de les traiter afin d'exécuter des instructions (récepteurs, servomoteurs, moteurs...).[9]

3.1.1. Types de carte Arduino:

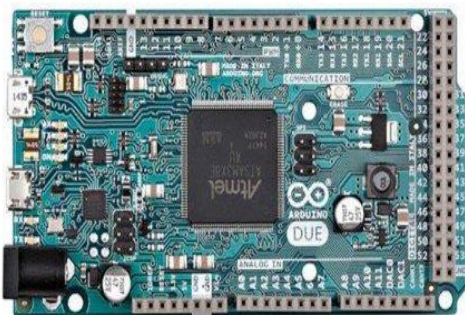
L'Arduino désigne plutôt toute une famille. Le choix de la carte dépend du projet (nombre des capteurs, performances, taille,...). Parmi ces types on cite : Arduino ONE, Arduino Nano, Arduino Due, Arduino Méga et Arduino Leonardo...etc [10].



A. Arduino UNO



B. Arduino NANO



C. Arduino DUE



D. Arduino MEGA

Figure 7: Quelques types des cartes Arduino.

3.1.2 Choix de la carte Arduino :

- Les paramètres à prendre en compte pour vous aider à choisir la carte Arduino sont:
- Le prix, parce que ça sert à rien de payer plus cher que ce qu'on n'a pas besoin !
- La dimension, parce que si c'est plus petit c'est plus facile à faire rentrer au chausse-pied
- Le nombre des entrées et sorties, parce que si on a besoin de 50 entrées sorties il vaut mieux prendre celle convenable
- Le poids, parce que si la réduction du poids est la priorité numéro 1 comme l'application dans les quad rotors, il vaut mieux de prendre la plus légère
- La taille de la mémoire, parce que si on a un programme très grand, on doit choisir le type qui a suffisamment d'espace mémoire
- Les connecteurs disponibles
- Le besoin de soudage des connecteurs, parce que si l'acheteur n'a pas un fer à souder est pas parti que d'acheter les composants dissociés [11].

3.1.3. Carte Arduino méga 2560 :

Est une carte microcontrôleur basée sur l'ATmega2560. Il dispose de 54 broches d'entrée / sortie numériques (dont 15 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 16 entrées analogiques, 4 UART (ports série matériels), un oscillateur à quartz 16 MHz, une connexion USB, une prise d'alimentation, un connecteur ICSP et un bouton de réinitialisation. Il contient tout le nécessaire pour prendre en charge le microcontrôleur; il suffit de le connecter à un ordinateur avec un câble USB ou de l'alimenter avec un adaptateur AC-DC ou une batterie pour commencer. La carte Méga 2560 est compatible avec la plupart des shields conçus pour l'Uno et les anciennes cartes Duemilanove ou Décimal.

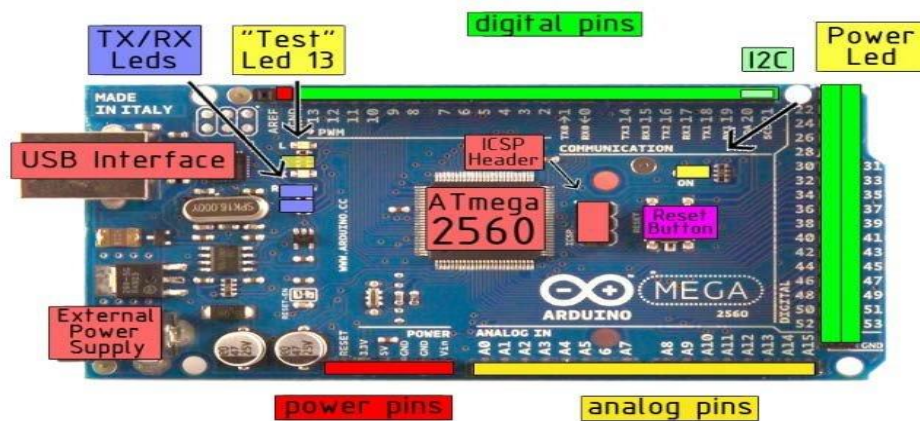


Figure 8 : Carte Arduino Méga 2560.

3.1.4. Caractéristiques techniques :

Microcontrôleur	ATmega2560
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandée)	7-12V
Tension d'entrée (limite)	6-20V
Broches d'E/S numériques	54 (dont 15 fournissent une sortie PWM)
Broches d'entrée analogiques	16
Courant continu par broche d'E/S	20 mA
Courant continu pour broche 3.3V	50 mA
Mémoire flash	256 Ko dont 8 Ko utilisés par le chargeur de démarrage
SRAM	8 Ko
EEPROM	4 Ko
Vitesse d'horloge	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Longueur	101,52 mm
Largeur	53,3 mm
Poids	37

Tableau 2: caractéristiques d'une Arduino mega 2560.

3.1.4 Diagramme de brochage :

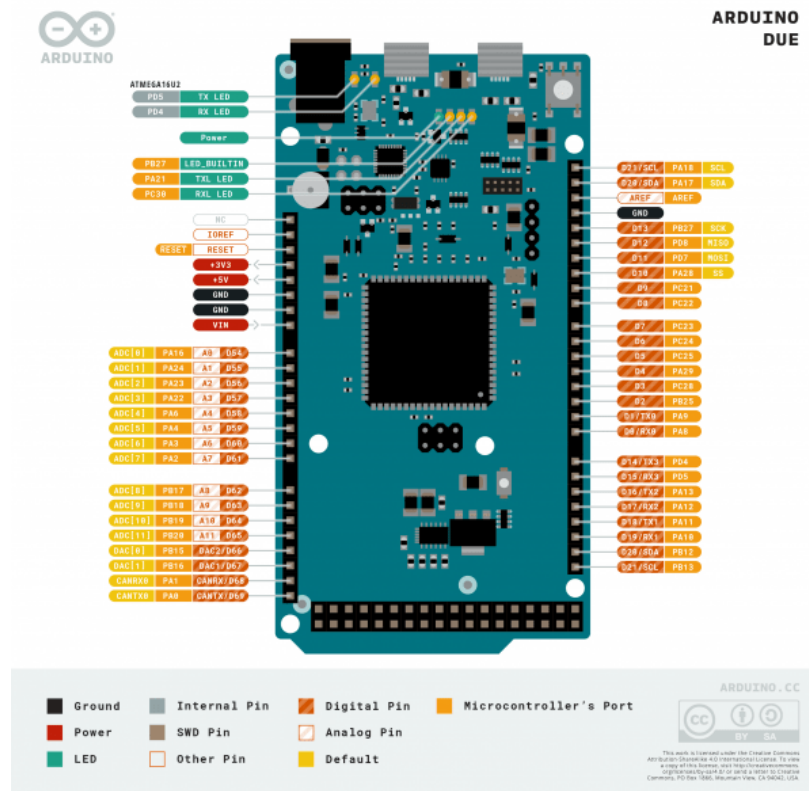


Figure 9:brochage de la carte Arduino Mega 2560.

Les étapes d'utilisation de la carte Arduino :

L'utilisation de la carte Arduino nécessite de suivre les étapes suivantes :

1. On conçoit ou on ouvre un programme existant avec l'IDE Arduino.
2. On vérifie ce programme avec l'IDE Arduino (compilation).
3. S'il y a des erreurs sont signalées, on corrige le programme.
4. On charge le programme correct sur la carte.
5. On câble le montage électronique.
6. L'exécution de programme est automatique après quelques secondes.
7. On alimente la carte soit par le port USB, soit par une source d'alimentation autonome (pile 9 volts par exemple).
9. On vérifie que notre montage fonctionne [13].

Logiciel IDE de l'Arduino :

L'Arduino IDE (Intégrates Développement Environnement) aussi connu sous le nom d'environnement de développement intégré, c'est un logiciel de programmation électronique multiplateforme que vous pouvez télécharger gratuitement pour Windows, Mac et Linux. Le logiciel a été pensé pour être facile d'utilisation y compris pour les débutants en programmation électronique. Notez que l'interface du logiciel est disponible en français et Anglais.

L'interface d'Arduino est très simple. Il s'agit d'une petite fenêtre graphique qui présente en haut un menu principal et au centre un éditeur de texte qui permet d'écrire en langage de programmation .Le langage utilisé pour programmer les cartes Arduino est le C++.

Depuis l'éditeur de texte ,vous pouvez donc saisir votre programme informatique .Vous pouvez également l'enregistrer ,le vérifier ,le compiler et même vous servir du logiciel pour le transférer sur votre matériel Arduino (connecté à votre ordinateur via un câble USB).

vécu le matériel et la programmation fournis par Arduino, vous pouvez créer de nombreux objets de la quotidienne communisation météo, un détecteur de position du soleil (pour panneaux solaires), un système de sécurité, etc. Vous pouvez également vous lancer dans la robotique (petits robots), la création de drones, l'automatisation de divers objets, etc....[14].



Figure 10 :Logiciel IDE de l'Arduino

3.2.La platine d'expérimentation(breadboard)

Une plaque d'essai, aussi connue comme breadboard ou proto board, est un tableau composé d'orifices électriquement connectés entre eux de façon interne. Sur cette plaque on peut insérer les éléments électroniques et les fils pour le montage et prototypage de circuits électroniques. Elle est fabriquée en deux matériaux, un isolant et un conducteur connectant électriquement les orifices entre eux et suivant un modèle horizontal ou vertical. Elle sert à créer et tester des prototypes de circuits électroniques (le disrupteur dimensionnel, 2020).

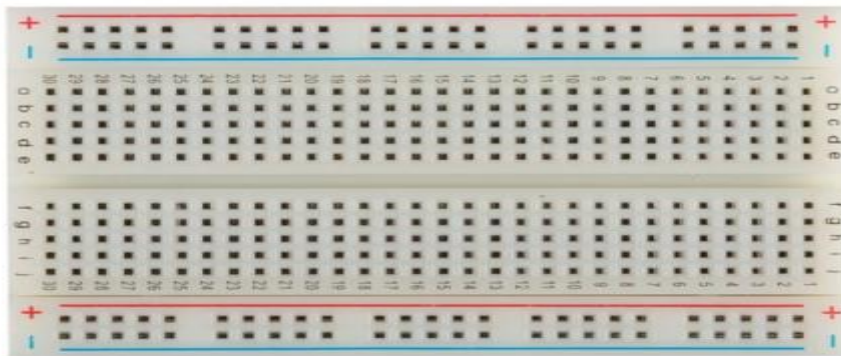


Figure 11:une plaque d'essai

3.2. Capteur d'humidité du sol :

Ce capteur d'humidité du sol est une simple carte de dérivation pour mesurer le sol. Les deux sondes agissent 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 émet 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.

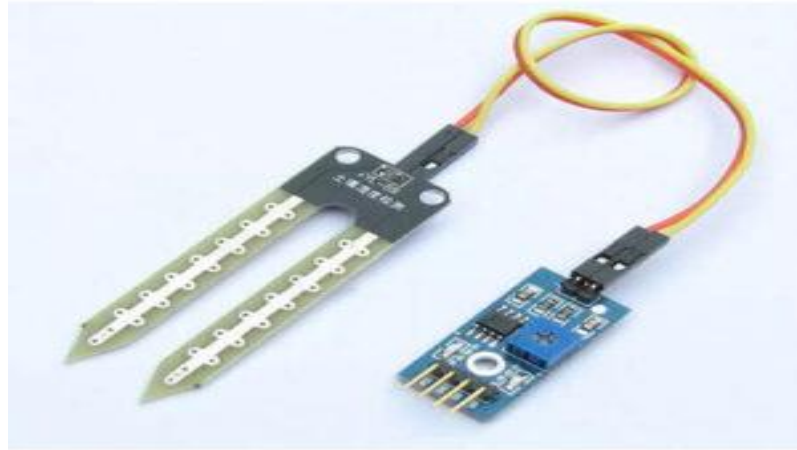


Figure 12: Capteur d'humidité du sol.

3.2.1. 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

3.2.2. 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)

3.2.3. Connexions :

- 1) VCC - 3,3v - 5v alimentation électrique
- 2) GND - GND de l'alimentation électrique
- 3) DO - Broche numérique du microcontrôleur

3.3. L'afficheur LCD :

Cet écran est un dispositif électronique utilisé pour afficher des données et des messages. Il est connu sous le nom d'écran LCD 16x2. Comme son nom l'indique, il comporte 16 colonnes et 2 lignes de sorte qu'il peut afficher 32 caractères ($16 \times 2 = 32$) au total et chaque caractère sera composé de 5×8 (40) points de pixels. Ainsi, le nombre total de pixels de cet écran LCD peut être calculé comme suit : 32×40 , soit 1280 pixels. La couleur des caractères est noire et l'écran a un fond vert. Cela le rend également lisible dans l'obscurité.



Figure 13 : L'afficheur LCD.

3.3.1. Caractéristiques :

- Nombre de caractères : 2 lignes X 16 caractères.
- Tension : 5V DC.
- Taille du module : 80 mm x 35 mm x 11 mm.

- aille de la zone d'affichage : 64,5 mm x 16 mm.

3.2 3.4. Relai électromécanique :

Ce module relais à 1 canal permet de contrôler/commuter facilement avec 5 V une charge élevée .La connexion est accessible grâce à des bornes à vis et peut être facilement connectées à une carte avec des fils. Ce module est conçu pour commuter 1 charge. Il a une large gamme d'applications telles que tous les contrôles MCU, le secteur industriel, le contrôle PLC, le contrôle de la maison intelligente.

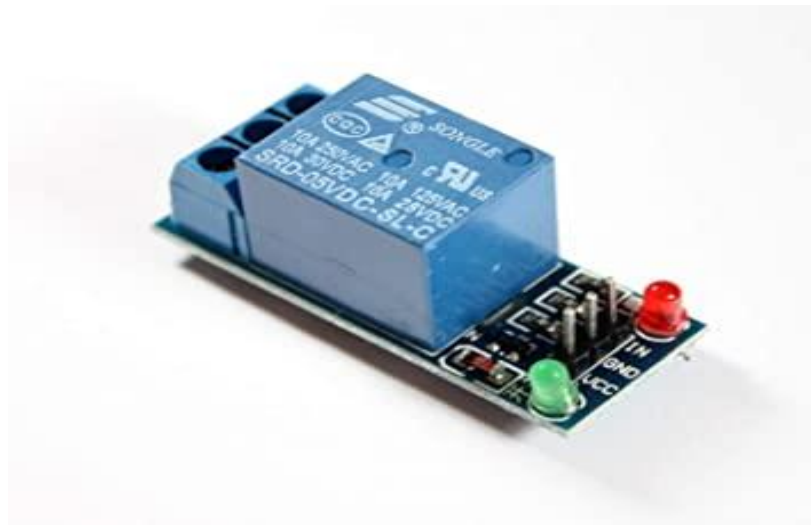


Figure 14: module relais 5v.

3.2.1 3.4.1. Caractéristiques :

- Module relais à 1 canal, 5 V
- Le relai à besoin de 15 - 20 mA pour commuter
- Type de relai : commutateur
- peut être commandé directement avec un microcontrôleur (Rosebery Pi, Arduino, 8051, AVR, PIC, DSP, ARM, MSP430, TTL logic)
- contacts accessibles par des bornes à vis
- LED d'indication de l'état du relai

3.5. Pompe à eau :

Cette pompe submersible va permettre de pomper de l'eau avec un débit de 70 à 120 l/h en fonction de l'alimentation de 3 à 5V.

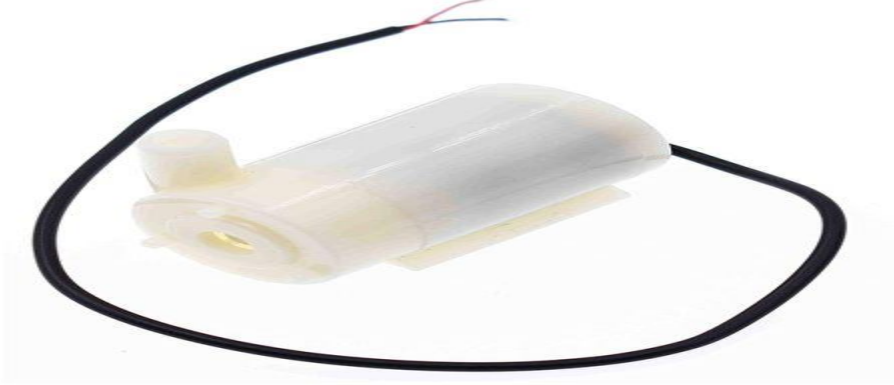


Figure 15 : Pompe à eau 3V

3.5.1. Caractéristiques :

- Alimentation : 3 à 5V
- Consommation : 100 à 200 mA
- Débit : 10 à 120 l/h

3.6. batterie 4,5 v :

Une batterie robuste 4.5V Zinc Carbone avec une capacité de 2000mAh .pour alimenter la pompe d'eau.



Figure 16 : batterie 4,5 v

8. Présentation du projet :

Afin de pouvoir tester le bon fonctionnement de notre système, nous avons réalisé d'une maquette, où nous avons installé les différents outils et les capteurs (soil moisture sensor, LCD, relais, ..) et actionneurs (pompe).

Les figures ci-dessous illustrent le Project avec tous les équipements ainsi que leur branchement avant la mise en place de la culture :

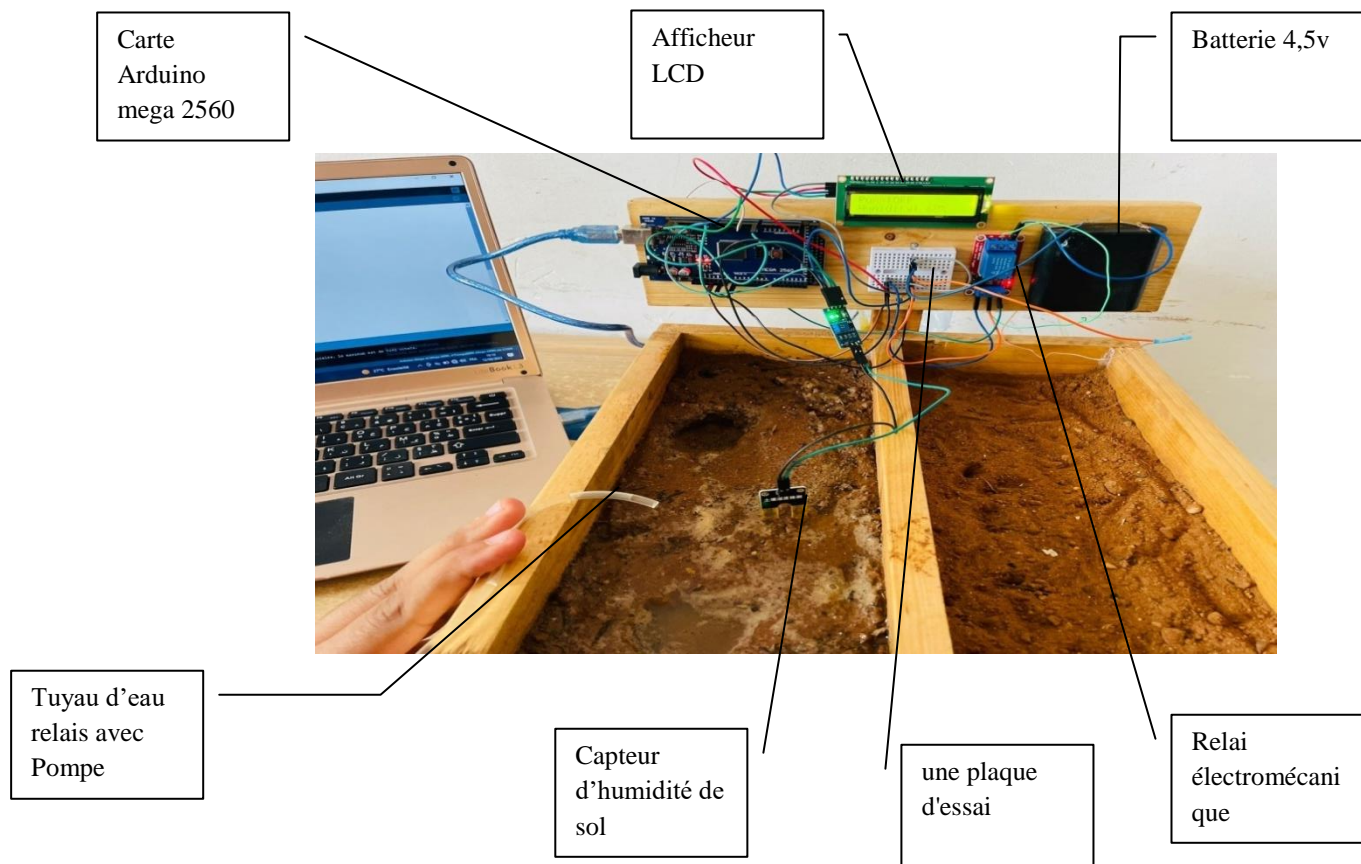


Figure 17 : teste de système

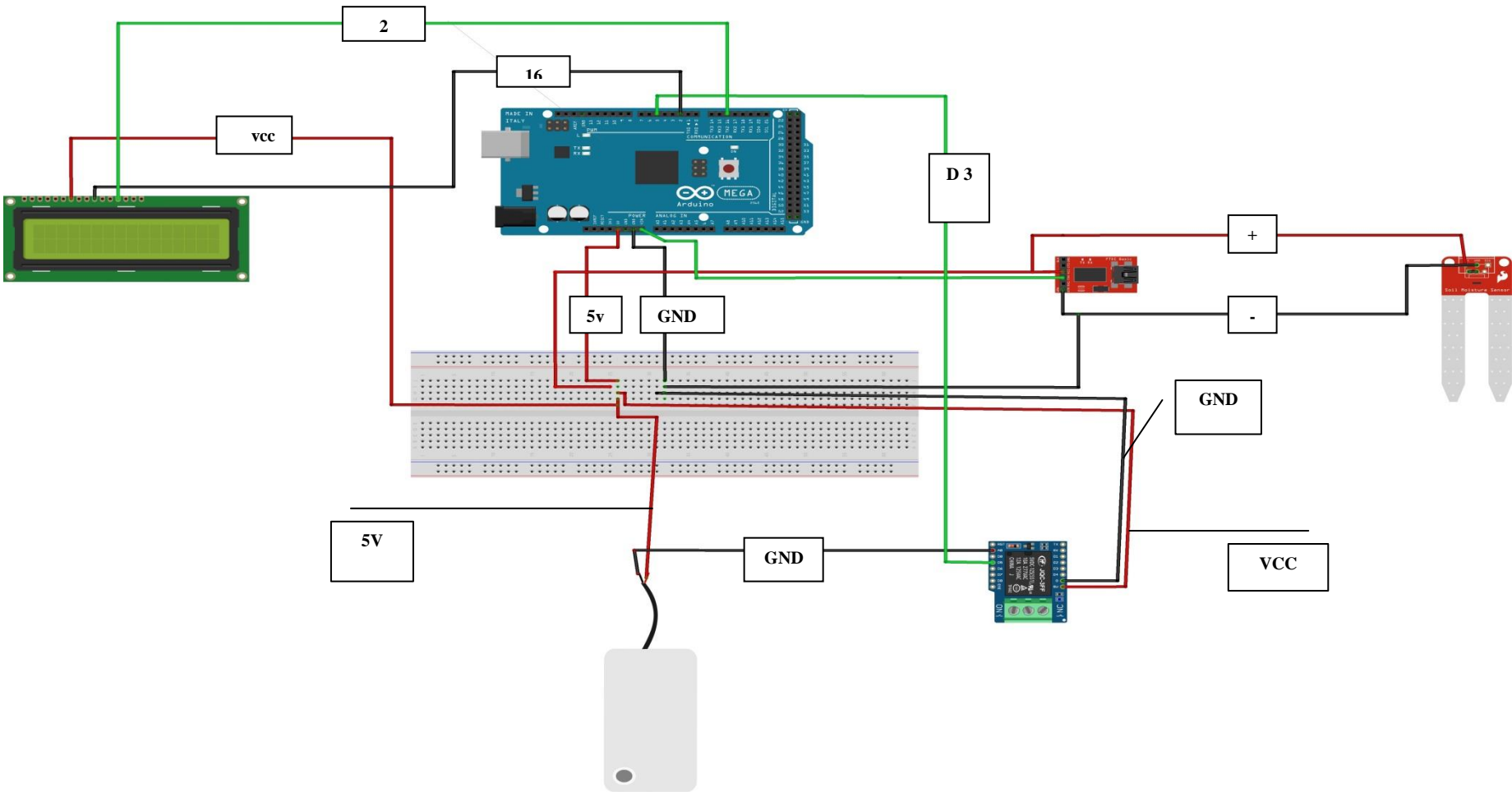


Figure 18 : diagramme brochage

Après le teste du système, Nous avons affiché les différents données des capteur D'humidité du sol(**H_sol**) et la pompe d'eau



Figure 19: Affichage des données

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté une étude détaillée des composants clés qui seront utilisés dans notre projet liés à la conception de systèmes d'irrigation intelligents. Nous avons abordé les caractéristiques de l'Arduino, et son fonctionnement, et nous avons également présenté notre Project et les différents outils (capteur, le relais ..)

Chapitre 3 :

Réalisation d'un système d'irrigation intelligent.

Chapitre 3 : Réalisation d'un système d'irrigation intelligent.**1. Introduction :**

Dans ce chapitre, nous avons mené quelques expériences liées à la consommation d'eau d'irrigation, dans lesquelles nous avons comparé l'irrigation classique et l'irrigation utilisant le système que nous avons créé et dont nous avons présenté les étapes de construction dans les chapitres précédents. Nous nous concentrons maintenant sur le côté pratique de notre étude, comme calculer le pourcentage d'humidité et la quantité de réserve d'eau dans le sol dans lequel nous avons déjà planté des poivrons verts afin d'évaluer les performances de notre structure et d'explorer les possibilités de travailler avec ce système et de réduire la consommation d'eau d'irrigation.

2. L'objectif de notre projet :

- Comparaison entre consommation d'eau pour l'irrigation classique et l'irrigation par notre système d'irrigation intelligente.
- Calculer L'humidité massique pour notre sol.
- Le contrôle de manière précise de l'humidité du sol par le capteur.
- Comparaison entre l'humidité massique et les valeurs mesurées par le capteur.

3. Plantation du piment dans notre maquette du Projet:

La meilleure période de plantation des piments est printemps pour éviter le risque de gel est encore élevé, car ils sont sensibles au froid.

Dans notre cas, nous avons procédé au semis de nos plants de piments dans des plaques alvéolées le 02 JUIN 2023. Cette méthode permet de fournir un bon départ aux jeunes plants en leur offrant un environnement contrôlé et protégé.



Figure 20 : Semis de piment en les alvéoles

Après avoir préparé le sol de notre maquette en creusant des trous avec suffisamment d'espace entre eux, nous avons délicatement retiré les plants de piment des plaques alvéolées, en veillant à ne pas endommager leurs racines. Ensuite, le 15 juin 2023, nous les avons transplantés dans la maquette dans les deux zones, garantissant ainsi leur bonne croissance et développement futurs et pour contrôler la consommation d'eau dans chaque zone.

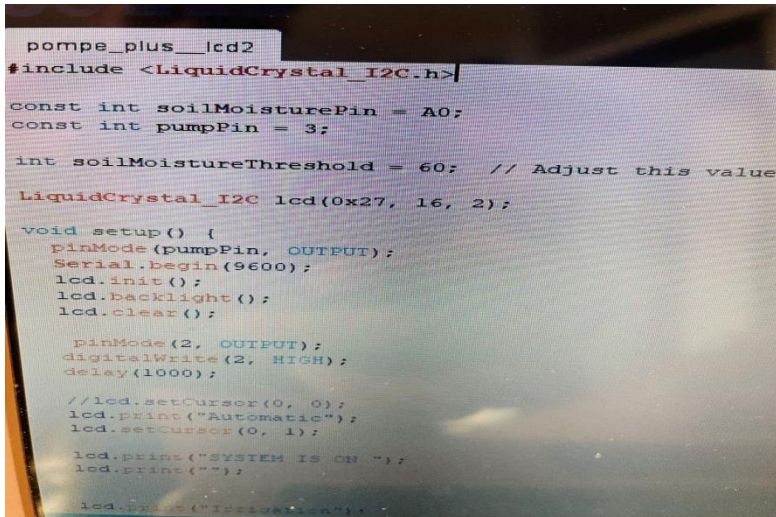


Figure 21 : Transplantation de piment dans la maquette

Une fois les plants de piments correctement transplantés, nous avons fait une essai de notre système d'irrigation intelligent.

4. Programmation du système d'irrigation :

Après avoir mis en place notre système nous avons écrit un programme dans logiciel Arduino IDE pour contrôler l'humidité du sol par le capteur pendant la plage de mesure (0=100 % humidité) et (1023=0 % humidité), Puis Contrôler la pompe d'eau avec les mesures de capteur (60 % > la valeur mesuré) la pompe ON et (60% < la valeur mesuré) la pompe OFF .



```

pompe_plus_lcd2
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

const int soilMoisturePin = A0;
const int pumpPin = 3;

int soilMoistureThreshold = 60; // Adjust this value

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

void setup() {
  pinMode(pumpPin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();

  pinMode(2, OUTPUT);
  digitalWrite(2, HIGH);
  delay(1000);

  //lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Automatic");
  lcd.setCursor(0, 1);

  lcd.print("SYSTEM IS ON ");
  lcd.print("");

  lcd.print("Humidity: ");
  
```

Figure 22: programmation d'acquisition

L'IDE de l'ARDUINO MEGA. Le schéma électrique et les branchements du système automatisé de collecte et contrôle des données sont présentés dans Figure 18 : diagramme brochage tandis que le programme d'acquisition, de contrôle et d'ajustement est présenté dans l'Annexe A.

5. Analyse et discussion des résultats

Dans le cadre de notre étude, nous avons posé une question à un agriculteur sur l'irrigation des plants de poivrons. Il a dit : Nous l'arrosons jour après jour. » Ensuite, nous avons divisé le modèle en deux parties égales contenant le même sol et le même nombre de plantes cultivées. La différence entre eux réside dans la nature du système d'irrigation :

Première partie : Celui à gauche de l'écran est un système d'irrigation intelligent figure2.

La deuxième partie : Celle de droite de l'écran est un système d'irrigation classique figure 2.

Expérience 01 :

Après avoir divisé le modèle en deux sections comme mentionné précédemment, nous avons irrigué les deux côtés pendant une période de dix jours, du 15 juin 2023 au 25 juin 2023, en utilisant le principe de l'irrigation classique, jour après jour. En ce qui concerne le système d'irrigation automatique, nous avons programmé le système pour maintenir l'humidité à un niveau de 60 %. Lorsque l'humidité descend en dessous de cette valeur, nous arrosons, en ajoutant à chaque fois la même quantité de 100 ml.



Figure 23 : l'irrigation automatique

Résultats : Après avoir effectué l'expérience ci-dessus, nous avons obtenu les résultats indiqués dans le tableau 01.

Date	IRR INTLG ML	IRR CLASS ML
15\06	100	100
16\06		
17\06		100
18\06	100	
19\06		100
20\06		
21\06	100	100
22\06		
23\06		100
24\06	100	
25\06		100
Totale	400	600

Tableau 3 : consommation d'eau

À travers le tableau, nous remarquons une variation de la consommation d'eau entre les deux systèmes d'irrigation. Le premier système, classique, consomme le plus d'eau, avec

600 millilitres en dix jours. En revanche, le système intelligent ne consomme que 400 millilitres malgré des conditions similaires.

Discussion des résultats :

Il est intéressant de noter cette différence significative dans la consommation d'eau entre les deux systèmes d'irrigation. Cette observation suggère que le système intelligent est plus efficace dans l'utilisation de l'eau par rapport au système classique, même dans des conditions similaires. Il y a plusieurs points à discuter à partir de ces résultats :

Efficacité de la gestion de l'eau : Le fait que le système intelligent consomme moins d'eau que le système classique souligne l'efficacité de la gestion de l'eau dans le premier système. Cela peut être dû à une meilleure régulation de l'irrigation en fonction des besoins réels des plantes, évitant ainsi le gaspillage d'eau.

Économies d'eau : La réduction de la consommation d'eau dans le système intelligent peut entraîner des économies significatives à long terme, notamment en termes de coûts d'eau et de ressources hydriques préservées. Il serait utile de calculer ces économies potentielles pour évaluer l'impact économique du système intelligent.

Expérience 02 :

Après avoir préparé notre système, nous avons mené une deuxième expérience, qui consiste d'abord à faire un trou dans un pot, puis à y mettre 120 g de terre et à ajouter 100 ml d'eau, après laisser reposer 24 heures, puis à mesurer l'humidité à saturation. , et mesurez l'humidité toutes les 3 heures par le capteur, en suit tout en calculant l'humidité massique à chaque mesure.

L'humidité massique, souvent notée HM, est une mesure qui exprime la quantité d'eau présente dans une substance donnée en pourcentage de sa masse totale. C'est une valeur importante dans de nombreux domaines, notamment l'agriculture, l'industrie alimentaire, la météorologie, la construction, etc., car elle peut influencer les propriétés et la qualité des matériaux ou des produits.

Résultats :

Après avoir effectué l'expérience ci-dessus, nous avons obtenu les résultats indiqués dans le tableau 02, Et la figure 03

La formule pour calculer l'humidité massique est la suivante :

Les valeurs de capteur	HM %
544	33
602	28
673	24
714	21
892	18
951	14

Tableau 4 : l'humidité massique en fonction les valeurs de capteur

$$HM(\%) = \frac{\text{masse d'eau}}{\text{masse de solide}} \times 100\%$$

$$HM(\%) = \frac{100}{250} \times 100\%$$

$$HM(\%) = 66\%$$

$$HM(\%) = 33\% \text{ \AA saturation}$$

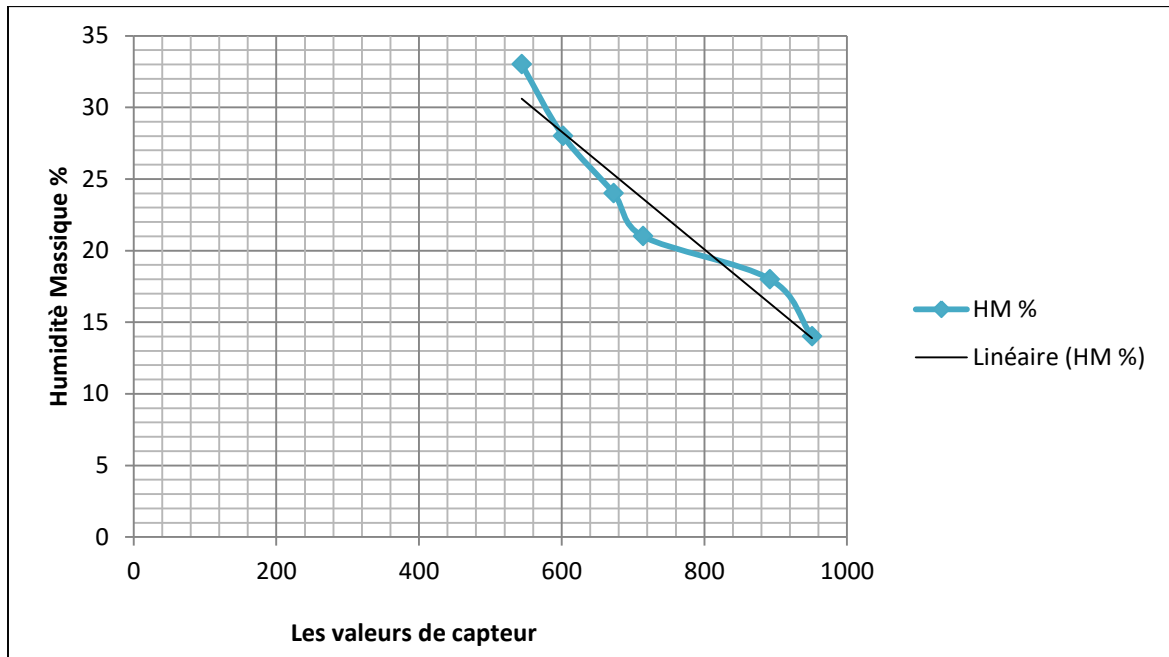


Figure 24 : l'humidité massique en fonction les valeurs de capteure

Discussion des résultats :

A partie de la figure 03 , nous observons que la variation de l'humidité massique en fonction des valeurs du capteur. À chaque diminution des valeurs d'HM, les valeurs mesurées par le capteur augmentent.

Il semble que nous observons une relation inverse entre la variation de l'humidité massique (HM) et les valeurs mesurées par un capteur d'humidité du sol. Plus précisément, lorsque les valeurs de HM diminuent (14%), les valeurs mesurées par le capteur d'humidité augmentent (951). Cette relation est courante dans de nombreux capteurs d'humidité du sol, car ils sont conçus pour détecter l'humidité présente dans le sol.

En général, lorsque la teneur en eau du sol diminue, le sol devient plus sec, ce qui entraîne une diminution de la valeur de l'humidité massique (HM). En réponse à cette diminution de l'humidité, le capteur d'humidité du sol mesure une augmentation de la valeur, car il détecte la diminution de l'humidité dans le sol.

6. Conclusion :

Ces résultats obtenus grâce à notre série d'expérience et les calculs nous ont permis de recueillir des informations précieuses pour affiner notre programme d'irrigation et de gestion de consommation d'eau, adapté aux besoins spécifiques de la culture de piment. Grâce à ces données, nous avons pu développer une approche plus précise et optimisée, ce qui renforce notre confiance dans notre système. En ajustant nos pratiques d'irrigation en fonction des seuils identifiés, nous sommes en mesure de fournir la quantité d'eau nécessaire aux plantes, tout en minimisant les pertes et en réduisant les risques de stress hydrique. Cela contribue à maximiser la productivité et la qualité de nos cultures, tout en favorisant une utilisation efficace des ressources en eau.

Conclusion Générale et Perspectives

Conclusion Générale

Le travail acharné porte toujours ses fruits et donne des bons résultats. Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques et d'acquérir une bonne expérience au niveau de la réalisation pratique. Nous avons également obtenu des compétences particulières en programmation, conception de logiciels IDE, appareils électroniques, capteurs agricoles, côté hydraulique...etc.

L'objectif de ce travail est de créer un système d'irrigation intelligente permet de fonctionner d'une manière manuelle à distance en permettant d'économiser l'eau, assurer le confort et l'efficacité et l'optimisation du système agricole.

Dans le but de réaliser ce travail, nous avons abordé en premier le domaine de l'irrigation et diverse types anciens et nouveaux et aussi on a parler de la plante de piment et leur classification et les étapes de base pour cultiver des piments .

Deuxièmement, nous avons fourni une partie réservée sur les cartes Arduino sont généralement utilisées avant de passer à l'Arduino MEGA et UNO pour la suite du travail.

Nous avons également fourni une description de capteur D'humidité de sol qui sont utilisés dans le système d'irrigation à distance et étudié leur caractéristiques et leur principe de fonctionnement.

Par la suite, nous avons décrit en détail l'équipement nécessaire et les étapes de conception de notre système, Nous avons intégré une pompe d'eau, un relais , une batterie , afficheur LCD ..

Dans l'étape suivante, nous avons réalisé un montage global en connectant le capteur et les matériels précédents à l'Arduino, et en les testant sous un programme global.

Dans la dernière étape, nous avons réalisé des essais pratiques en cultivant des plants de piments dans notre maquette. Puis, deux expériences:

1 er : Sur la consommation d'eau dans les deux systèmes classique et intelligent pour faire la comparaison.

Conclusion Générale et Perspectives

2 Emme: On à calculer l'Humidité massique de notre sol et prendre des mesure par le capteur puis, faire analyse et la Discussion des ces résultats.

Perspectives

- Prendre le temps nécessaire pour faire différentes cultures.
- Analyse approfondi sur la nature de sol.
- Améliorer le système de collecte et de contrôle en ajoutant :
 - Une carte WIFI pour le transfert des données à distance.
 - L'intégration d'autres capteurs pour contrôler l'autre paramètre (Température, l'humidité de l'air, la lumière...).
- Etudié le phénomène de Evapotranspiration.
- Création d'une Start up.

Référence bibliographique

Référence bibliographique

Référence bibliographique

1. Les techniques d'irrigation agricole | Irrigazette vu le 20/06/2023 à 22 :15.
2. Prof. Mohammed AZOUGGAGH « les différents systèmes d'irrigation » .
3. Méthodes d'irrigation et pratiques de conservation utilisées dans les exploitations agricoles canadiennes, 2014
4. Explications , exemples, photographies sur l'arrosage gravitaire en particulier dans les départements 04 et 05 (canaldeventavonsttrophez.fr) vu le 20/06/2023 à 11 :15.
5. Belkacem, L'irrigation intelligente, GDN, 15th Annual Global Development Conference, Ghana, 2014.
6. P. Patil, B.L.Desai, Intelligent Irrigation Control System by Employing Wireless Sensor Networks ,In International Journal of Computer Applications, vol.79, no.11, pp.0975-8887, Octobre 2013.
7. « Agriculture : un arrosage intelligent à énergie solaire »
8. ZERROUKI Mohamed Amine et NESNAS Riadh. / POUR L'OBTENTION DU MASTER 2ACADEMIQUE/UNIVERSITEMOULOUDMAMMERI DETIZI-OUZOU/CONCEPTIONTRÉALISATIOND'UNSYSTÈMEDECOMMANDED'UNEHABITATION/2017/2018.
9. <http://domotics.fr/index.php/2019/02/25/les-differentes-cartes-arduino/>. vu le 23/06/2023 à 09 :18.
10. <https://www.robot-maker.com/ouvrages/tuto-arduino/choisir-carte-arduino-adaptee/2016/2017>. vu le 15/06/2023 à 04:15.
11. <https://www.gotronic.fr/art-carte-arduino-mega-2560-12421.htm.2022> vu le 14/06/2023 à 13:45.
12. Amirasouhila,«Conceptiontréalisationd'un systèméd'irrigationintelligent» (master)/(2019/2020)/ UNIVERSITE MOULOUD MAMMERIDETIZI-OUZOU.
13. [https://www.futura-sciences.com/tech/telecharger/arduino-234.mise a jour20/12/2021](https://www.futura-sciences.com/tech/telecharger/arduino-234.mise%20a%20jour20/12/2021). vu le 14/06/2023 à 22 :15.
14. [Arduino Official Store | Boards Shields Kits Accessories](#) vu le 14/06/2023 à 19:15.
15. [Le plus grand magasin de bricolage électronique en Afrique. | YoupiLab Components](#) . vu le 09/07/2023 à 11:15.
16. [Piment : plantation, entretien - Côté Maison \(cotemaison.fr\)](#) . vu le 09/07/2023 à 15 :15.
- 17.[Le piment : comment le cultiver et l'entretenir au potager ? \(rustica.fr\)](#) . vu le 10/07/2023 à 22 :15.

Annex

Annex :

Programme pour la collecte les mesures d'Humidité et la gestion des données de la système d'irrigation intelligent :

```
const int soilMoisturePin = A0;
```

```
const int pumpPin = 3;
```

```
int soilMoistureThreshold = 60; // Adjust this value based on your soil moisture sensor
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```

```
void setup() {
```

```
    pinMode(pumpPin, OUTPUT);
```

```
    Serial.begin(9600);
```

```
    lcd.init();
```

```
    lcd.backlight();
```

```
    lcd.clear();
```

```
    pinMode(2, OUTPUT);
```

```
    digitalWrite(2, HIGH);
```

Annex

```
delay(1000);
```

```
//lcd.setCursor(0, 0);
```

```
lcd.print("Automatic");
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("SYSTEM IS ON ");
```

```
lcd.print("");
```

```
lcd.print("Irrigation");
```

```
delay(500);
```

```
lcd.clear();
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
int soilMoistureValue = analogRead(soilMoisturePin);
```

```
int humidityPercentage = map(soilMoistureValue, 0, 1023,100,0 );
```

```
if (humidityPercentage >= soilMoistureThreshold) {
```

```
digitalWrite(pumpPin, LOW); // Turn off the pump
```


Annex

```
lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("Pump:OFF ");

} else {

    digitalWrite(pumpPin,HIGH ); // Turn on the pump

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("Pump:ON ");

}

lcd.setCursor(0, 1);

lcd.print("Humidity: ");

lcd.print(humidityPercentage);

lcd.print("%");

delay(1000);
```