

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Ibn Khaldoun de Tiaret
Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Mécanique



MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Electromécanique

Parcours : Master

Spécialité : Maintenance Industrielle

Thème :

Surveillance et maintenance d'un système d'irrigation agricole

Préparé par :

- BOUFARROUDJ Ikram
- SAAD Maroua

Soutenu publiquement le : / 06 / 2023, devant le jury composé de :

| | | |
|----------------------------------|------------------------------------------------|-------------|
| M ^{me} .ASRIAicha | Maître de Conférences "B" (Univ. Ibn Khaldoun) | Président |
| M.BOUREGUIG Kada | Maître de Conférences "B" (Univ. Ibn Khaldoun) | Examinat |
| M ^{lle} .SLIMANI Halima | Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun) | Examinateur |
| M.BEY Mohamed | Maître de Conférences "B" (Univ. Ibn Khaldoun) | Encadrant |

Année universitaire : 2022 - 2023

REMERCIEMENTS

الحمد لله على توفيقه لنا أولا وقبل كل شيء

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce à la participation des plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute nos reconnaissances.

Tout d'abord adresser toute nos gratitudees à notre encadrant Dr. BEY Mohamed pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, D'exprimer nos sincères gratitudees au doctorant « DRJAS Souhil » pour nous avoir accompagnées et soutenues tout au long de ce projet.

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury d'accepter examiner ce travail ainsi que pour les remarques qu'ils nous adresseront lors de cette soutenance afin d'améliorer ce dernier.

Nous désirons aussi remercier les professeurs du laboratoire, qui nous a fournis les outils nécessaires à la réussite de notre PFE.

Nous remercions également tous les professeurs de notre parcours académique, en particulier les professeurs de département de Génie mécanique de l'Université IBN KHALDOUNE TIARET

Enfin, nous exprimons nos reconnaissances envers les amis et les collègues qui nous 'a apportées leurs supports moral et intellectuel.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents, qui m'ont encouragée à aller de l'avant et qui m'ont donnée tout leur amour pour terminer mes études.

Auxquels je dois ce que je suis. Que dieu les protèges.

Mon chère frère Ibrahim et mes sœurs Nourelhouda Asmaa NardjesChaimaa et Narimanepour leur dévouement, leurs compréhensions et leurs grandes tendresses, qui en plus de m'avoir encouragées tout le long de mes études, m'ont consacrées beaucoup de temps et disponibilités et qui par leurs soutiens, leurs conseils et leurs amours, me permis d'arriver jusqu'à ici car ils ont toujours cru en moi, Merci d'avoir toujours me soutenu et merci pour toutes les bons moments passent ensemble, et ce n'est pas fini.

Ma famille et toutes les personnes que j'aime

Tous mes amis qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire, en leurs espérant bonne continuation dans leurs travaux. Merci pour l'ambiance qui a contribué à des moments d'échanges culturels et personnels très forts.

Des fois, les mots ne suffisent pas pour exprimer tout le bien qu'on ressent ! Juste

MERCI à vous !!!

BOUFARROUDJ Ikram

Dédicace

Je tiens à dédier cet humble travail à :

Ma tendre mère et mon très cher père

Ma deuxième maman

Ma précieuse sœur : Malaké.

Mes frères : Mohamed et Marouane

Ma meilleur amis : Nawel .

Mes proches : Khadidja et Luoisia

Tous mes amis d'enfance et du long parcours scolaire et universitaire.

Toute ma famille

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime

SAAD Maroua

Liste des figures

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure I.1 Rendements et besoins en eau de l'agriculture... | 6 |
| Figure I.2 : Les différents systèmes d'irrigation | 7 |
| Figure I.3 : Schéma d'irrigation par planches | 8 |
| Figure I.4 : Schéma d'irrigation par la raie | 9 |
| Figure I.5 : Irrigation par bassins | 9 |
| Figure I.6 : micro irrigation (goutte à goutte) | 10 |
| Figure I.7 : Irrigation par aspersion | 11 |
| Figure II.1 : Pot d'argile | 18 |
| Figure II.2 : Premiers dispositifs brevetés d'irrigation au goutte-à-goutte | 19 |
| Figure II.3 : Système d'irrigation goutte à goutte | 20 |
| Figure II.4 : Station de pompage | 21 |
| Figure II.5 : Conduites Principales d'un système d'irrigation goutte à goutte | 21 |
| Figure II.6 : Collectionneur | 22 |
| Figure II.7 : Les rampes | 22 |
| Figure II.8 : La filtration | 23 |
| Figure II.9 : Présentation du Kit du système FDS | 30 |
| Figure II.10 : Schéma du montage du système FDS | 30 |
| Figure II.11 : Exemple de disposition de la conduite principale... | 31 |
| Figure III.1 : Simulation Proteus capteur niveau d'eau (réservoir plein) | 36 |
| Figure III.2 : Simulation Proteus capteur niveau d'eau (réservoir vide) | 36 |
| Figure III.3 : Simulation Proteus capteur de niveau d'eau (réservoir moitié) | 37 |
| Figure III.4 : Simulation Proteus capteur débit d'eau (bon débit) | 38 |
| Figure III.5 : Simulation Proteus capteur débit d'eau (mauvais débit) | 38 |
| Figure III.6 : Simulation Proteus capteur courant tension | 40 |
| Figure III.7 : Simulation Proteus capteur humidité du sol | 41 |
| Figure III.8 : Simulation Proteus capteur qualité d'eau (très propre) | 42 |
| Figure III.9 : Simulation Proteus capteur qualité d'eau (très sale) | 42 |
| Figure III.10 : Simulation Proteus capteur qualité d'eau (Propre) | 43 |
| Figure III.11 : Simulation Proteus assemblage (débit d'eau) | 45 |
| Figure III.12 : Simulation Proteus assemblage (niveau d'eau) | 45 |
| Figure III.13 : Simulation Proteus assemblage (qualité d'eau) | 46 |
| Figure III.14 : Simulation Proteus assemblage (humidité de sol) | 46 |
| Figure III.15 : Simulation Proteus assemblage (V/I) | 47 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure III.16 : Prototypage de projet « irrigation gout a gout » | 47 |
| Figure III.17 : Composant des projet placement des capteurs | 48 |
| Figure III.18 : Conduite principale et rampes latéraux | 48 |
| Figure III.19 : Connexion de la carte au serveur | 49 |
| Figure III.20 : Niveau d'eau | 49 |
| Figure III.21 : Humidité de sol % | 50 |
| Figure III.22 : Début d'eau | 50 |
| Figure III.23 : Cas de défaillance de la vanne | 51 |
| Figure III.24 : Signaux Cas de défaillance de la vanne | 52 |
| Figure III.25 : Filtre bouché | 53 |
| Figure III.26 : Paramètres reçus dans le cas d'un filtre bouché | 54 |
| Figure III.27 : Gouttière bouchée | 54 |
| Figure III.28 : Paramètres reçus gouttière bouchée | 55 |

Liste des tableaux

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableaux I.1 : Méthode d'irrigation correspondant à chaque type du sol | 13 |
| Tableaux I.2 : Efficacité potentielle de l'irrigation | 16 |
| Tableau II.1 : Avantages et inconvénients de la goutte à goutte | 26 |

Sommaire

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| <i>REMERCIEMENTS</i> | <i>I</i> |
| <i>Dédicaces</i> + | <i>II</i> |
| <i>Liste des figures et tableaux</i> | <i>IV</i> |

| | |
|------------------------------------|----------|
| Introduction générale | 1 |
|------------------------------------|----------|

Chapitre I : L'irrigation Agricole

| | |
|---------------------------------------------------------------|----|
| I.1 Introduction | 4 |
| I.2 Définition de l'irrigation | 4 |
| I.3 Origine et développement..... | 4 |
| I.3 Intérêt de l'irrigation | 6 |
| I.4 Les techniques d'irrigation agricole | 7 |
| I.4.1 Les systèmes d'irrigation de surface (gravitaire) | 8 |
| I.4.1.1 Irrigation par planches..... | 8 |
| I.4.1.2 Irrigation à la raie | 8 |
| I.4.1.3 Irrigation par bassins | 9 |
| I.4.2 Micro irrigation (goutte à goutte)..... | 10 |
| I.4.3 Irrigation par aspersion | 10 |
| I.5 Comparaison des méthodes d'irrigation..... | 11 |
| I.6 Le choix d'une méthode d'irrigation..... | 12 |
| I.6.1 Les conditions naturelles | 12 |
| I.6.1.1. Humidités du sol | 12 |
| I.6.1.1 Type du sol | 12 |
| I.6.1.2 La pente | 13 |
| I.6.1.3 Le climat..... | 13 |
| I.6.1.4 La disponibilité de l'eau | 13 |
| I.6.1.5. Besoins en eau des cultures | 13 |

| | |
|------------------------------------------------------------|----|
| I.6.1.6 La qualité de l'eau..... | 14 |
| I.6.2 Les cultures pratiquées | 14 |
| I.6.3 La technologie | 14 |
| I.6.4 Tradition des irrigations | 14 |
| I.6.5 Besoins en main-d'œuvre | 15 |
| I.6.6. Profondeur nette d'application de l'irrigation..... | 15 |
| I.6.7 Coûts et bénéfices..... | 15 |
| I.7. Intervalle d'irrigation ou fréquence..... | 15 |
| I.8 Efficacité de l'irrigation..... | 16 |
| I.9. Réparation des fuites et entretien du réseau | 16 |
| I.9.1. Réparation des fuites | 17 |
| I.9.2. Entretien du réseau | 17 |
| I.9. Conclusion..... | 17 |

Chapitre II : Présentation du système étudié : Irrigation goutte à goutte

| | |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| II.1. Introduction..... | 18 |
| II.2. Historique de l'irrigation au goutte à goutte..... | 18 |
| II.3. Description des éléments du système goutte à goutte..... | 20 |
| II.3.1. Station de pompage/corps | 20 |
| II.3.2. Le système de distribution | 21 |
| II.3.2.1. Principales lignes de distribution et d'expédition | 21 |
| II.3.2.2. Collectionneur..... | 22 |
| II.3.3. Les rampes latérales..... | 22 |
| II.3.4. Les accessoires de contrôle et de surveillance..... | 22 |
| II.3.4.1. Valves et jauges | 22 |
| II.3.5. La filtration | 23 |
| II.3.6. Matériel d'injection chimique | 23 |
| II.4. Avantages et limites..... | 24 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| II.4.1. Avantages sur le plan technique | 24 |
| II.4.2. Avantages sur le plan économique | 24 |
| II.4.3. Avantages en terme générales..... | 24 |
| II.4.4. Inconvénients | 25 |
| II.5. Etapes de conception d'un système d'irrigation..... | 26 |
| II.5.1. Choix des cultures..... | 26 |
| II.5.1.1. Détermination des besoins en eau des cultures..... | 27 |
| II.6. Choix du matériel d'irrigation | 28 |
| II.6.1 Les distributeurs (goutteur)..... | 28 |
| II.6.1.1. Choix du type de distributeur..... | 28 |
| II.6.1.2. Détermination du nombre de goutteurs..... | 28 |
| II.6.2. Choix du type de pompe | 28 |
| II.6.2.1. Détermination de la hauteur manométrique..... | 28 |
| II.6.2.2. Détermination de la puissance de la pompe..... | 29 |
| II.7. L'installation d'un système d'arrosage goutte à goutte | 29 |
| II.8. Etablissement de l'arbre de défaillance d'un tel système d'irrigation..... | 31 |
| II.9. Conclusion | 33 |

Chapitre III : Conception du projet

| | |
|-------------------------------------------------|----|
| III.1. Introduction | 35 |
| III.2 Partie de simulation | 35 |
| III.2.1 Capteur niveau d'eau | 35 |
| III.2.2 Capteur débit d'eau..... | 37 |
| III.2.3 Capteurs de tension et de courant | 39 |
| III.2.3.1 Capteur de tension | 39 |
| III.2.3.2 Capteur de courant..... | 39 |
| III.2.4 Capteur humidité du sol..... | 40 |
| III.2.5 Capteur qualité d'eau..... | 41 |
| III.2.6 Assemblage..... | 43 |

| | |
|----------------------------------------------------|-----------|
| III.3. Réalisation du projet..... | 47 |
| | 49 |
| III.4. Test expérimentale..... | 49 |
| III.4.1. Cas de fonctionnement normale | 49 |
| III.4.2. Cas de la défaillance | 51 |
| III.4.2.1. Problème au niveau de la vanne | 51 |
| III.4.2.2. Problème au niveau filtre..... | 52 |
| III.4.2.3. Problème au niveau de la gouttière..... | 54 |
| III.5. Conclusion..... | 55 |
| Conclusion générale..... | 56 |
| Références Bibliographiques | |

Introduction

générale

Introduction générale

Les systèmes d'irrigation sont des méthodes ou des techniques utilisées pour fournir de l'eau aux cultures, aux plantes ou aux paysages. Ils sont conçus pour améliorer la productivité agricole et préserver les ressources en eau. Il existe plusieurs types de systèmes d'irrigation, notamment l'irrigation de surface, l'irrigation par aspersion, l'irrigation goutte à goutte et l'irrigation souterraine. L'irrigation de surface consiste à inonder le champ avec de l'eau provenant d'un canal, d'un fossé ou d'un réservoir. Cette méthode est la plus couramment utilisée pour les cultures telles que le riz, le blé et le maïs [1, 2].

L'irrigation par aspersion consiste à pulvériser de l'eau sur le champ à l'aide de gicleurs. Cette méthode est la plus couramment utilisée pour les cultures telles que les légumes, les arbres fruitiers et le gazon.

L'irrigation goutte à goutte consiste à appliquer de l'eau directement sur la zone racinaire des plantes à travers un réseau de tuyaux, de tubes et d'émetteurs. Cette méthode est la plus couramment utilisée pour les cultures telles que les raisins, les olives et les agrumes.

L'irrigation souterraine consiste à appliquer de l'eau directement sur la zone racinaire des plantes à l'aide de tuyaux ou de tubes perforés enterrés. Cette méthode est la plus couramment utilisée pour les cultures telles que les arbres, les arbustes et les vignobles.

Chaque système d'irrigation a ses avantages et ses inconvénients, et le choix du système dépend de facteurs tels que le type de sol, le type de culture, le climat et la disponibilité de l'eau.

La défaillance d'un système d'irrigation peut avoir plusieurs conséquences, selon le type de système, la gravité de la défaillance et la culture ou le paysage irrigué. Certaines conséquences potentielles d'une défaillance du système d'irrigation comprennent :

- Réduction du rendement des cultures ;
- Érosion des sols ;
- Engorgement ;
- Augmentation de la pression des ravageurs et des maladies ;
- Gaspillage d'eau.

En résumé, la défaillance d'un système d'irrigation peut avoir des conséquences importantes sur la productivité des cultures, la santé des sols, l'utilisation de l'eau et la durabilité environnementale.

D'où, La supervision des systèmes d'irrigation est essentielle pour garantir que les cultures, les plantes et les paysages reçoivent la quantité d'eau appropriée au bon moment avec un débit, une température, une qualité d'eau et d'autres paramètres très précise

Concevoir un appareil pour surveiller et envoyer des informations sur les paramètres d'irrigation à un serveur de réseau est une excellente idée pour améliorer l'efficacité et l'efficacité des systèmes

d'irrigation. Ce faisant, les agriculteurs peuvent détecter très tôt les défaillances potentielles de leurs systèmes d'irrigation, ce qui permet d'effectuer des réparations rapides avant que des dommages importants ne soient causés.

L'appareil pourrait être conçu pour mesurer des paramètres d'irrigation clés tels que l'humidité du sol et le débit d'eau, etc.... Il pourrait ensuite envoyer ces données sans fil à un serveur de réseau, où elles pourraient être analysées en temps réel. Le serveur pourrait alors informer automatiquement l'agriculteur ou le personnel de maintenance du système d'irrigation de tout problème détecté, tel qu'un faible niveau d'humidité du sol, des têtes d'arrosage bouchées qui représente un problème de pression ou des fuites dans les conduites d'irrigation surveillé par le débit d'eau.

En automatisant le processus de détection et de réparation, les agriculteurs peuvent gagner du temps, réduire les coûts de main-d'œuvre et minimiser le risque de pertes de récoltes dues aux défaillances du système d'irrigation. Cette approche peut également aider à conserver les ressources en eau en veillant à ce que l'eau soit utilisée de manière efficace et efficiente [3].

En résumé, la conception d'un dispositif pour surveiller et envoyer des informations sur les paramètres d'irrigation à un serveur réseau peut aider à améliorer les performances et la durabilité des systèmes d'irrigation et fournir aux agriculteurs des informations précieuses sur la santé et l'état de leurs cultures.

Nous avons donc réparti notre travail en trois chapitres.

- Un rappel des différents systèmes d'irrigation est abordé au premier chapitre.
- Le deuxième chapitre introduit le système choisi pour tester notre dispositif qu'est le système type gout à gout. Nous décrivons le système et donnons son principe de fonctionnement. Nous avons aussi établi l'arbre de défaillance de ce système que nous facilite la détection de la panne.
- Le chapitre 3 contient les détails de simulation et de réalisation du dispositif, les résultats obtenus et les discussions. Nous avons utilisé la plateforme « Arduino » dans la conception de l'appareil. Dans ce chapitre, nous réalisons un prototype qui peut par la suite testé par des agriculteurs sur les différents systèmes et validé son objective.
- Une conclusion résume les tests de validations de l'appareil et les résultats obtenus ainsi de proposer quelques perspectivesfinalise ce manuscrit.

Chapitre I :

L'irrigation Agricole

I.1 Introduction

Un approvisionnement en eau adéquat est essentiel pour la croissance ou le développement végétatif Cultures. Lorsque les précipitations ne suffisent pas, l'irrigation sera nécessaire pour couvrir les besoins en eau des plantes. Avec l'irrigation, l'agriculteur dispose d'un moyen puissant pour augmenter et régulariser la production de ses cultures, à condition qu'elle soit maîtrisée, atteindre des objectifs techniques (productivité) et économiques (avec un coût optimal). La performance de l'installation du système d'irrigation dépendra de la bonne sélection des techniques et des systèmes irriguer et installer les bons équipements sur la base d'une parfaite connaissance informations économiques et techniques liées aux conditions d'exploitation

Actuellement, il existe plusieurs méthodes d'irrigation pour fournir de l'eau aux plantes. Chaque méthode présente à la fois des avantages et des inconvénients, qui doivent être pris en compte lors du choix de la méthode la mieux adaptée aux conditions locales.

Dans ce chapitre, nous passerons en revue et expliquerons toutes les différentes techniques d'irrigation, ces méthodes et ses avantages.

I.2 Définition de l'irrigation

L'irrigation est définie comme le processus de transport et de collecte de l'eau et de distribution de l'eau aux plantes et aux différentes cultures pour répondre à leurs besoins en eau, par lequel les plantes peuvent être alimentées avec leurs besoins nutritionnels complétés artificiellement en les ajoutant à l'eau d'irrigation. Ce processus est effectué de différentes manières et en différentes quantités en fonction de nombreuses considérations, notamment le type de culture, les propriétés du sol, les propriétés physiques, la teneur en éléments nutritifs, ainsi que la saison de croissance et la période de l'année [4].

1.3 Origine et développement

Depuis longtemps et jusqu'au début du XXème siècle, les techniques d'irrigation sont restées immuables tant au plan des réseaux collectifs de distribution sous forme de canaux délivrant l'eau "au tour d'eau" aux exploitations, qu'au plan des différentes pratiques de l'irrigation gravitaire à la parcelle. Des essais avaient été faits en France (Avignon) 1927-1930 pour irriguer localement le sous-sol avec des tuyaux de drainage en poterie, mais ce fut un échec plus encore économique que technique. Plus tard aux USA, on essaya encore l'humectation du sol à 0.4 m de profondeur par des canalisations en plastique perforé.

Selon ZELLA, c'est dans les années 50 que l'irrigation par aspersion se généralise avec l'introduction d'ailes mobiles d'arrosage équipées d'arroseurs rotatifs à moyenne pression et de moyenne portée. Ces installations vont permettre l'introduction d'un nouveau réseau collectif

de distribution, en conduite sous pression, caractérisé par la distribution de l'eau à chaque lot d'exploitation. Apparue aux alentours de 1960 en Israël, la technique de la micro irrigation est née de l'effet synergique lié à l'apparition de matériau en plastique bon marché, durable et adapté à la fabrication de capillaires ensuite à des goutteurs et à des gaines. Ce n'est qu'à partir de 1970 que cette technique a commencé à se développer en France.

De nos jours, des réseaux d'irrigation sont informatisés, automatisés et commandés à distance. Leur fonctionnement est rendu sensible aux variations météorologiques locales contrôlées par des capteurs qui mesurent à la précision du centième de mm les très fines dilatations des dimensions du tronc ou de la tige de la plante, liées à l'état hydrique de la plante [2, 4].

Globalement, la superficie irriguée actuellement dans notre pays est de l'ordre de 712.000 ha dont 200.000 ha dans les régions sahariennes, sur une superficie agricole utile de 8.265.259 ha soit près de 8,6% de la surface agricole utile (SAU). Les 520.000 ha irrigués dans le Nord du pays (soit 6,3% de la SAU) se répartissent en deux ensembles nettement différenciés à la fois par la taille des aménagements et par le mode de gestion : Les grands périmètres d'irrigation (GPI) gérés par les offices régionaux ou de wilaya (OPI) et les irrigations de petite et moyenne hydraulique (PMH) gérées directement par les agriculteurs. Ces superficies sont classées en deux grandes catégories :

1. Grands Périmètres Irrigués (GPI) classés dépassant en général 500 ha d'un seul tenant et alimentés en eau à partir de barrages ou de batteries de forages profonds avec d'importants investissements collectifs totalement réalisés par l'État. Cette catégorie représente actuellement 173.350 ha équipés dont seulement 100.000 ha (58%) sont considérés irrigables vu la vétusté des réseaux (gravitaire et par aspersion) et le déclassement de certaines superficies. La moyenne des superficies réellement irriguées pendant les 20 dernières années est de l'ordre de 40.000 ha (23%) compte tenu de la sécheresse chronique, de la priorité accordée à l'alimentation en Eau Potable au détriment de l'irrigation et des problèmes de gestion/exploitation /maintenance. Les volumes affectés à l'irrigation sont très inférieurs aux besoins. En plus de la réduction des ressources en eau affectées, les taux annuels de déperdition sont de l'ordre de 40 %. Ainsi, en 2002 les déperditions dans les GPI gérés par les quatre (04) OPIs régionaux ont représenté plus de 40 millions de m³.

2. Périmètres de petite et moyenne hydraulique (PMH) dont les surfaces éparpillées sont en majorité inférieures à 500 ha. Une partie ou la totalité des investissements est réalisée par les agriculteurs qui puisent leurs ressources de puits, petits forages, retenues collinaires, épandage de crue, etc. des régions sahariennes. Cette catégorie représente actuellement près de 612.000 ha équipés si l'on intègre les régions sahariennes. La grande majorité des productions

agricoles enirrigué provient de la PMH puisque malgré les pénuries d'eau, les surfaces irriguées ont dépassé en moyenne 612.000ha. D'importantes subventions pour la mise en place d'équipements de la micro irrigation ont été octroyées dans le cadre d'un vaste programme d'économie de l'eau pour réduire la demande en eau d'irrigation et limiter les pertes (les objectifs du Ministère de l'agriculture dans le cadre de l'actuel Plan National de Développement Agricole dépassent 70.000 ha pour la micro irrigation). Le rapport traite de l'analyse des usages de l'irrigation, de l'évaluation des pratiques et de l'efficacité des systèmes d'irrigation, des expériences acquises dans le diagnostic de la réhabilitation des réseaux, du diagnostic des infrastructures et donne des suggestions pour une bonne performance des systèmes d'irrigation en Algérie [5].

I.3 Intérêt de l'irrigation

L'irrigation est un outil de gestion efficace contre les fluctuations des précipitations et il est très important pour la nourriture mondiale. L'utilisation de l'irrigation présente de nombreux avantages. Il contribue à augmenter la surface cultivée, surtout dans les régions arides, Il Permet de sélectionner des variétés à haut rendement en appliquant les engrais nécessaires et en faisant ainsi ces cultures économiquement précieuses. Il a pour effet de favoriser la croissance productivité, et d'une manière générale améliorer et stabiliser la production en s'affranchissant des Changement climatique. La figure I.1 montre clairement les avantages de l'irrigation sur le rendement des cultures. Cultures irriguées et cultures pluviales [6].

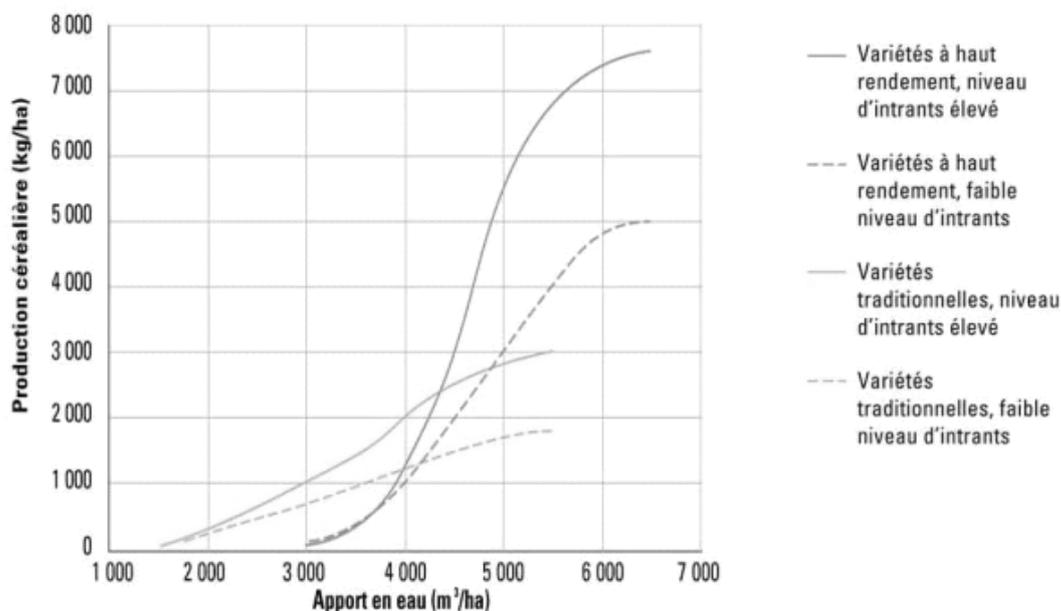


Figure I.1 Rendements et besoins en eau de l'agriculture irriguée et de l'agriculture pluviale [6]

D'après cette figure, on constate que dans chaque cas ou type d'intrants, l'apport en eau à une relation proportionnelle avec la production céréalière, les variétés traditionnelles et malgré que l'apport en eau est élevé, son rendement est faible.

I.4 Les techniques d'irrigation agricole

L'irrigation agricole est une méthode d'apport d'eau aux plantes pour augmenter leur production et leur permettre de pousser normalement en cas de pénurie d'eau due à déficit pluviométrique et sont classés en irrigation de surface, irrigation par aspersion et micro-irrigation.

Le bon choix de technique d'irrigation ou passer à un autre effet complexe. Du point de vue de la conservation de l'eau, le choix est simple. Les économies d'eau augmentent lors du passage de l'irrigation de surface à l'irrigation par aspersion et micro-irrigation. Cependant, le succès d'une technique d'irrigation sera très selon le site, les facteurs conjoncturels ainsi que le niveau de gestion utilisé. Technique de systèmes d'irrigation existants doivent être évalués très attentivement avant de passer à une autre technique [1.4].

Selon la façon dont l'eau est livrée au champ et comment elle est distribuée, trois modes principaux l'arrosage est souvent pratiqués.

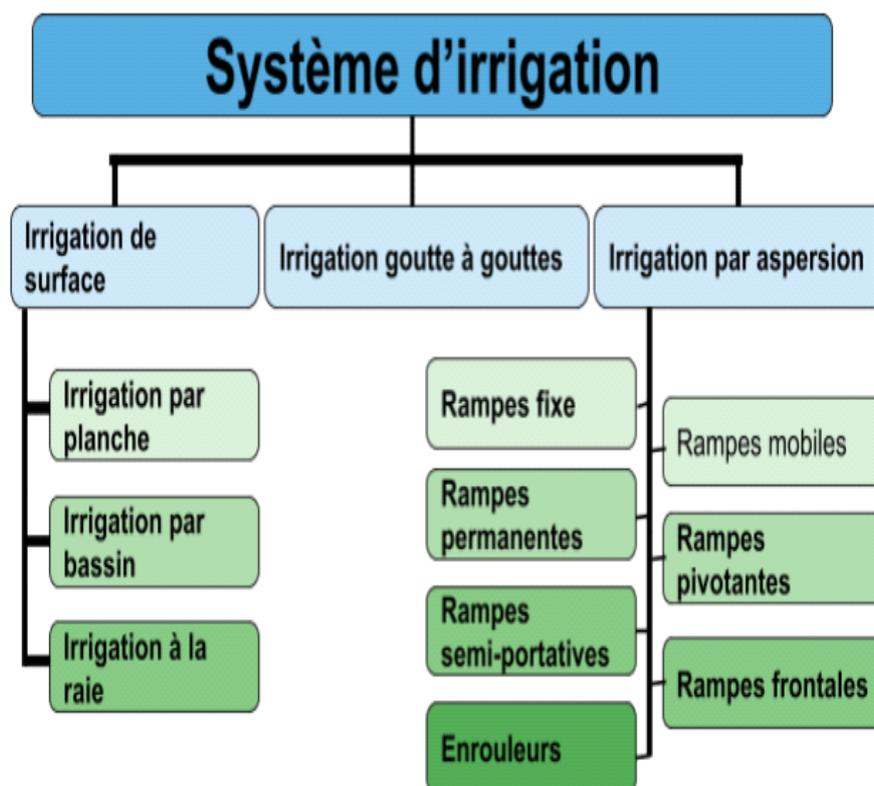


Figure I.2 : Les différents systèmes d'irrigation

I.4.1 Les systèmes d'irrigation de surface (gravitaire)

Les systèmes d'irrigation de surface sont classés par ordre d'efficacité croissante par :

I.4.1.1 Irrigation par planches

L'irrigation racinaire consiste à faire couler une fine couche d'eau sur une pente du sol de 0,2. à 3%. La quantité à décharger dépend de la pente, de la largeur et de la longueur de la planche. Cette méthode est la plus difficile car elle doit ajuster le débit d'irrigation de chaque lit avec toutes les autres variables. L'une des formules actuelles est Crevât qui comprend déterminer la longueur de la planche en fonction de la perméabilité du sol, correspondant à temps de débordement. En d'autres termes, l'aiguade ouvre la vanne et attend que l'eau atteigne le fond du tableau, et à ce moment il ferme la vanne d'admission[7].

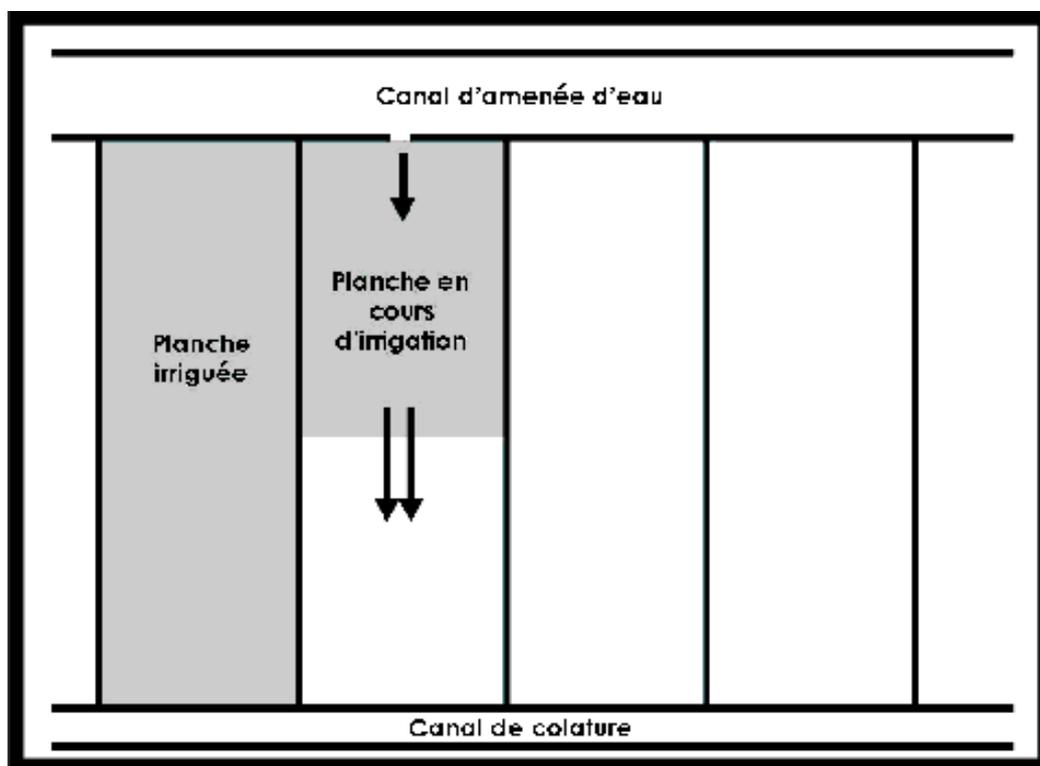


Figure I.3 : Schéma d'irrigation par planches

I.4.1.2 Irrigation à la raie

L'irrigation à la raie ou par rigole convient parfaitement au sol présentant une pente comprise entre 0,2 et 3 %. Les tranchées sont espacées de 0,6 à 1,25 m selon le type de sol. et culturelle. Selon le débit disponible, une ou plusieurs tranchées peuvent être irriguées en même temps. Les rayons peuvent parallèle ou perpendiculaires au canal permanent d'alimentation en eau. En général, l'irrigation est réalisée à un seul débit ou en succession de deux débits différents, Le premier débit binaire élevé est appelé débit binaire d'attaque et le deuxième débit binaire inférieur est appelé courant de maintien. L'irrigation par tranchée sera

meilleure si elle est mécanisée par siphon, porte rampe, par couverture souple ou par système d'irrigation Transe [8].

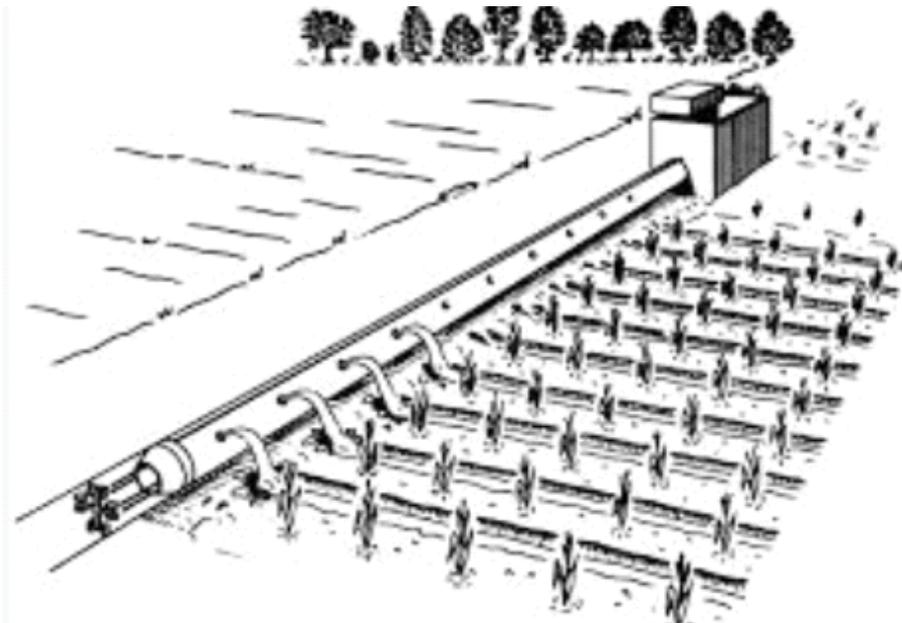


Figure I.4 : Schéma d'irrigation par la raie

I.4.1.3 Irrigation par bassins

L'irrigation par bassin est surtout connue en irrigation gravitaire. Sa pratique sur terrain plat (Pente 0,1 à 1%) ainsi que la simplicité de l'opération, y compris le remplissage de la piscine, ce qui signifie que cette technique est couramment utilisée, la taille des cuves est de 40 à 50 m² et cette technique appelée "Robot". Ce dernier entraîne une importante perte de surface, due à grand nombre de partitions [9].



Figure I.5 : Irrigation par bassins

I.4.2 Micro irrigation (goutte à goutte)

Dans l'irrigation au goutte-à-goutte, l'eau est fournie aux plantes à faible dose, ce qui entraîne l'humidité du sol. Cela permet de limiter les pertes dues à l'évaporation et osmotique. Il aide également à réduire la croissance des mauvaises herbes, également à mettre en place des luminaires et de l'éclairage. Dans la plupart des cas, cela nécessite une automatisation via contrôleur combiné avec vannes volumétriques et/ou hydrauliques et électrovannes [10, 11]



Figure I.6 : micro irrigation (goutte à goutte)

I.4.3 Irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est recommandée dans les cas suivants :

- Sols de faible profondeur, ne peut pas être correctement nivelé pour l'irrigation surface tout en conservant une profondeur suffisante.
- Sols très perméables, ne permet pas une distribution uniforme de l'eau dans cadre d'irrigation avec ruissellement de surface.
- Terrain en pente irrégulière avec des microreliefs accidentés, pas d'implantation autorisée un service gravimétrique à surface libre.

Sinon, il faut l'exclure dans les zones venteuses très fréquentes (vents supérieurs à 4 ou 5 m/s réduit considérablement l'uniformité de l'irrigation) et aussi lorsque l'irrigation effectuée avec une solution saline sur des plantes à feuillage sensible au sel.

Les systèmes d'irrigation sous pression comprennent généralement des équipements fournir la pression nécessaire à son fonctionnement, des dispositifs de mesure et de contrôle de débit, et une canalisation principale amène l'eau vers les canalisations secondaires. D'autres éléments peuvent être utilisés, à savoir des filtres ou bancs de filtres et équipement pour ajouter des facteurs de fertilisation.

La prise en compte des facteurs suivants est nécessaire pour l'exécution d'un projet taille de tout système d'irrigation sous pression :

- La dimension et forme de la zone irriguée, topographie et type de sol.
- Sources d'eau disponibles ou potentielles et leurs caractéristiques.
- Les conditions climatiques de la zone, l'accès à la parcelle et l'agriculture à irrigation [12].



Figure I.7: Irrigation par aspersion

I.5 Comparaison des méthodes d'irrigation

Passer de l'irrigation de surface à l'irrigation par aspersion est l'une des conversions les plus courantes pour économiser l'eau. La raison de ce changement réside dans les techniques d'irrigation de surface qui est intrinsèquement moins efficace et moins exigeante en main-d'œuvre que l'irrigation par aspersion. Cependant, avant de procéder à cette conversion, divers facteurs doivent être pris en compte :

Affecter la production, économiser l'eau, la main-d'œuvre, l'énergie, l'économie, les conditions climatiques et les caractéristiques du terrain.

Pour choisir une méthode d'irrigation, l'agriculteur doit connaître les avantages et inconvénients des différentes méthodes. Malheureusement, dans de nombreux cas, il n'y a pas une seule bonne solution car toutes les méthodes ont leurs avantages et leurs inconvénients [13].

I.6 Le choix d'une méthode d'irrigation

Pour que les agriculteurs puissent choisir la méthode d'irrigation la plus adaptée à leur cas individuel, il doit être capable d'évaluer les avantages et les inconvénients de chaque méthode. Il doit pouvoir choisir la technique d'irrigation la mieux adaptée aux conditions locales[14-16].

Le choix de la méthode d'irrigation de surface, par aspersion ou goutte à goutte est déterminé en fonction de plusieurs facteurs, à savoir :

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

I.6.1 Les conditions naturelles

I.6.1.1. Humidités du sol

I.6.1.1.1. Humidité massique

Quantité d'eau contenue dans un échantillon de sol exprimée en % dupoids sec :

$$H_p \% = \frac{W_e}{W_g} \quad (1.1)$$

I.6.1.1.2. Humidité volumique

Volume d'eau contenu dans le sol exprimé en % du volume de l'échantillon de sol en place :

$$q = \frac{V_e}{V_t} \quad (1.2)$$

I.6.1.1.3. Hauteur d'eau contenue dans le sol

Teneur en eau du sol exprimée en hauteur d'eau :

$$h_e = q' \cdot Z \quad (1.3)$$

I.6.1.1 Type du sol

Le type de sol et les conditions climatiques ont un effet significatif sur les principaux aspects pratiques de l'irrigation, qui sont la détermination de la quantité d'eau à distribuer et le moment auquel elle doit être appliquée à une certaine culture.

Le tableau I.1 ci-dessous présente un tableau présente des exemples sur les propriétés physiques du sol en fonction de type d'irrigation adopté pour chaque cas.

Tableaux I.1 : Méthode d'irrigation correspondant à chaque type du sol

| | Irrigation de surface | Irrigation au goutte à goutte | Irrigation par aspersion |
|------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Sableux | | Plus approprié | |
| Limon | Plus courante | Utilisable | |
| Argile | Condition idéal | | |
| Hétérogène | | Meilleur uniformité de distribution | |

I.6.1.2 La pente

L'irrigation par aspersion ou goutte à goutte est préférable sur les pentes ou pente inégale. En effet, les deux méthodes nécessitent peu ou pratiquement pas besoin travaux de nivellement. L'exception à cette règle est le cas des terrasses.

I.6.1.3 Le climat

Les vents forts peuvent fausser la trajectoire des fluides d'irrigation en dispersion. Dans les zones à forts vents dominants, irrigation goutte à goutte ou de surface est plus approprié. Dans l'irrigation d'appoint, les méthodes d'irrigation par aspersion et goutte à goutte sont davantage utilisées. Préférable à l'irrigation de surface, car ils ont la flexibilité de s'adapter aux besoins changements dans le pays au niveau de l'exploitation.

I.6.1.4 La disponibilité de l'eau

L'efficacité d'un système d'irrigation par aspersion ou goutte à goutte est généralement supérieure au réseau d'irrigation de surface ; donc ces deux méthodes sont plus adaptées à l'irrigation de surface où les ressources en eau sont limitées. De plus, il faut se rappeler que l'efficacité de l'irrigation dépend de l'habileté des agriculteurs par rapport à la méthode utilisée.

I.6.1.5. Besoins en eau des cultures

La quantité d'eau qui s'évapore des sols humides et des végétaux, ycompris la transpiration des plantes, est nommée l'évapotranspiration (ET).Sa valeur est largement conditionnée par les facteurs climatiques, comme laradiation solaire, la température, l'humidité et le vent, ainsi que parl'environnement. L'évaporation représente environ 10 pour

cent de l'évapotranspiration totale et la transpiration des plantes les 90 pour cent restants. Les besoins en eau des cultures englobent la quantité d'eau totale utilisée pour l'évapotranspiration. Diverses approches pour l'estimation de l'évapotranspiration, telles que les méthodes par radiation, Penman et du bac d'évaporation, sont présentées dans les Bulletins d'irrigation et de drainage

I.6.1.6 La qualité de l'eau

Avec une eau très limoneuse, il est plus pratique d'utiliser des techniques d'irrigation plus de surface que les autres techniques de pulvérisation ou goutte à goutte. En effet, les sédiments peuvent provoquer le colmatage des gicleurs ou des goutteurs. Dans le cas de l'eau salée, l'irrigation goutte à goutte est particulièrement adaptée. En effet, l'eau étant fournie au pied de la plantation, la salinité du sol ne sera pas affectée gravement touchée par l'irrigation saline.

I.6.2 Les cultures pratiquées

L'irrigation de surface s'applique à toutes les cultures. Méthode d'irrigation avec l'irrigation n par aspersion et goutte à goutte, en raison des coûts d'investissement élevés, principalement utilisé pour irriguer les cultures à haute valeur financière telles que les légumes et arbres fruitiers. Ils sont rarement utilisés pour des cultures vivrières de faible valeur financière. L'irrigation goutte à goutte est fortement recommandée pour irriguer les plantations les individus, les arbres et les cultures, comme les légumes et la canne à sucre. Elles ne sont pas utilisées pour irriguer les plantations denses telles que les rizières.

I.6.3 La technologie

En général, les techniques d'irrigation par aspersion et goutte à goutte sont plus compliquées que l'irrigation de surface. Equipement pour le réseau d'irrigation au sol, en particulier pour les bâtiments irrigation à petite échelle, plus simple et plus facile à entretenir, à moins de pomper il faut de l'eau. De plus, les équipements du réseau d'irrigation de surface peuvent être la production nationale et l'utilisation de devises étrangères n'est pas nécessaire.

I.6.4 Tradition des irrigations

Le choix de la méthode d'irrigation dépend de la tradition d'irrigation dans la région ou domestique. En général, les agriculteurs sont réticents à adopter de nouvelles techniques d'irrigation. La gestion des appareils sera aléatoire et les frais seront trop élevés par rapport à aux bénéfiques. Souvent la réhabilitation et l'amélioration de sa fonction réseau d'irrigation traditionnelle plutôt que d'introduire une nouvelle méthode d'irrigation.

I.6.5 Besoins en main-d'œuvre

Besoins en main-d'œuvre pour le développement, l'exploitation et la maintenance Les ouvrages d'irrigation de surface sont toujours supérieurs aux ouvrages d'irrigation par submersion. Vaporiser ou goûter. L'irrigation de surface nécessite une préparation pour le sol (nivellement) est assez soigné, régulièrement entretenu et bien géré avec irrigation assurer le fonctionnement normal du réseau. En gouttes ou gouttes, le travail de La préparation du terrain est très minime et nécessite de la main-d'œuvre pour l'opération et l'entretien du réseau est moins important que l'irrigation de surface.

I.6.6. Profondeur nette d'application de l'irrigation

L'irrigation doit être appliquée lorsque le pourcentage admissible p_d d'humidité disponible (S_a) est épuisé dans la profondeur d'enracinement, c'est-à-dire quand elle doit réalimenter l'eau épuisée. Par conséquent :

Profondeur nette de la dose d'irrigation d en mm :

$$d = (S_a \cdot p) D \quad (1.4)$$

Où:

S_a = humidité disponible en mm par mètre,

p = tarissement admissible (fraction)

D = profondeur d'enracinement en mètres.

I.6.7 Coûts et bénéfices

Avant de choisir une méthode d'irrigation, estimez les coûts, les bénéfices et avantages de chaque option. L'estimation des coûts ne se limite pas au coût du projet et installation, mais il prend également en compte les coûts d'exploitation et d'entretien (par hectare). Les coûts doivent ensuite être comparés aux avantages (exprimés en pourcentage des investissements) [14, 15, 16].

I.7. Intervalle d'irrigation ou fréquence

Il s'agit du nombre de jours entre deux irrigations consécutives :

$$i = d \div ET_c \quad (1.5)$$

Où :

d = la profondeur nette d'application de l'irrigation en mm (dose)

ET_c est l'évapotranspiration journalière de la culture en mm/jour.

Exemple :

Si $d = 19,8$ mm et $ET_c = 2,5$ mm/jour, $i = 19,8 \div 2,5 = 8$ jours

I.8 Efficacité de l'irrigation

L'efficacité de l'irrigation fait généralement référence à la mesure dans laquelle l'eau se déplace planté des racines. Divers facteurs affectent l'efficacité de l'irrigation telle que [17, 18, 19] :

- Une mauvaise gestion ou une mauvaise conception de l'équipement peut entraîner des problèmes.
- La présence de pente, les conditions climatiques et le type de culture.
- La pente du sol affecte le degré d'infiltration ou de ruissellement, mais une bonne gestion peut permettre de récupérer et de réutiliser l'eau dans les champs.
- Les précipitations pendant une saison de croissance affectent également
- La permittions de l'eau, ainsi qu'une humidité du sol abondante ou insuffisante.

Tableaux I.2 : Efficacité potentielle de l'irrigation

| Système | | pourcentage d'efficacité potentielle |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Irrigation de surface | Irrigation par rigoles (avec réutilisation de l'eau d'aval) | 60 à 80 |
| | Irrigation par rigoles (vagues) | 55 à 75 |
| | Irrigation par rigoles (méthode conventionnelle) | 45 à 65 |
| Micro-irrigation | Goutte à goutte sous la surface | > 95 |
| | Goutte à goutte en surface | 85 à 95 |
| | Micro Asperseurs | 85 à 90 |
| Irrigation par aspersion | Arrosage de précision à faible énergie | 80 à 90 |
| | Arrosage à faible énergie | 75 à 85 |
| | Pivot central | |

I.9. Réparation des fuites et entretien du réseau

La présence de l'humidité du sol et des jets d'eau à partir des conduites sont des signes de fuite.

Les fuites les plus importantes arrivent pendant les périodes de basse consommation pendant que la pression est la plus élevée dans le réseau. L'observation des fuites avec les tuyaux PE se situent à deux niveaux:

- Soit au niveau des accessoires (coudes, té, vanne d'arrêt etc.) mal insérés ;
- Soit au niveau des tuyaux endommagés par un obstacle (pierre, fer).

I.9.1. Réparation des fuites

Pour le cas des accessoires : Il s'agit de desserrer l'accessoire et vérifier s'il n'est pas défectueux (surtout le joint torique). Après ceux-ci on le remplace par un autre. Pour le cas des tubes endommagés: La réparation consiste à sectionner la partie endommagée et la remplacer par un tuyau en bon état qui sera raccordé avec un raccord PE.

I.9.2. Entretien du réseau

Les conduites sont enterrées pour les protéger contre les intempéries (ensoleillement, réchauffement de l'eau. Il faut toujours ouvrir une borne avant la mise en service du réseau une fois la réparation faite.

Pour lutter contre la polymérisation, les prises et bornes doivent être protégées :

- En mettant la peinture blanche sur les bornes
- Protégeant les bornes et prises contre l'ensoleillement (ancrage dans du béton, couverture de jute, hangar, etc.

Le coût d'entretien de la conduite résulte des coûts de mise à disposition de pièces de rechange pour la réparation, la logistique nécessaire ainsi que le personnel.

Le coût d'entretien annuel est souvent pris comme un pourcentage des coûts de construction variant en général de 0.2 à 1% dépendant de la nature de la conduite, des conditions de pose, de l'effet de l'environnement sur la conduite, du coût de la main d'œuvre.

I.9. Conclusion

L'irrigation est un facteur critique de la production dans de nombreux pays. Mais c'est une technologie qui continue d'être maltraitée.

Cependant, l'eau est rare et chère. Une mauvaise utilisation peut entraîner des graves dysfonctionnements. Par conséquent, être capable de suivre ce système à distance et de maintenir un système d'irrigation est essentielle dans tout effort visant à augmenter et à améliorer la production.

Chapitre II :

*Présentation du système
étudié : Irrigation goutte à
goutte*

II.1. Introduction

Comme le système le plus utilisé dans l'environ de notre wilaya connu par l'agriculture du blé est le système d'irrigation goutte à goutte, nous avons donc choisi de concentrer notre application sur ce système. Par la suite, dans le présent chapitre, nous allons voir les concepts généraux de ce système suivi par l'établissement de son arbre de défaillance pour nous faciliter la reconnaissance des défaillances et visé les paramètres doit être supervisé par notre appareil proposé.

II.2. Historique de l'irrigation au goutte à goutte

Dès les débuts de la culture irriguée, les agriculteurs et les professionnels de l'irrigation se sont mis à la recherche de concepts et de technologies ayant pour but de rentabiliser l'utilisation de l'eau dans l'agriculture. Un de ces moyens fut l'application localisée de l'eau directement à la zone racinaire. Une autre idée était de drainer l'eau au-dessous de la surface du sol afin d'éviter l'évaporation.

Cette dernière technologie fut utilisée par les Perses et encore appliquée dans certains pays d'Asie et d'Afrique. Elle consiste à enfouir dans le sol des pots d'argile faits en terre locale sans glaçure, jusqu'au col, en les remplissant d'eau ; les plants étant placés autour. Les parois des pots d'argile possèdent un grand nombre de pores minuscules. A travers ces micropores l'eau ne passe pas d'un seul coup, mais est exsudée lentement dans la direction de l'aspiration imprimée par l'inclinaison de la pente [10].

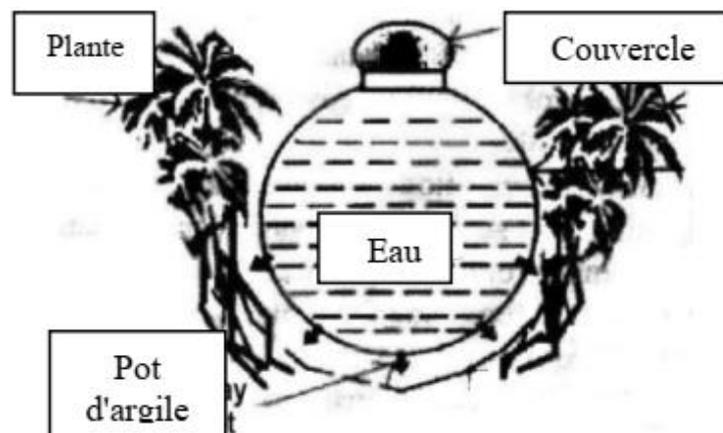


Figure II.1 : Pot d'argile

Pendant plus de 200 ans l'irrigation au goutte-à-goutte été appliquée par le truchement d'une tige de bambou. L'eau de ruissellement et de source était drainée par des tuyaux de bambou. Environ 18 à 20 litres d'eau par minute coulaient ainsi le long de plusieurs centaines de mètres et atteignait chaque plante à un débit de 20 à 80 gouttes par minute. Ce système traditionnel est encore utilisé dans l'agriculture tribale pour l'irrigation au goutte-à-goutte des parcelles de poivriers noirs [20].

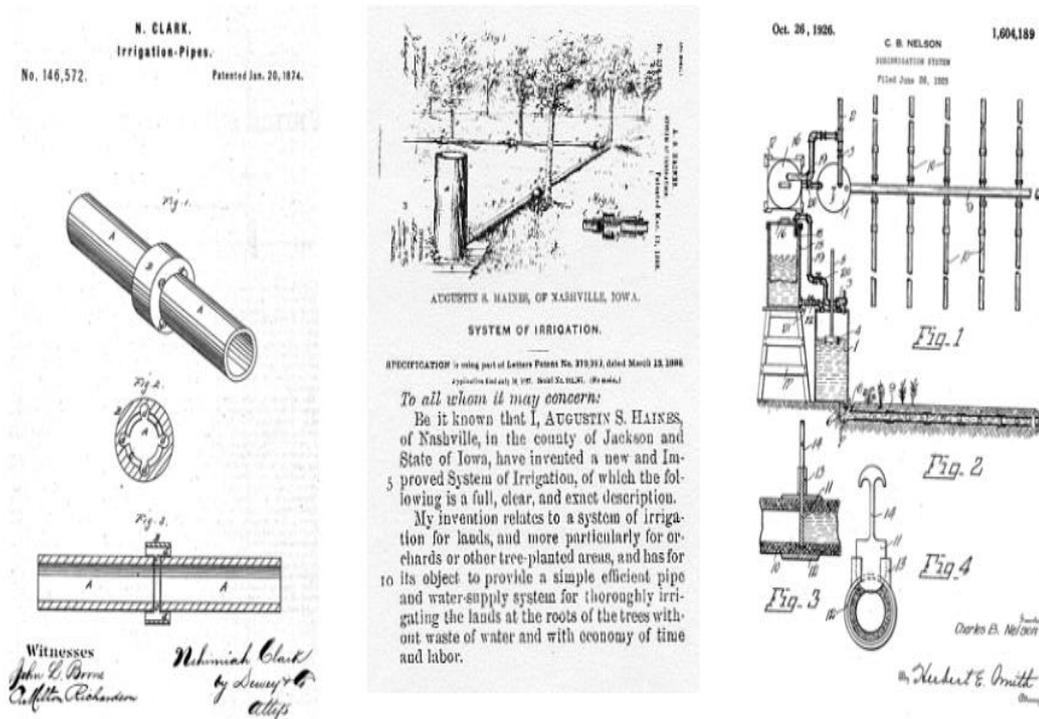


Figure II.2 : Premiers dispositifs brevetés d'irrigation au goutte-à-goutte [10]

Le goutteur est l'équipement central d'un système d'irrigation goutte à goutte, mais il se compose de plusieurs autres éléments. Ils doivent être compatibles entre eux et correspondre à la demande des cultures et à la nature de la parcelle d'irrigation. Ces articles se répartissent en six grandes catégories:

- **Source d'eau :** système de pompage à partir d'une source de surface ou souterrain, ou public, commercial, ou Coopérative
- **Un système de distribution :** Ligne principale, sous-ligne, etc. Collecteur (tuyaux)
- **Des rampes latérales ;**
- **Accessoires de contrôle :** vannes, compteurs d'eau, régulateurs de pression, et de débit, dispositifs automatiques, clapets anti-retour, vannes anti-vide, aération, etc.. ;
- **Un système de filtrage :**
- **Matériel d'injection chimique :** éléments nutritifs des plantes et les agents de traitement de l'eau ;

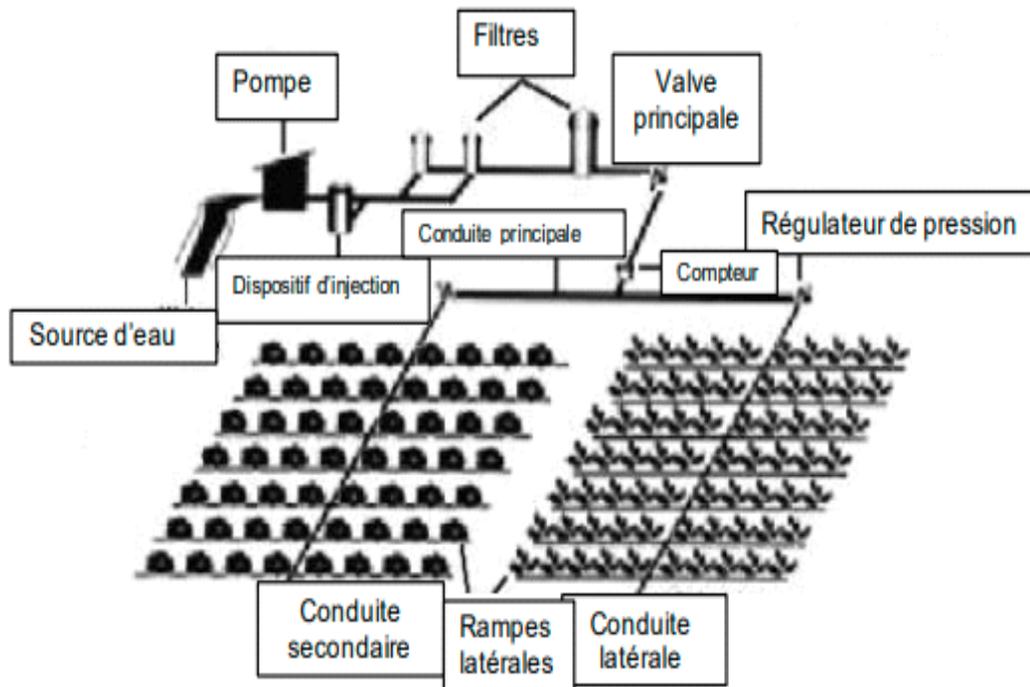


Figure II.3 : Système d'irrigation goutte à goutte [21]

II.3. Description des éléments du système goutte à goutte

II.3.1. Station de pompage/corps

Supposons qu'il y ait 1 000 arbres par hectare et un débit de 2 litres par arbre et par heure cubes par heure par hectare. Cette demande horaire est très faible par rapport aux systèmes d'irrigation par aspersion conventionnels qui nécessitent 50 à 100 ml/h.

La pression requise dépend de la perte de charge totale du système de transport de la pression de l'opération des goutteurs et des différences de pression de d'altitude du te topographie. Un faible débit entraîne de petites pertes de charge.

La liste ce qui suit illustre le concept d'amplitude de chute de pression et passage de l'eau :

| | | |
|--------------------------------------|------|-------------------------|
| ▪ Mètres d'eau automatique | 0.10 | 0.40 kg/cm ² |
| ▪ Vannes automatiques | 0.30 | 0.60 kg/cm ² |
| ▪ Filtres | 0.25 | 0.75 kg/cm ² |
| ▪ Composantes de régulation du débit | 0.5 | 1.2 kg/cm ² |
| ▪ Système de transport | 0.2 | 0.6 kg/cm ² |
| ▪ Goutteurs | 0.5 | 1.2 kg/cm ² |

D'après les informations ci-dessus, la pression nécessaire pour la pompe est de 2,5. 3.5 kg/cm² [20].



Figure II.4: Station de pompage

II.3.2. Le système de distribution

II.3.2.1. Principales lignes de distribution et d'expédition

Le tuyau qui sert au transport de l'eau entre la pompe et le champ, est fait fabriquer en PVC ou en polyéthylène (PE). Les tuyaux en PVC ne sont pas enfouis sous terre, Il n'y a généralement pas de protection UV. Tuyau PE posé dans le sol ou Parce qu'il contient du noir de carbone, il est légèrement enrobé UV. La PN (pression nominale) du tuyau doit être supérieure au PN du tuyau. Conduites latérales, surtout si le système doit supporter des vannes de pression fermées. Il y a Le PN le plus courant est de 6 à 8 bar (tête de 60 à 80 m [21]).



Figure II.5 :Conduites Principales d'un système d'irrigation goutte à goutte

II.3.2.2. Collectionneur

Le collectionneur ou réceptacle fabriqué pour montage goutteur intégré.



Figure II.6 :Collectionneur

II.3.3. Les rampes latérales

Les rampes latérales sont des tuyaux secondaires ou collectionneur. Fabriqué en PELD (polyéthylène basse densité). Il existe une différence Type de connexion entre la ligne secondaire, le collecteur et la lampe latérale. Les connecteurs doivent résister aux pressions de fonctionnement normales. Pics de pression et coups de bélier. Feux latéraux en option hors-sol ou sous-sol (SDI). Il existe deux types de rampes latérales de base. Les côtés à parois épaisses sont équipés de Goutteur interne ou externe à circuit unique et goutte à goutte à paroi mince. Turbulence intégrée : Incorporé dans la gaine lors du processus d'extrusion [21].



Figure II.7 : Les rampes

II.3.4. Les accessoires de contrôle et de surveillance

II.3.4.1. Valves et jauges

Irrigation de plusieurs parcelles avec des besoins en eau différents A partir de la même source, la zone d'irrigation doit être subdivisée Secteurs contrôlés chacun par une vanne. Ceux-ci peuvent être actionnés manuellement ou automatiquement. Les compteurs d'eau et les vannes volumétriques sont utilisés pour mesurer et contrôler l'approvisionnement en eau dans divers secteurs.

Un réducteur de pression est utilisé pour éviter une surpression. Il est nécessaire d'installer un clapet anti-retour et une vanne anti-siphon. Un puits ou une source d'eau de la ville qui sert également d'aqueduc Potable lorsque de l'engrais ou d'autres produits chimiques sont injectés dans le système irrigation.

Des valves de vidange d'air doit être installée au point le plus élevé du système Interférence de l'air dans le débit d'eau, frottement excessif sur les parois des tuyaux ou Rupture due à une surpression. Les dispositifs anti-vides sont utilisés pour empêcher l'effondrement des tuyaux sur les pentes Soudain.

II.3.5. La filtration

Les passages étroits du transmetteur peuvent être obstrués par des matériaux Suspensions et précipités chimiques dans l'eau d'irrigation. Pour éviter cet échec, vous pouvez prendre trois mesures différentes :

- Une séparation préliminaire des particules solides en suspension par des récipients Séparateur gravitaire ou filtre à sable.
- La filtration de l'eau d'irrigation.

Traitement chimique pour décomposer les matières organiques en suspension, Inhibe la formation et le dépôt de mucus par les micro-organismes précipitation chimique. Les filtres sont généralement montés sur l'unité de commande. Quand il y a de l'eau En cas de forte contamination, le système de filtrage principal est installé dans l'unité centrale et le système secondaire dans l'unité de contrôle du secteur. Le filtre doit être rincé abondamment à l'eau et nettoyé quotidiennement. Canettes de nettoyage Manuel ou automatique ? Le rétro lavage automatique (nettoyage par osmose inverse) des filtres média est effectué avec de l'eau filtrée. Le filtre est maintenant installé. À tour de rôle, toilettez par paires [23].

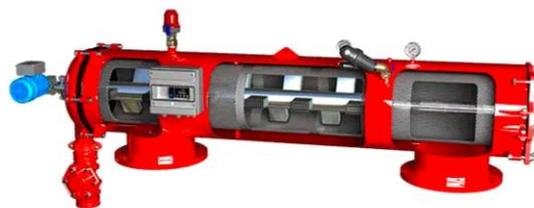


Figure II.8 :La filtration

II.3.6. Matériel d'injection chimique

Trois produits chimiques sont injectés via un système de goutte-à-goutte : Le Engrais, pesticides, anti-colmatant. Les engrais sont les produits chimiques les plus couramment injectés. La possibilité de "cuillère" les plantes permet d'augmenter le rendement obtenu par goutte à goutte.

Les insecticides systémiques sont injectés par un système d'infusion pour traiter les insectes et protéger les cultures de certaines maladies.

Produits chimiques pour le nettoyage des goutteurs et la prévention des phénomènes Des obstacles sont également injectés.

Le chlore est utilisé pour empêcher la formation d'algues et d'autres micro-organismes, Pour dissoudre les matières organiques, les acides sont utilisés pour modifier le pH de l'eau et dissoudre les précipités chimiques [24].

II.4. Avantages et limites

II.4.1. Avantages sur le plan technique

La goutte à goutte :

- Permet une économie de l'eau (50 à 70% par rapport au gravitaire et 30% par rapport à l'aspersion
- Contribue à une augmentation des rendements, de l'ordre de 20 à 40%,
- Contribue à l'amélioration de la qualité des produits maraîchers [10].

II.4.2. Avantages sur le plan économique

La goutte à goutte :

- Permet une baisse de dépenses liées à l'énergie utilisée dans le pompage,
- Réduit les charges d'exploitation agricole ;
- Réduit le coût de la main d'œuvre impliquée dans les opérations de l'irrigation
- Permet de diminuer les quantités d'engrais utilisés.

II.4.3. Avantages en terme générales

La technique du goutte-à-goutte possède d'autres nombreux avantages par rapport aux autres systèmes d'irrigation :

- a) **Précision de l'apport en eau** : l'eau est déposée avec précision à un volume de sol restreint, correspondant à la configuration du système racinaire. Une gestion adéquate de l'eau peut réduire au minimum les pertes en eau et en éléments nutritifs au-dessous de la zone racinaire.
- b) **Réduction des pertes par évaporation** : la réduction de la surface extérieure humectée diminue les pertes par évaporation directe de la surface du sol.
- c) **Élimination du gaspillage en eau sur la périphérie de la parcelle irriguée** : grâce à la technique du goutte-à-goutte, l'eau ne se répand pas au-delà des limites des parcelles irriguées comme c'est le cas dans l'irrigation par aspersion. Le système de goutte-à-goutte s'adapte véritablement à chaque parcelle de terrain, quel que soit sa forme, sa taille ou sa topographie.
- d) **Diminution des mauvaises herbes** : la réduction de la zone arrosée diminue le développement des mauvaises herbes.

- e) **Equilibrage du rapport air-eau** : le bulbe humecté par l'irrigation au goutte-à-goutte contient habituellement plus d'air qu'une terre arrosée par aspersion ou par submersion
- f) **Limites** En raison du volume limité du sol humidifié, du passage étroit de l'eau dans les émetteurs et de l'importance de l'équipement requis [10, 25].

II.4.4. Inconvénients

L'irrigation au goutte-à-goutte présente cependant certains inconvénients [25] :

- a) **Risques d'obstruction** : les étroits passages des émetteurs sont susceptibles d'être obstrués par des particules solides, des matériaux organiques en suspension ou la précipitation de sels chimiques contenus dans l'eau. L'obstruction peut encore être occasionnée par la succion de particules de sol et l'intrusion de racines dans le goutteur.
- b) **Coût initiaux élevés** : en raison du grand nombre de conduits latéraux et d'émetteurs, il est généralement difficile de déplacer le système au cours de la saison agricole. La plupart des installations sont fixes, d'où un coût d'équipement élevé par zone irriguée.
- c) **Accumulation de sel à la surface du sol** : le mouvement capillaire de l'eau dans la terre irriguée vers le haut et l'évaporation de la surface du sol laissent une forte concentration de sels dans la couche supérieure du sol. Les pluies même légères dissolvent les sels accumulés vers la zone racinaire active, pouvant endommager les cultures.
- d) **Exposition des canalisations latérales en surface et des goutteurs aux dégâts causés par les animaux** : les canalisations latérales, en particulier les tuyaux à paroi mince et les goutteurs minuscules sont sujets aux dommages causés par les rongeurs, les rats, les taupes, les sangliers et les piverts. Les canalisations latérales et les goutteurs souterrains peuvent également être endommagés par les rongeurs.
- e) **Influence négligeable sur le microclimat** : l'irrigation est parfois utilisée pour améliorer les conditions du climat local – réduction de la température pendant les vagues de chaleur et augmentation pendant la période de gel. Avec l'irrigation par aspersion ou par vaporisation, une fraction de l'eau aspergée s'évapore, dégageant de l'énergie vers l'atmosphère par temps froid ou absorbant la chaleur par temps chaud. Naturellement, cela n'est pas le cas avec l'irrigation au goutte-à-goutte.
- f) **Limitation du volume des racines**: l'application répétée de l'eau à un volume de sol limité conduit au développement de systèmes racinaires restreints et parfois peu profonds. Par conséquent, la récolte dépend de la fréquence des arrosages et devient plus sensible à la tension d'humidité par temps particulièrement chaud. Les grands arbres aux systèmes racinaires peu profonds sont susceptibles d'être déracinés par des vents rapides.

Tableau II. 1 : Avantages et inconvénients de la goutte à goutte.

| Avantages | Inconvénients |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> - Précision de l'apport en eau - Réduction des pertes par évaporation <ul style="list-style-type: none"> - Efficience du réseau - Diminution des mauvaises herbes - Equilibrage du rapport air – eau - Application intégrée d'eau et l'éléments nutritifs – fustigation <ul style="list-style-type: none"> - Autonomisation - Adaptation aux conditions topographiques et édaphiques difficiles <ul style="list-style-type: none"> - Pas d'interférence avec les autres activités agricoles - Insensibilité au vent - Diminution du fungus des feuilles et maladies des fruits <ul style="list-style-type: none"> - Pas de brûlure des feuilles | <ul style="list-style-type: none"> - Risques d'obstruction des émetteurs <ul style="list-style-type: none"> - Coûts initiaux élevés - Accumulation de sel à la surface du sol - Exposition des tuyaux et goutteurs aux dégâts (animaux) - Influence négligeable sur le microclimat <ul style="list-style-type: none"> - Limitation du volume des racines |

II.5. Etapes de conception d'un système d'irrigation

L'irrigation est la fourniture d'eau aux plantes existantes pour assurer leur croissance. L'irrigation fournit aux agriculteurs un moyen efficace d'augmenter et de réguler la production agricole. La performance d'un système d'irrigation dépend d'une connaissance approfondie des informations techniques et économiques liées aux conditions d'exploitation. Dépend du choix correct de la technologie, du système d'irrigation et de l'installation correcte des équipements, basé sur

II.5.1. Choix des cultures

La sélection des cultures est faite en conséquence pour l'installation des systèmes d'irrigation. Connaissance de certains paramètres, à savoir :

- Paramètres agro écologiques de la culture ;
- Climat ;
- Sol ;
- le besoin d'eau.

II.5.1.1. Détermination des besoins en eau des cultures

II.5.1.1.1. Identification de la ressource

L'eau d'irrigation est considérée selon son type, sa quantité et sa qualité et sa nature, il réunit plusieurs sources dans notre wilaya Tiaret comprend 4 ressource Algérienne des eaux (ADE) et 3 barrages barrage de Benkhedda, barrage de Dahmouni et barrage de Bougara .

Cependant, il est nécessaire de s'assurer de la disponibilité d'eau disponible aux heures de pointe peut déterminer quelles zones doivent être irriguées, de sorte que l'eau doit être disponible au bon moment pour l'irrigation. Qualité (bonne, moyenne ou mauvaise) pour connaître le niveau de traitement et de filtration nécessaire à utiliser. La disponibilité temporaire de l'eau en débit et en pression détermine la conception des systèmes d'irrigation.

II.5.1.1.2. Détermination des besoins en eau des cultures

La détermination de la demande d'eau des cultures nécessite certaines connaissances paramètres qui affectent à la fois le système lui-même et les données climatiques, ou sol local. Ainsi, vous pouvez citer :

- Les données climatiques (ETO) fournissent les informations nécessaires sur les besoins en humidité des cultures.

- Les paramètres du sol permettent d'estimer la capacité de stockage d'eau disponible du sol.

- La date de croissance indique les réserves d'eau facilement disponibles pour les plantes.

L'évapotranspiration (ETO) est une composante fondamentale des programmes d'irrigation. Les valeurs ETO sont estimées avec l'équation de Penman-Monteith de la FAO en utilisant des données météorologiques et de site. L'évaporation de la plante (ET culture) est calculée pour chaque culture en multipliant l'évapotranspiration (ETO) par le coefficient plante (K_c)

$$ET_{culture} = K_c \cdot ETO \quad (2.1)$$

La demande en eau des plantes (CWR) est une mesure de l'évapotranspiration Récolte ($ET_{culture}$) par l'efficacité de l'irrigation (E_i)[26].

$$CWR = ET_{culture} / E_i \quad (2.2)$$

L'efficacité d'irrigation (E_i) est constituée de l'efficacité de transport (E_e) et de l'efficacité d'application (E_a).

L'efficacité de transport (E_c) est spécifiée par la condition du canal d'irrigation ; revêtement en terre = 70%, revêtement en béton = 80-90%, tuyau = 90%. Pendant ce temps, l'efficacité d'application (E_a) est spécifiée par la méthode d'irrigation ;

- Irrigation de surface = 70%,
- Irrigation par aspersion = 80-90%,
- Irrigation goutte à goutte = 95%

II.6. Choix du matériel d'irrigation

II.6.1 Les distributeurs (goutteur)

II.6.1.1. Choix du type de distributeur

Pour l'irrigation locale, le choix du type de goutteur est important. D'après KULKER (1988), le choix du type de goutteur détermine l'uniformité de la distribution de l'eau dans le compartiment, le degré de filtration de l'eau, le type d'entretien garanti et la longévité de l'équipement. Ce choix doit tenir compte des points suivants [27]:

- Caractéristiques du sol.
- La nature des cultures.
- La qualité de l'eau.
- La configuration des parcelles.
- Coût de l'installation.

Les distributeurs peuvent être classés par ordre croissant d'exigences.

- Les gaines.
- Les goutteurs en ligne.
- Les goutteurs en dérivation.
- Les capillaires.
- Les mini diffuseurs.

II.6.1.2. Détermination du nombre de goutteurs

Le nombre de goutteurs est déterminé à l'aide de la formule[26] :

$$Nr = L * l \quad (2.3)$$

Avec : L : la longueur de la rampe.

Nr : le nombre des rampes ;

l : l'espacement entre les goutteurs.

II.6.2. Choix du type de pompe

II.6.2.1. Détermination de la hauteur manométrique

Pour évaluer les performances de la pompe, la hauteur manométrique totale (HMT) de l'eau aspirée par la pompe est déterminée. EUE correspond à la pression totale que la pompe doit délivrer, exprimée en mètres ou mètres de colonne d'eau, en bars, ou en kg/cm². Pour ce faire, vous devez savoir :

- La pression ;
- La perte de charge P due aux frottements dans l'ensemble du réseau ;
- La hauteur géométrique HG : dénivellation entre la source d'eau et le terrain à irriguer. La hauteur géométrique HG comprend la hauteur d'aspiration HGA et la hauteur de refoulement HGR.

$$HMT = HT + HG + P \quad (2.4)$$

II.6.2.2. Détermination de la puissance de la pompe

Selon [26], la puissance d'une pompe est déterminée avec la [annule suivante :

$$P = (Q * HMT * g) / R \quad (2.5)$$

Q: le débit de la pompe

HMT : Hauteur manométrique totale

g : Accélération de la pesanteur

R : Rendement de la pompe

II.7. L'installation d'un système d'arrosage goutte à goutte

Le montage du système d'irrigation goutte à goutte type FDS Netafim (pour 500 m²) montré dans la figure II.9, se fait sur le champ et nécessite outre l'achat du kit, l'acquisition d'autres matériels. Ainsi, les différents éléments indispensables sont :

- Deux (2) rouleaux de tuyaux avec goutteurs intégrés de diamètre 8 mm (longueur totale : 500 m) ;
- Un rouleau de tuyau de diamètre 25 mm (longueur totale : 25 m) ;
- Une vanne ;
- Un filtre ;
- Des coudes et Té ;
- Une pince ;
- Des accessoires :
 - Un réservoir (en béton ou en plastique) d'une capacité d'au moins 200 litres ;
 - Une élévation fixe ou mobile en matériaux définitif ;
 - Une source d'eau permanente ou provisoire ;
 - Un dispositif de refoulement de l'eau pour le remplissage du réservoir.

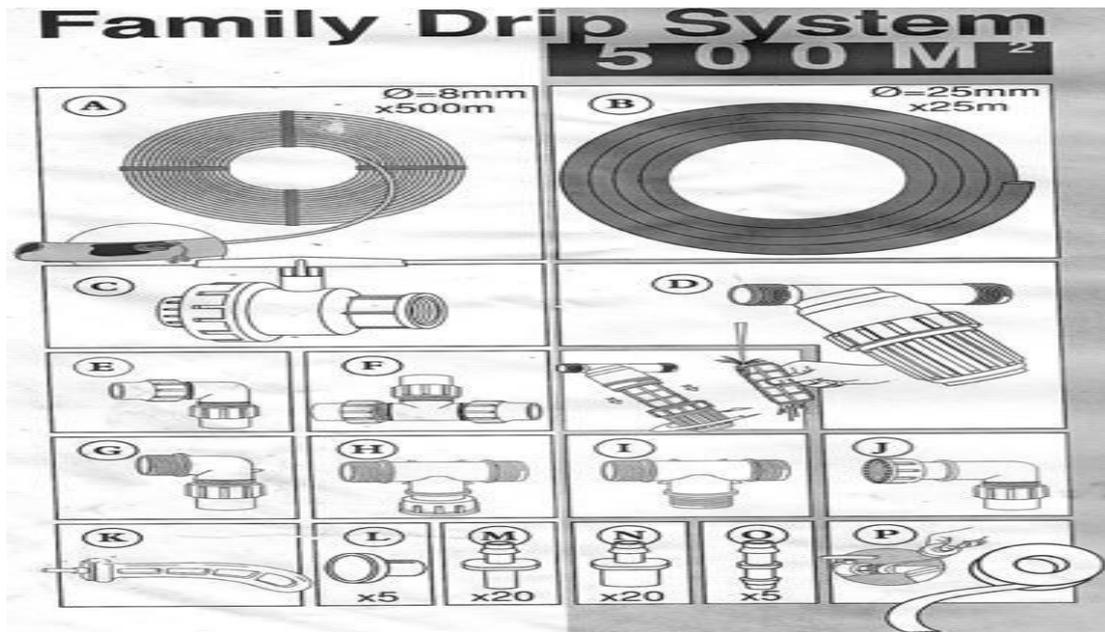
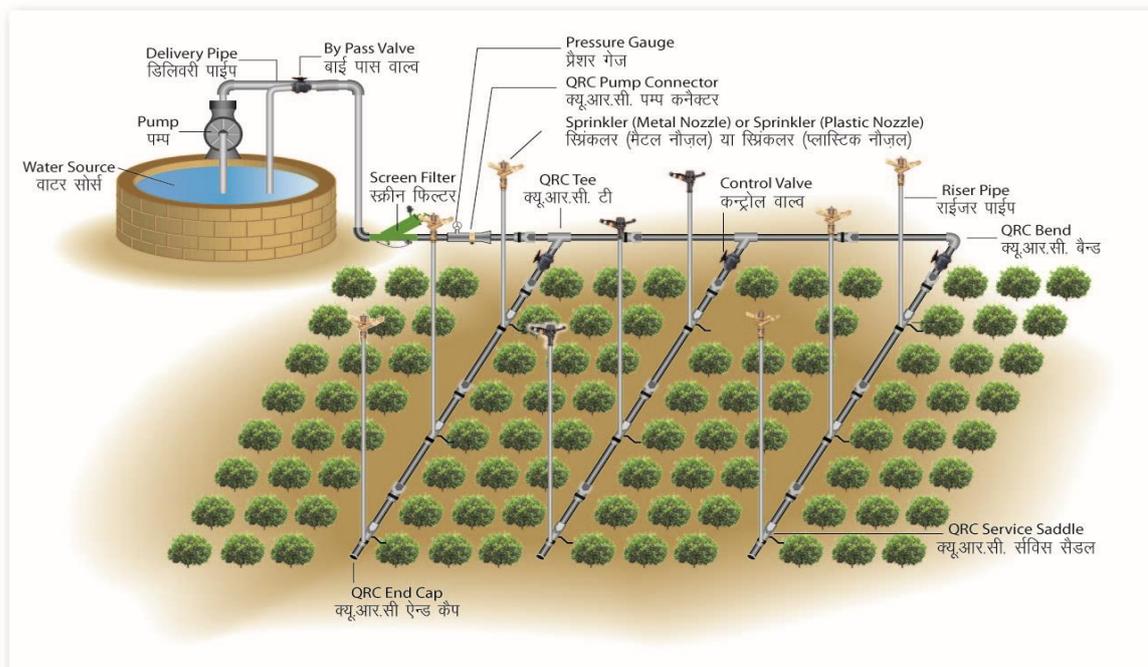


Figure II.9 : Présentation du Kit du système FDS



Layout of Sprinkler Irrigation System (छिड़काव सिंचाई प्रणाली का रेखाचित्र)

Figure II.10 : Schéma du montage du système FDS

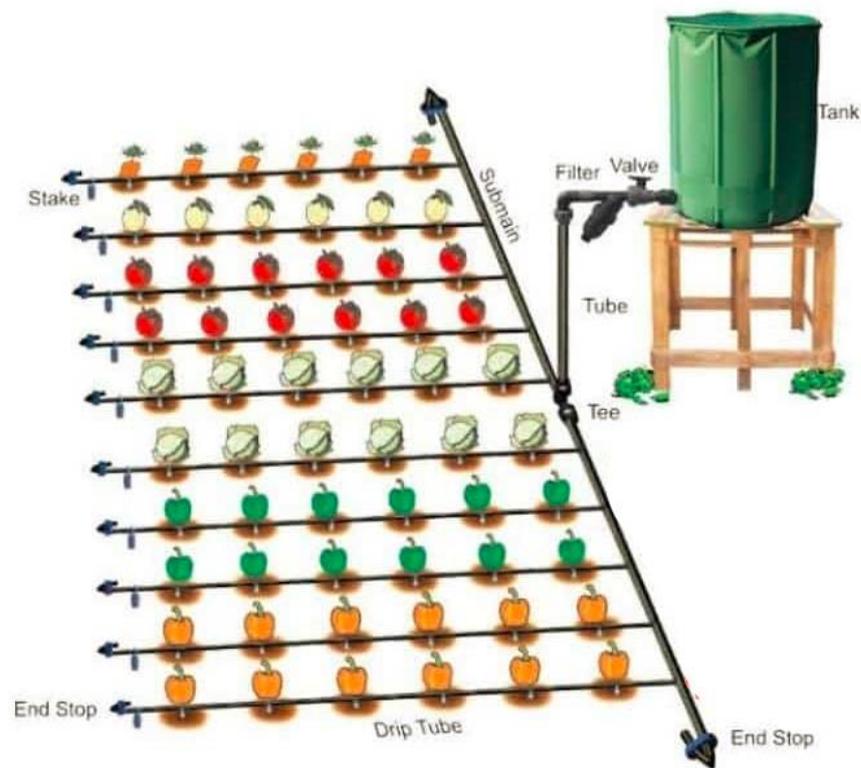
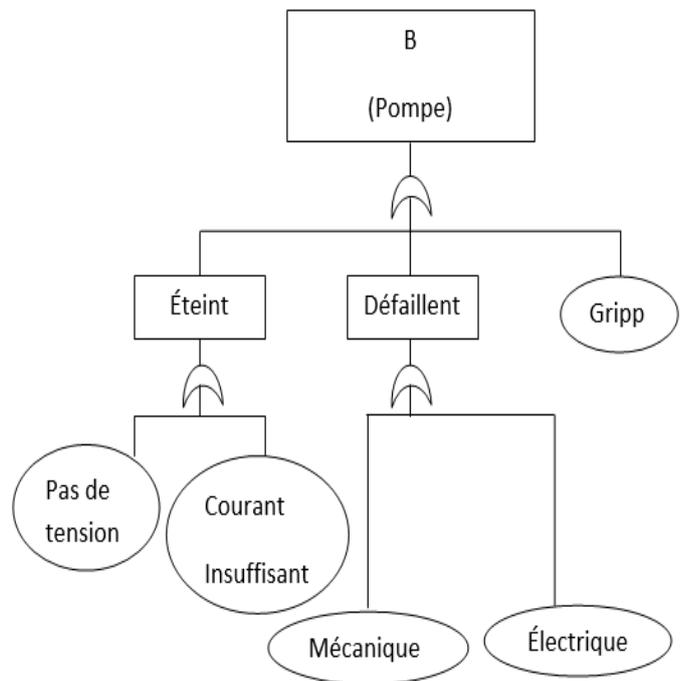
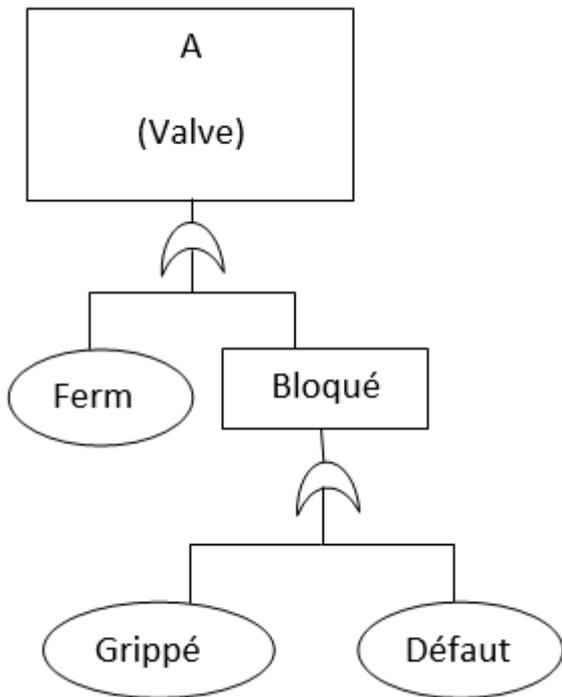
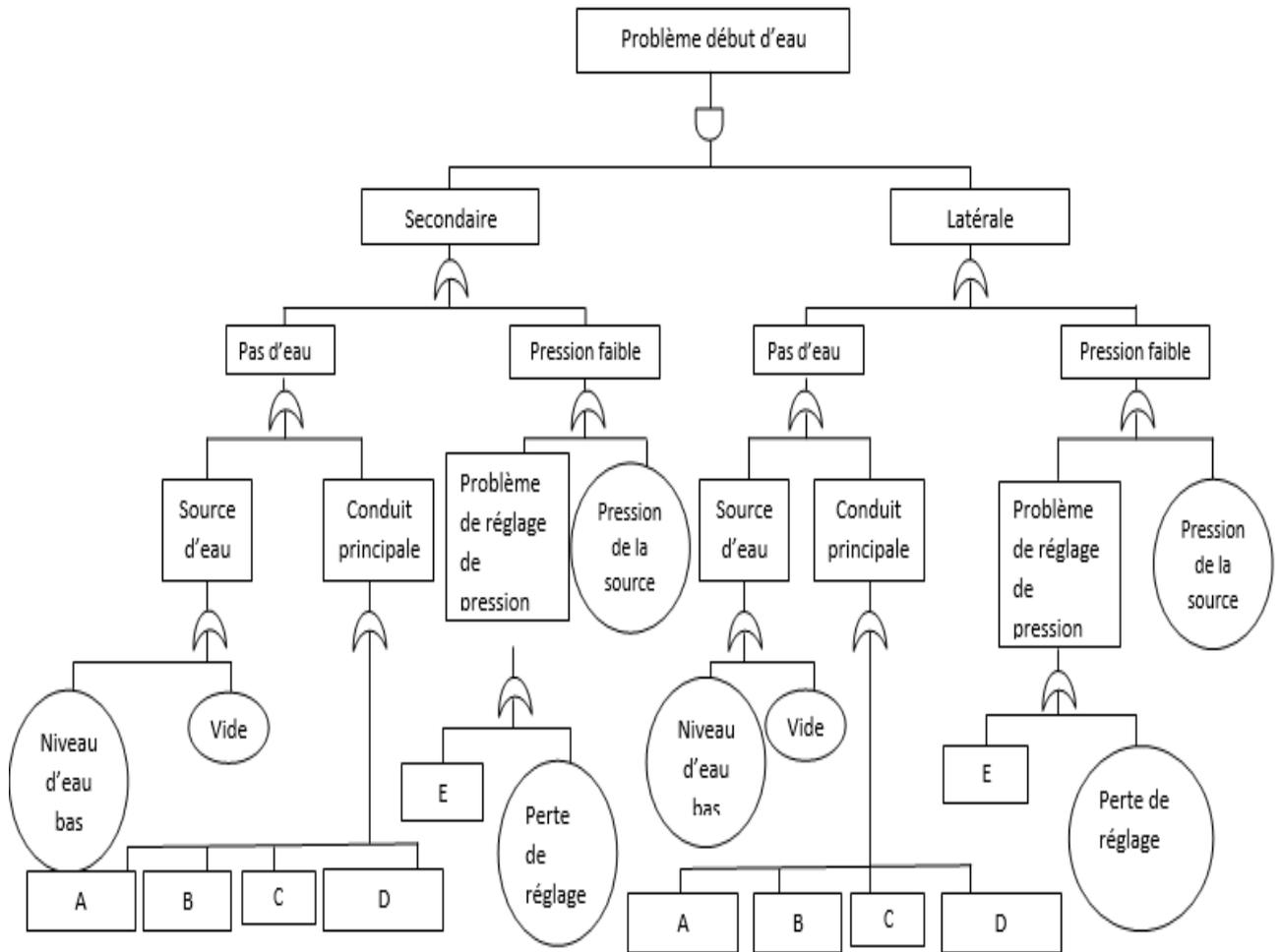
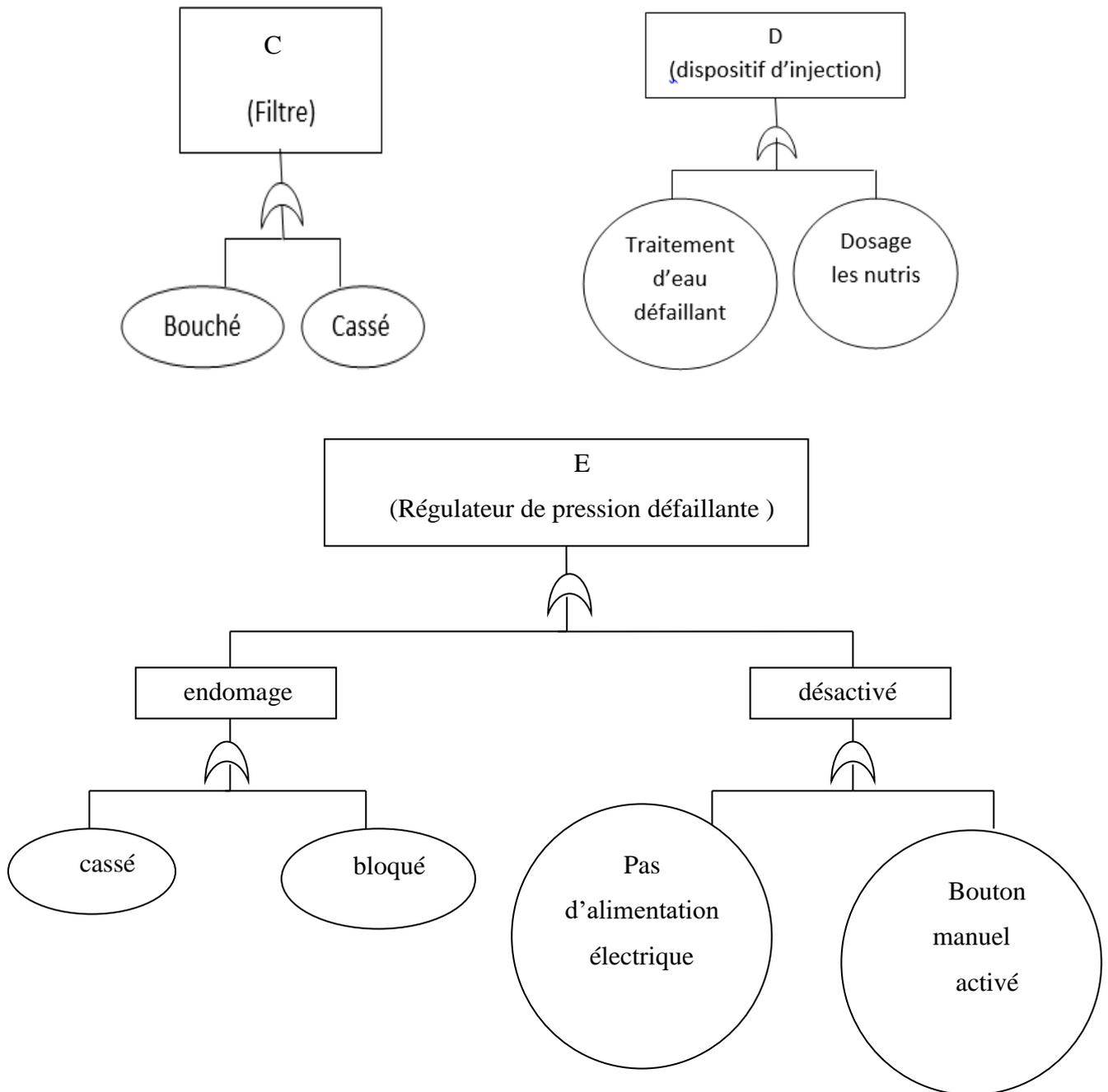


Figure II.11 : Exemple de disposition de la conduite principale et des lignes des goutteurs

II.8. Etablissement de l'arbre de défaillance d'un tel système d'irrigation

Afin de bien suivre les pannes et leurs causes, ainsi de bien définir les paramètres essentiels doit être surveillés, nous suggérons de s'appuyer sur l'arbre de défaillance pour sa facilité, ce dernier dépend des portes logiques. Dans cette partie, nous avons créé un l'arbre de défaillance pour la figure II.3 .





II.9. Conclusion

A la lumière de l'étude présentée dans ce chapitre, nous décidons alors les paramètres important à la surveillance qui sont : Le courant, La tension, Le débit d'eau ; La pression d'eau ; La qualité d'eau ; Humidité de sol ; Niveau d'eau.

L'arbre de défaillance nous a permis donc de détecter directement la défaillance qui nous facilite par la suite l'intervention sur le système tout en assurant une bonne assistance

Chapitre III :

Conception et réalisation du projet

III.1. Introduction

Après avoir présenté le système étudié dans les chapitres précédents par ses composants nécessaires et son arbre de défaillance, dans ce chapitre nous allons entamer l'établissement de notre projet. Commençant par simuler le processus capteur et réception des données, cette partie est faite par les logiciels Proteus, Arduino ide et interface PC.

Un prototype de notre système est réalisé dans le second, afin de tester pratiquement l'efficacité de notre système de surveillance alloué pour une système d'irrigation type gout a gout.

III.2 Partie de simulation

III.2.1 Capteur niveau d'eau

Le niveau d'eau dans le réservoir est le premier facteur doit être surveiller pour assurer l'approvisionnement en eau et par la suite assurer l'irrigation, si le niveau d'eau est inferieur a une seuil fixe, le programme signal un réservoir vide, si le signal persiste, alors on constate qu'il y'a un problème au niveau de réservoir.

Code software

Le code ci-dessous montre les lignes d'instructions pour faire fonctionner le capteur avec la carte ArduinoUno

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystallcd(13, 12, 11, 10, 9, 8);
void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Projet PFE: ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("2022 / 2023: ");
  delay(1000);
  lcd.clear();
}
void loop() {
  float level = analogRead(A0)*0.0048828125;
  if (level>1 ) {
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(level);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("reservplein");
  delay(500);
  lcd.clear();
  }
  if (level>0.5 && level < 1) {
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(level);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("réservmoitier");
  delay(500);
  lcd.clear();
  }
  if (level<0.5 ) {
```

```

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(level);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("reserv vide");
delay(500);
lcd.clear();
    }
}
    
```

• **Résultat**

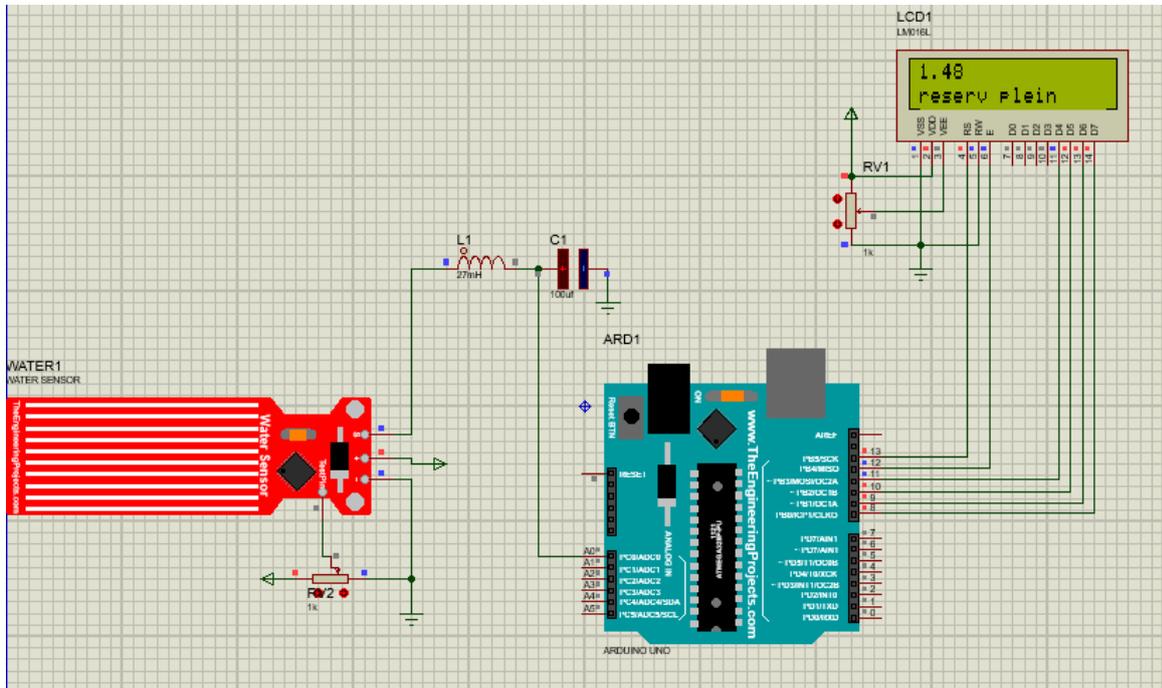


Figure III.1 :Simulation Proteus capteur niveau d'eau (réservoir plein)

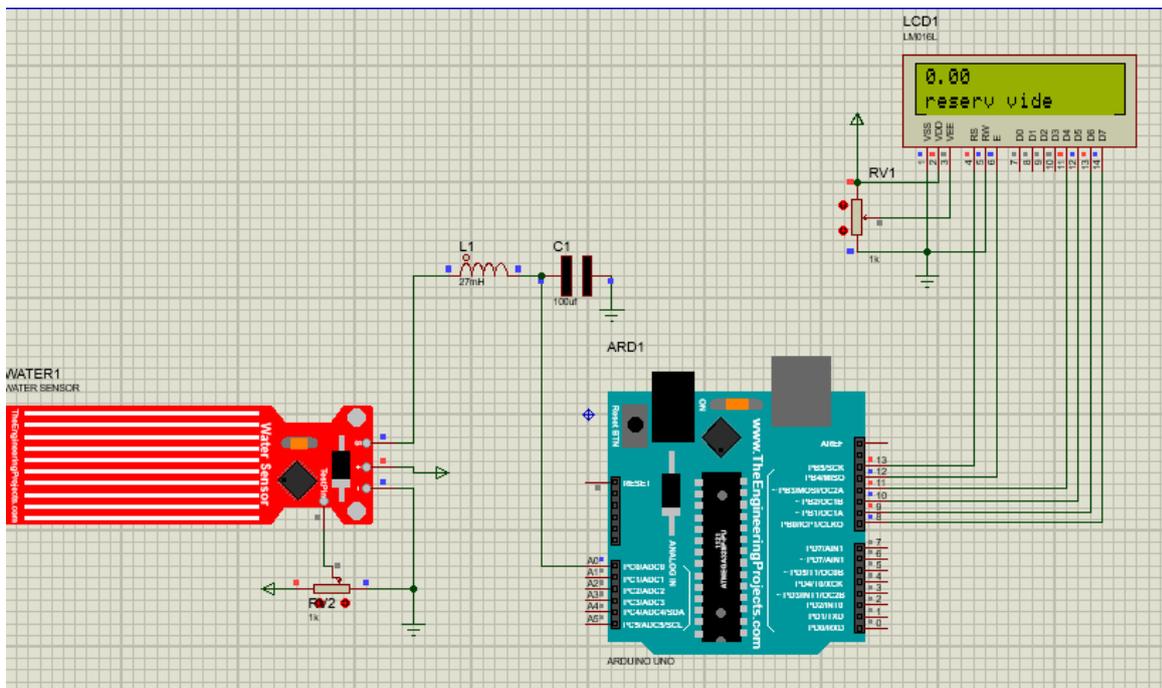


Figure III.2 :Simulation Proteus capteur niveau d'eau (réservoir vide)

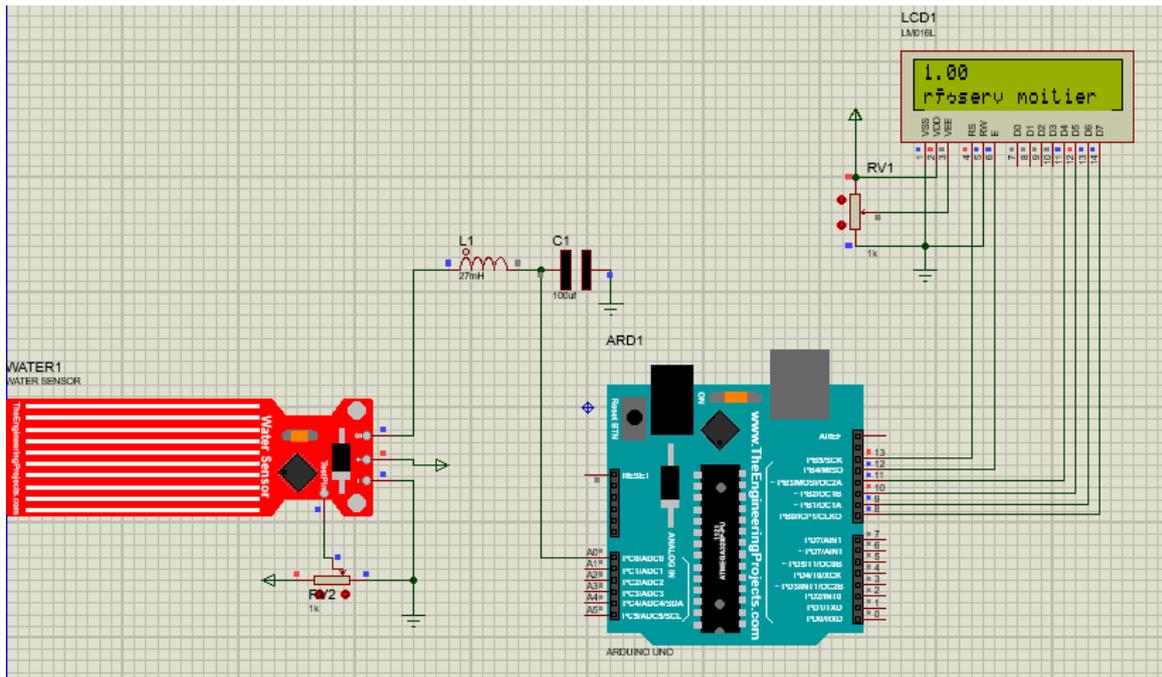


Figure III.3 :Simulation Proteus capteur de niveau d'eau (réservoir moitié)

III.2.2 Capteur débit d'eau

La caractéristique intrinsèque de chaque système d'irrigation lie directement au débit d'eau injecter dans les branchement, de ce fait la surveillance de ce paramètre est indispensable, un capteur de débit d'eau type YF-S204 est inséré dans notre système afin d'obtenir l'information sur le débit d'eau et assurer le bon fonctionnement de notre système d'irrigation.

- **Code**

```
#include <FlowSensor.h>
#include <Arduino.h>
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystallcd(13, 12, 11, 10, 9, 8);
FlowSensor Sensor(YFS201,2);
unsigned long timebefore = 0; //
void count()
{
  Sensor.count();
}
void setup() {
  Sensor.begin(count);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Projet PFE: ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("2022 / 2023");
  delay(1000);
  lcd.clear();
}
void loop() {
  timebefore>= 1000 ;
  Sensor.read();
  timebefore = millis();
```

```

float Q=Sensor.getFlowRate_m();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(Q);
lcd.setCursor(0,1);
if(Q >=2){
lcd.print("Bon debit");
delay(1000);
}
if(Q <2){
lcd.print("mauvais debit");
delay(1000);
}
}
    
```

• **Résultat**

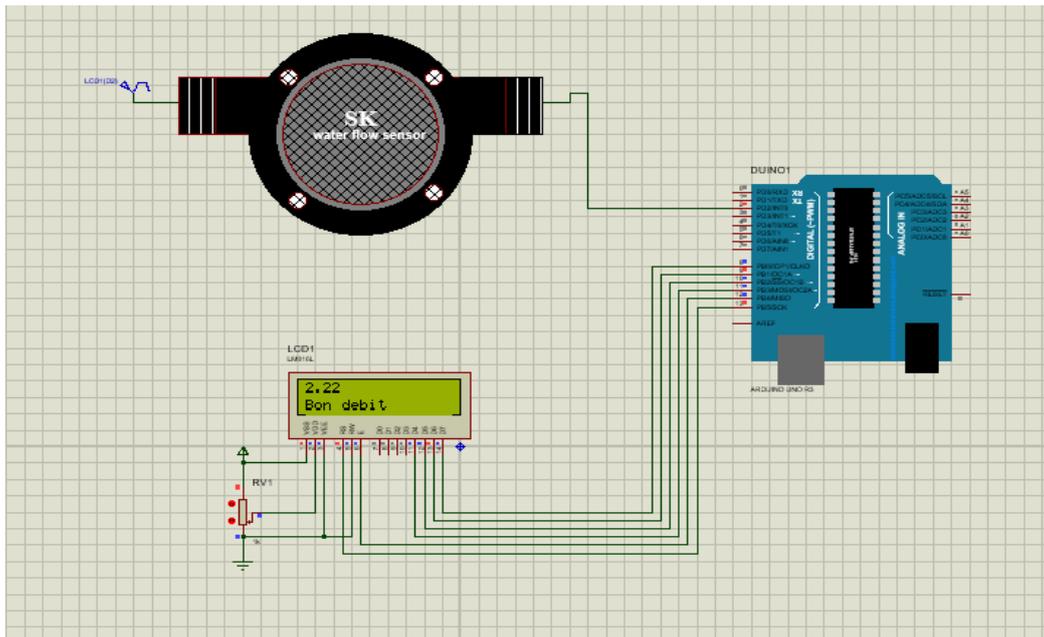


Figure III.4 :Simulation Proteus capteur débit d’eau (bon débit)

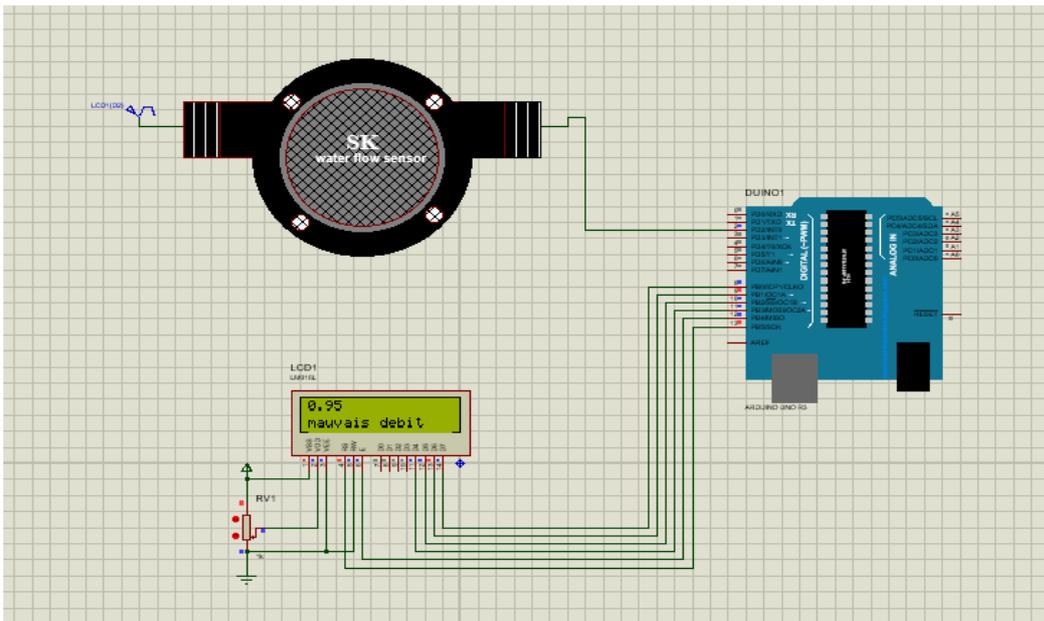


Figure III.5. Simulation proteus capteur débit d’eau (mauvais débit)

III.2.3 Capteurs de tension et de courant

III.2.3.1 Capteur de tension

Capteur AC Voltage ZMPT101B Arduino est un module basé sur un transformateur abaisseur de tension qui vous permet de mesurer des tensions alternatives jusqu'à 250V. Il est simple à utiliser et est livré avec un potentiomètre de Trim multi-tours pour régler la sortie ADC, Ce module à inductance de tension de sortie monophasée active AC. Le ZMPT101B est un choix idéal pour mesurer la tension alternative en utilisant Arduino / ESP8266 / Raspberry Pi comme une plate-forme open source. Dans de nombreux projets électriques, l'ingénieur s'occupe directement mesures avec peu d'exigences de base comme :

Isolation galvanique élevée.

Large gamme.

Haute précision.

Bonne cohérence

III.2.3.2 Capteur de courant

Carte de circuit d'amplificateur opérationnel de haute précision, un échantillonnage précis et fonction de compensation approprié pour envoyer le signal. Il est commode pour l'acquisition de signal de courant alternatif dans 5A. Le signal alternatif analogique de sortie correspondant peut être ajusté. La tension de sortie requise peut être ajustée en fonction du potentiomètre (réglage du rapport d'amplification, la plage d'amplification est de 0 à 100 fois), mais la tension maximale à la sortie (OUT) ne dépassera pas 1/2 VCC.

- **code**

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystallcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
float sensorValue1 = 0;
float sensorValue2 = 0;
float voltageValue = 0;
float currentValue = 0;
void setup() {
  pinMode(6, OUTPUT);
  lcd.begin(16, 2);
}
void loop()
{
  sensorValue1 = analogRead(A0);
  sensorValue2 = analogRead(A1);
  voltageValue= (sensorValue1 * 5.0 /1023.0) *5;
  currentValue= (sensorValue2 * 5.0 /1023.0);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("V=");
  lcd.print(voltageValue);
  lcd.print("V");
  lcd.setCursor(1, 1);
  lcd.print("I=");
  lcd.print(currentValue);
  lcd.print("A"); }
```

• **Résultat**

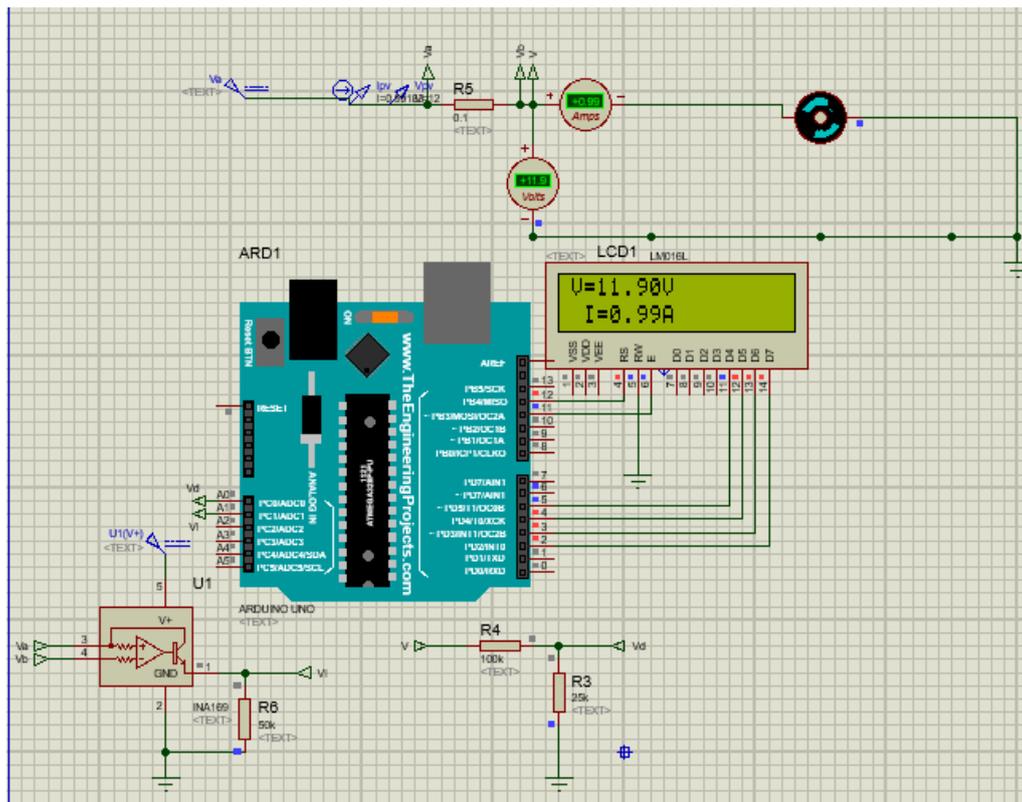


Figure III.6. Simulation Proteus capteur courant tension

III.2.4 Capteur humidité du sol

L'humidité du sol permet de préserver la vie de la faune du sol, d'améliorer la germination et la croissance des végétaux. Le capteur d'humidité du sol, lorsqu'il est intégré dans les terres agricoles, nous permet d'échantillonner l'humidité du sol. Il convient pour surveiller l'humidité du sol pour les plantes et contrôler la quantité d'eau pour le processus d'irrigation.

• **Code**

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystallcd(13,12,11,10,9,8);
//#include <LCD_I2C.h>
//LCD_I2C lcd(0x27, 16, 2);
intPin_Capteur_Humidite = A0;
intValeur_Humidite=0;
intPourcentage_Humidite=0;
int sec = 567; //la valeur maximum qu'on obtient du capteur *attention la
valeur peuvent varier
int humide = 240; //la valeur minimal qu'on obtient du capteur *attention
la valeur peuvent varier
void setup(){
Serial.begin(9600);
lcd.begin(16,2);
//lcd.begin();
//lcd.backlight();
}
void loop(){
```

```
Valeur_Humidite = analogRead(Pin_Capteur_Humidite);
Pourcentage_Humidite = map(Valeur_Humidite,sec,humide,0,100); //On
transforme nos valeurs en pourcentage
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("humidite = ");
lcd.print(Pourcentage_Humidite);
lcd.print("%");
delay(500);
lcd.clear();
Serial.print(Pourcentage_Humidite);
Serial.println("%");
}
```

• **Résultat**

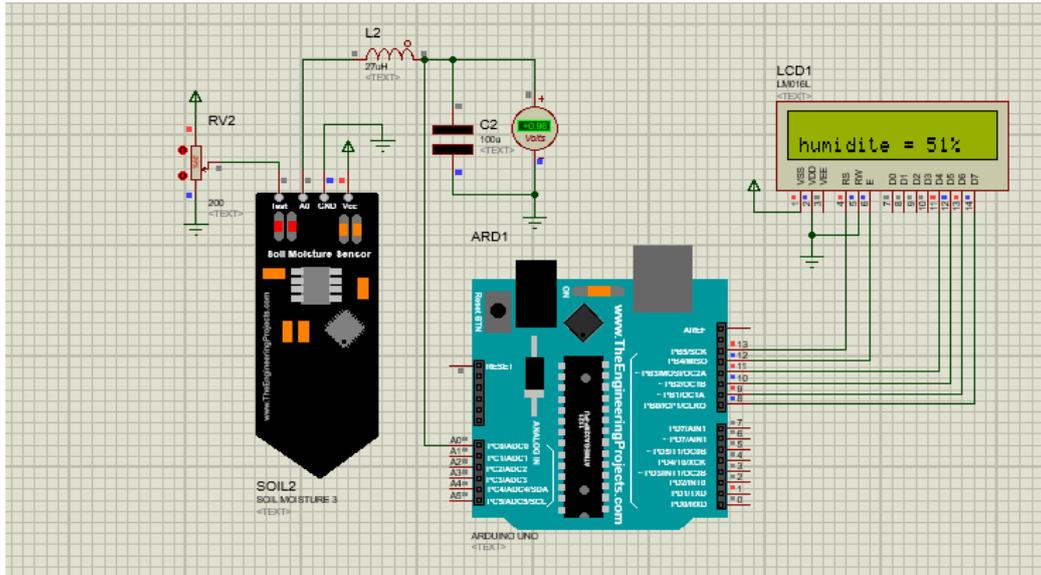


Figure III.7 :Simulation Proteus capteur humidité du sol

III.2.5 Capteur qualité d’eau

En irrigation, la qualité chimique de l’eau peut affecter l’état de santé du végétal et la longévité et l’efficacité du réseau en place surtout s’il est enterré. Pour éviter l’accumulation de sédiments, nous utilisons le capteur de qualité de l’eau pour éviter le risque de colmatage. évité le colmatage, permet de limiter les coûts d’entretien du système.

• **Code**

```
#include<LiquidCrystal.h>
LiquidCrystallcd(13,12,11,10,9,8);
void setup(){
lcd.begin(16, 2);
lcd.setCursor (0,0);
lcd.print("projet PFE");
lcd.setCursor (0,1);
lcd.print("2022/2023");
delay(1000);
lcd.clear();}
```

```

void loop() {
  intread_ADC = analogRead(A3);
  intntu = read_ADC*0.0048;
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Turbidity:");
  lcd.setCursor(11,0);
  lcd.print(ntu);
  delay(1000);
  lcd.setCursor(0,1);
  if(ntu<1)          {lcd.print("trespropre");}
  if(ntu>=1 &&ntu<3) {lcd.print("Norme propre");}
  if(ntu>=3)        {lcd.print("tres sale");}
  delay(1000);
  lcd.clear();
}
    
```

• **Résultat**

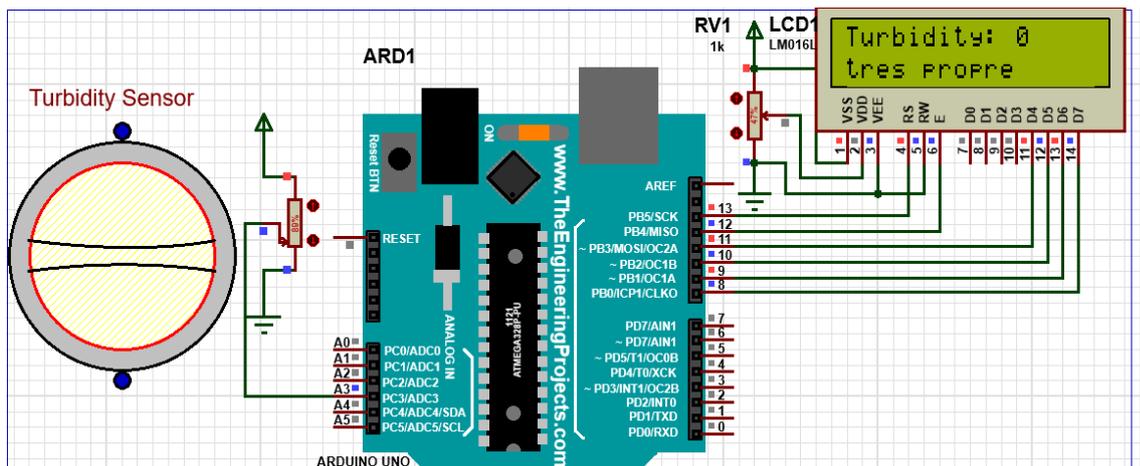


Figure III.8 :Simulation Proteus capteur qualité d'eau (très propre)

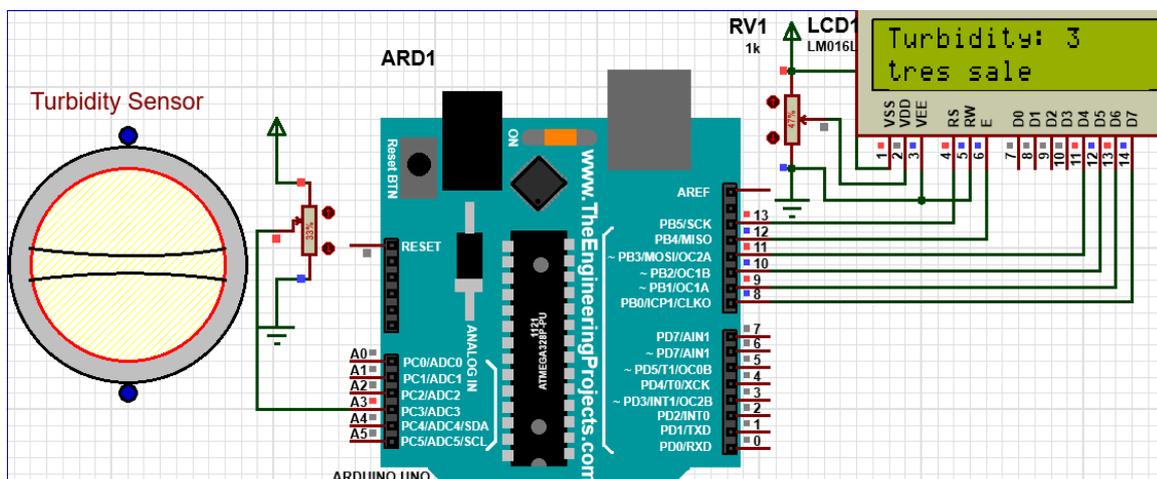


Figure III.9. Simulation Proteus capteur qualité d'eau (très sale)

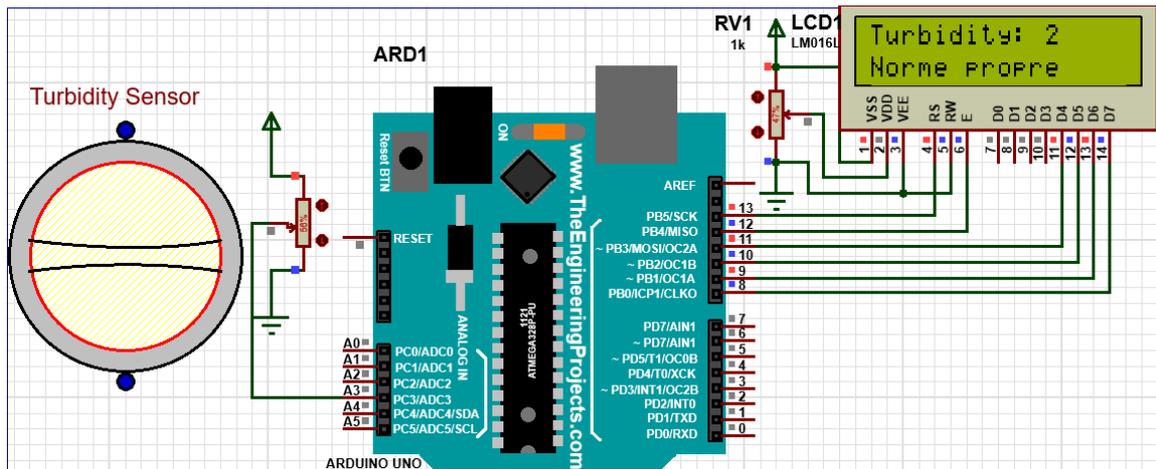


Figure III.10 :Simulation Proteus capteur qualité d'eau (Propre)

III.2.6 Assemblage

Dans cette partie, nous avons simulé le processus de détection en recueillant des capteurs pour surveiller le niveau d'eau, le début de l'eau, la qualité de l'eau, l'humidité du sol, la tension et les courants. Pour obtenir une surveillance efficace au système d'irrigation agricole.

- code

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystallcd(13, 12, 11, 10, 9, 8);
#include <FlowSensor.h>
#include <Arduino.h>
float sensorValue1 = 0;
float sensorValue2 = 0;
float voltageValue = 0;
float currentValue = 0;
FlowSensor Sensor(YFS201,2);
unsigned long timebefore = 0;
constintledPin = 13;
intPin_Capteur_Humidite = A4;
intValeur_Humidite=0; //la valeur lu par le capteur
intPourcentage_Humidite=0; //la valeur en pourcentage de l'humidité
int sec = 567; //la valeur maximum qu'on obtient du capteur *attention la
valeur peuvent varier
int humide = 240; //la valeur minimal qu'on obtient du capteur *attention
la valeur peuvent varier
void count(){
Sensor.count();}
void setup() {
pinMode(6, OUTPUT);
lcd.begin(16, 2);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Projet PFE: ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("2022 / 2023");
delay(1000);
lcd.clear();
//////////
pinMode(ledPin, OUTPUT);
Sensor.begin(count);
Serial.begin(9600); }
```

```

void loop() {
  ////////////Debit
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  timebefore>= 1000 ;
  Sensor.read();
  timebefore = millis();
  float Q=Sensor.getFlowRate_m();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print ("Q=");
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print (Q);
  lcd.setCursor(10,0);
  lcd.print("ml/s");
  lcd.setCursor(1,1);
  if (Q >=2){lcd.print("Bon debit");
  delay(1000); }
  if (Q <2){ lcd.print("mauvais debit");
  delay(1000); }
  lcd.clear(); }
  ////////////level
  float level = analogRead(A2);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("level=");
  lcd.setCursor(10,0);
  lcd.print(level);
  lcd.setCursor(1,1);
  if (level>300 ) {
  lcd.print("reservpleine");
  delay(1000);
  }
  if (level>250 && level < 300) {
  lcd.print("reservmoitier");
  delay(1000);
  }
  if (level<250 ) {
  lcd.print("reserv vide");
  delay(1000);
  lcd.clear();
  }
  ////////////Turbidity
  intread_ADC = analogRead(A3);
  intntu = read_ADC*0.0048;
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Turbidity:");
  lcd.setCursor(11,0);
  lcd.print(ntu);
  lcd.setCursor(0,1);
  if(ntu<1) {lcd.print("tres propre");} //Eau tres propre
  if(ntu>=1 &&ntu<3) {lcd.print("Norme propre");} //Norme d'eau propre
  if(ntu>=3) {lcd.print("tres sale");} //Eau tres sale
  delay(1000);
  lcd.clear();
  ////////////Humidite
  Valeur_Humidite = analogRead(Pin_Capteur_Humidite); //lire la valeur
  retournée par le capteur de l'humidité
  Pourcentage_Humidite = map(Valeur_Humidite,sec,humide,0,100); //On
  transforme nos valeurs en pourcentage
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("humidite = ");
  lcd.print(Pourcentage_Humidite);
  lcd.print("%");
  delay(1000);
  lcd.clear();
}

```

```

/////Current_Voltage
sensorValue1 = analogRead(A0);
sensorValue2 = analogRead(A1);
voltageValue= (sensorValue1 * 5.0 /1023.0) *5;
currentValue= (sensorValue2 * 5.0 /1023.0);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("V=");
lcd.print(voltageValue);
lcd.print("V I=");
lcd.print(currentValue);
lcd.print("A");
delay(1000);
lcd.clear();}
    
```

• **Résultat**

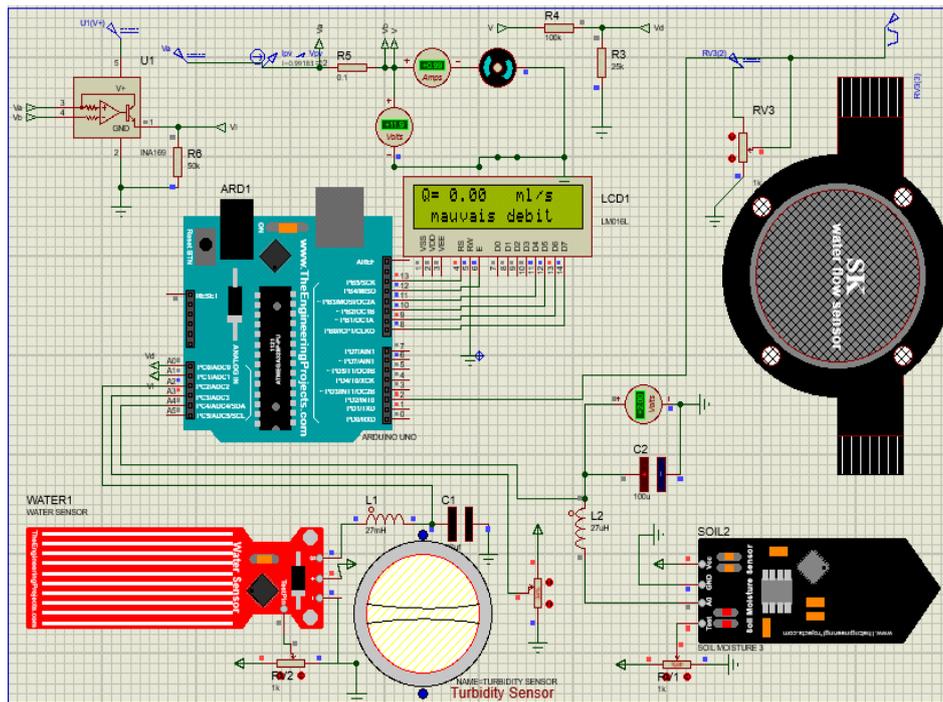


Figure III.11 :Simulation Proteus assemblage (débit d'eau)

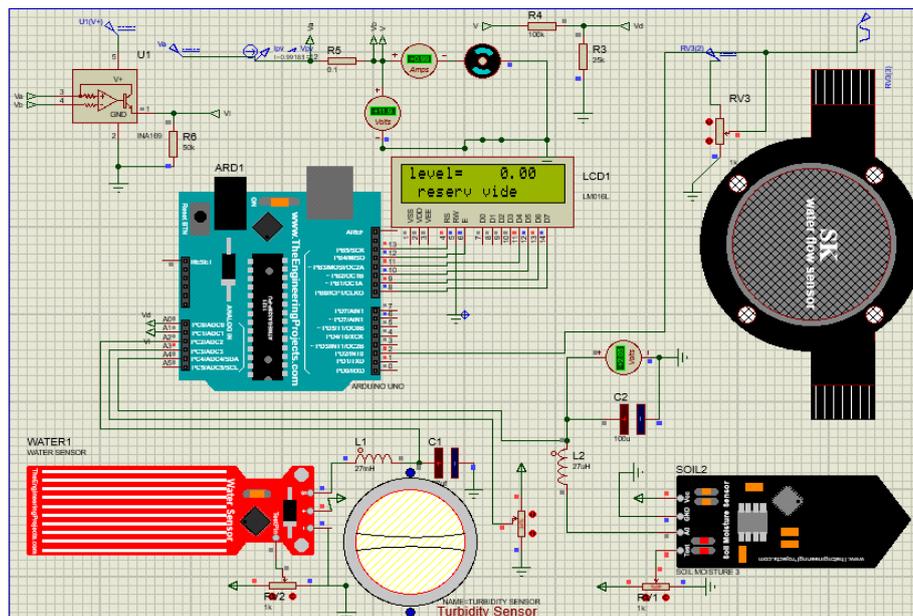


Figure III.12 :Simulation Proteus assemblage (niveau d'eau)

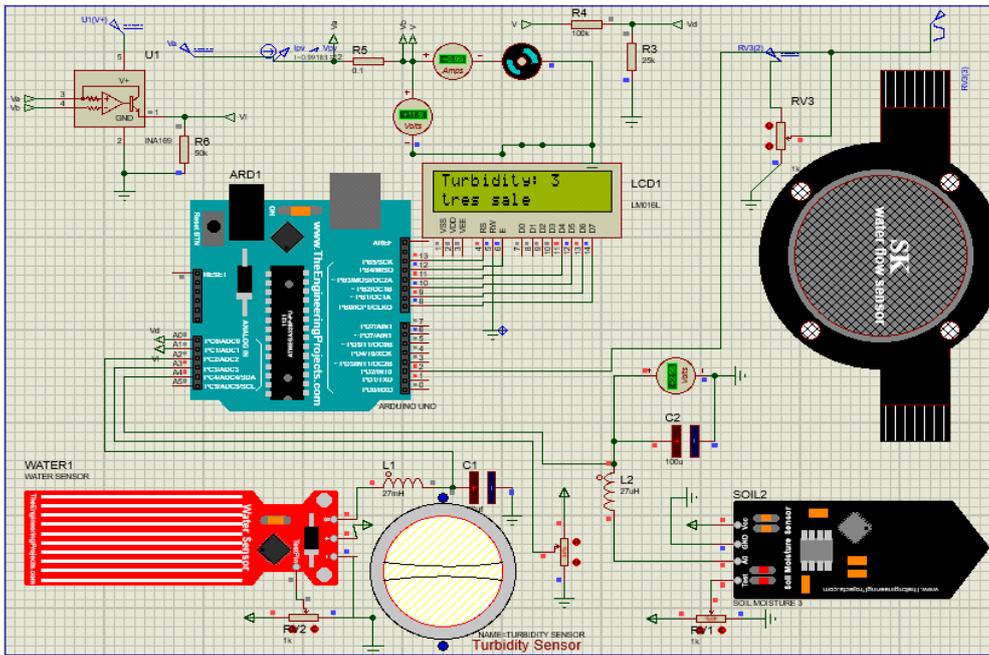


Figure III.13 :Simulation Proteus assemblage (qualité d'eau)

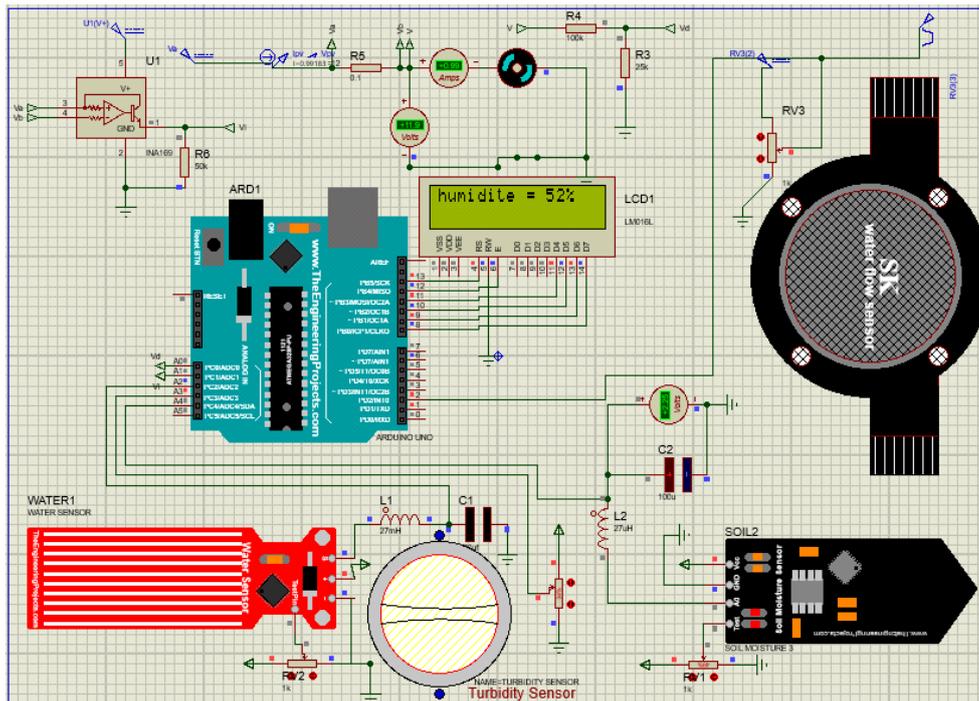


Figure III.14 :Simulation Proteus assemblage (humidité de sol)

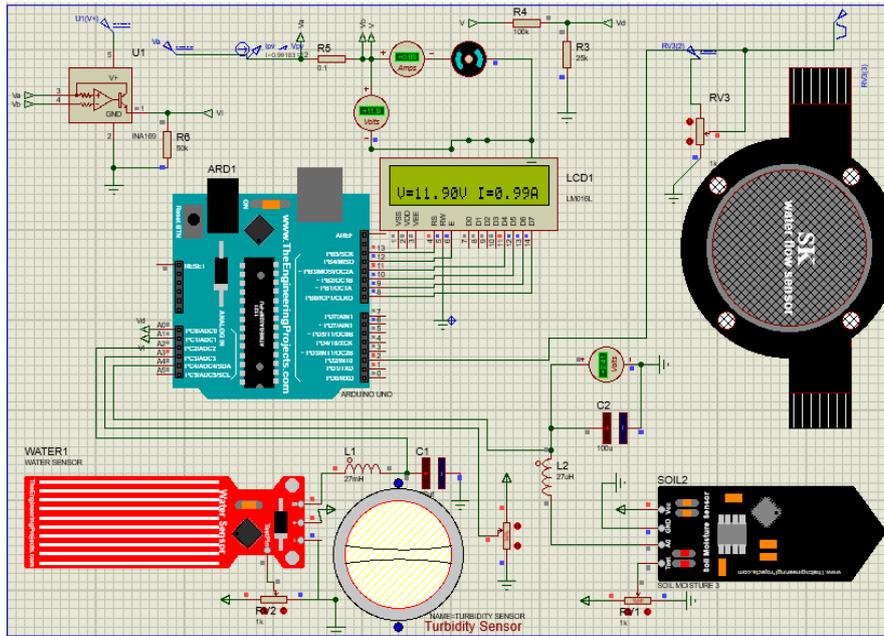


Figure III.15 :Simulation Proteus assemblage (V/I)

III.3. Réalisation du projet

La figure III.16 montre le mini projet d'un système d'irrigation gout a gout dont l'objectif de notre appareil est de faire l'acquisition des différentes signaux prévus descapteurs et les envoyés à un serveur web, comme nous avons dit dans la première section de ce chapitre, le cœur de notre appareil est la plateforme Arduino, une carte ESP8266 pour assurer l'envoi des données au serveur est reliev à travers des portes analogique et numérique par des capteurs de courant, de tension, de débit, de niveau d'eau et de humidité de sol.



FigureIII.16 : Prototypage de projet « irrigation gout a gout »



Figure III.17 : Composant des projet placement des capteurs



Figure III.18 : Conduite principale et rampes latéraux

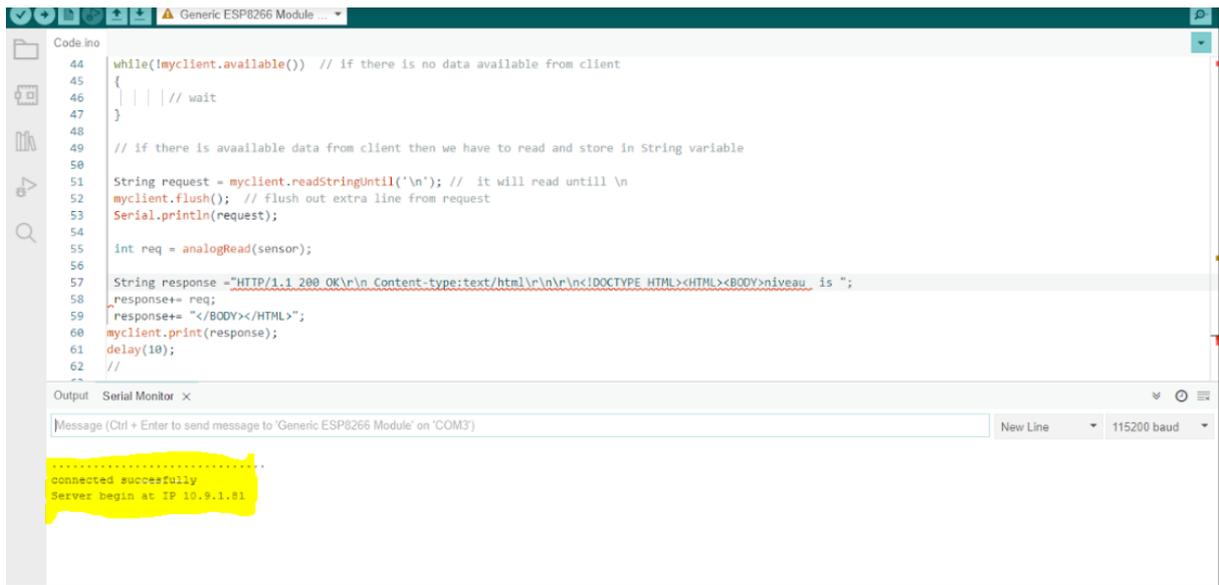


Figure III.19 : Connexion de la carte au serveur

La figure III.19 montre la réussite de connecter la carte ESP8266 au serveur via le réseau WIFI sous l'adresse : 10.9.1.81. Cette adresse est une adresse fixe c'est-à-dire physique. Si on met cette adresse dans le navigateur web comme EDG ou Chrome, on reçoit toute les valeurs des capteurs installés sur la carte.

III.4. Test expérimentale

III.4.1. Cas de fonctionnement normale

Tout d'abord, nous avons testé le bon fonctionnement de notre projet pour cela, nous avons démarré le système d'irrigation et reçoit les différents paramètres, les courbes c'est dessous montrent le début, le niveau et l'humidité de sol, noté que tous les capteurs envoient un signal numérique.

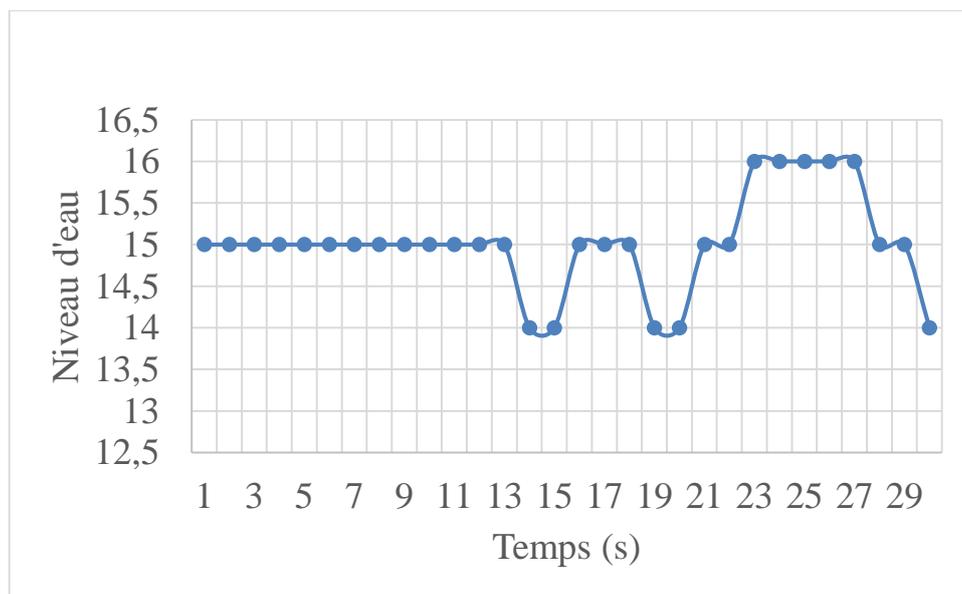


Figure III.20 : Niveau d'eau

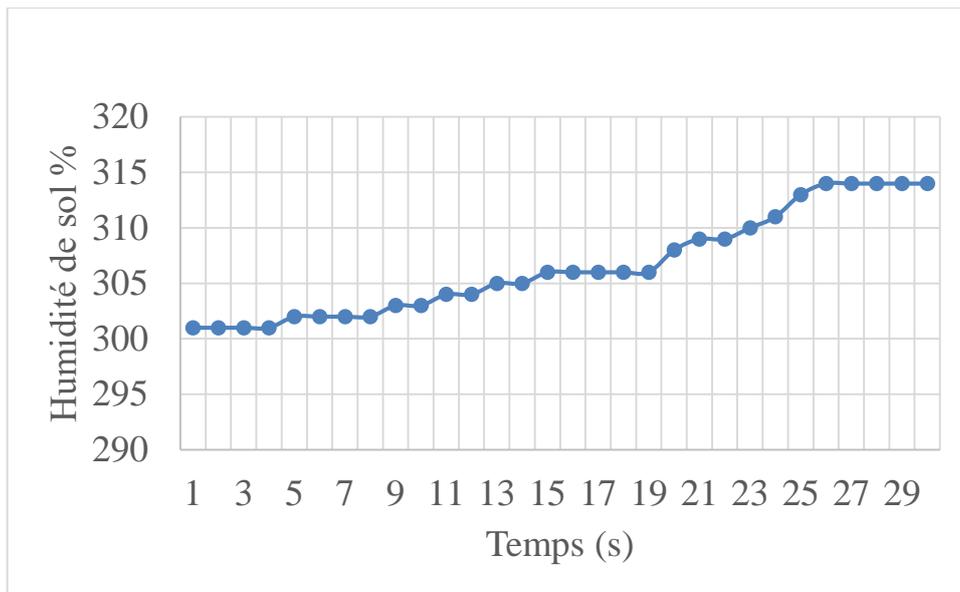


Figure III.21 : Humidité de sol %

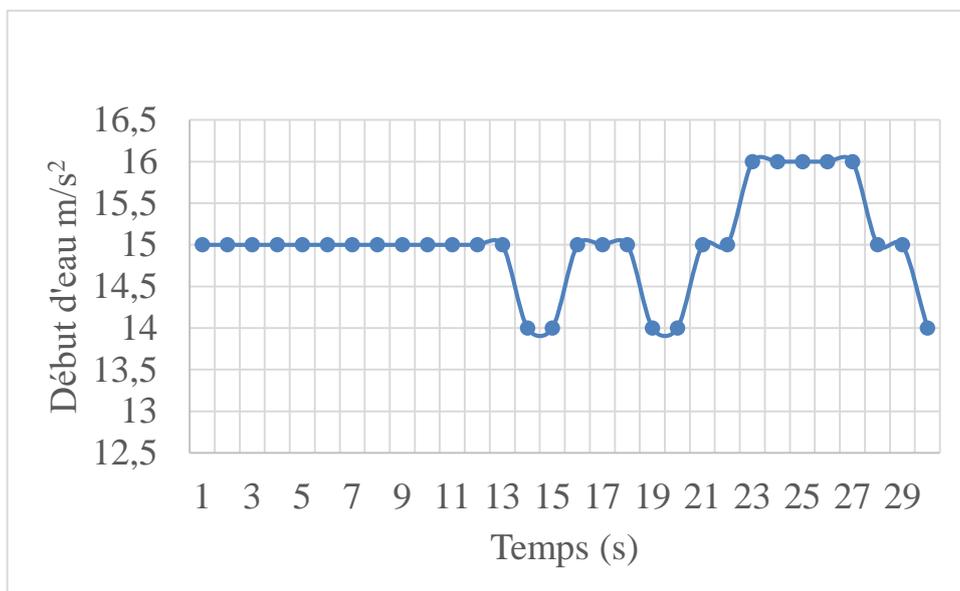


Figure III.22 : Débit d'eau

Comme l'arbre de défaillance établis dans le deuxième chapitre est compliqué ainsi comporte un grand nombre des défaillances et leurs causes, nous avons choisi de faire la démonstration de la surveillance et l'analyse sur quelques défaillances et ceux dépend de la disponibilité des capteurs dans le marché.

Les trois figures ci-dessous montre les paramètres reçus dans le cas de fonctionnement normal, un débit d'eau presque stable montre que la vanne est ouverte et le filtre est bien nettoyé.

La variation de niveau d'eau montre dans une plage limité montre que le réservoir est rempli par l'eau ainsi que la pompe garde toujours le niveau d'eau suffisant pour le bon fonctionnement du système.

Sur la figure III.21, on peut voir clairement que l'humidité du sol commence à augmenter ce qui assure que le sol est arrosé par l'eau c'est-à-dire les rampes latérales et les gouteurs sont en bon santé.

III.4.2. Cas de la défaillance

III.4.2.1. Problème au niveau de la vanne

Dans ce cas-là, nous provoquons une défaillance représentée par la fermeture de la vanne (on ferme la vanne manuellement) comme montré dans la figure III.23.



Figure III.23 : Cas de défaillance de la vanne

La figure ci-dessous montre les valeurs des paramètres reçus par l'interface.

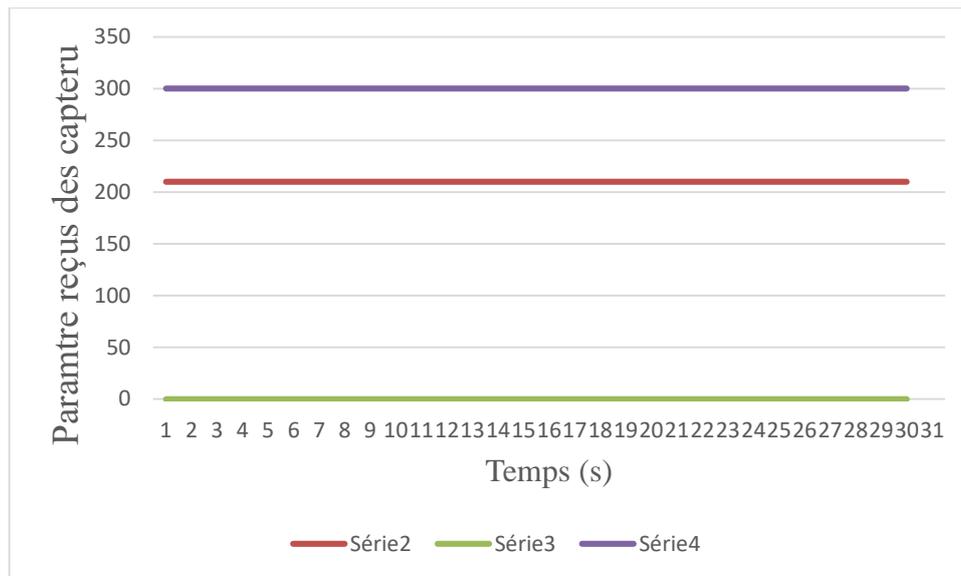


Figure III.24 : Signaux Cas de défaillance de la vanne

Sur la figure III.24, on peut remarquer que :

- La courbe en bleu montre le niveau d'eau qu'est fixe tout le temps.
- La courbe rouge montre l'humidité du sol qu'est aussi bien fixe.
- La courbe en vert qu'est nulle représente le début d'eau.

C'est trois remarques montrent qu'il y'a de l'eau de réservoir mais il n'y a pas de début d'eau (pas de circulation d'eau) et il n'y a pas d'arrosage.

Revenant maintenant à l'arbre de défaillance, dans le cas où il n'y a pas d'eau deux cas sont possible : soit la source d'eau soit la conduite principale, pour la première (source d'eau), selon l'information obtenue du capteur de niveau d'eau, le réservoir est rempli donc pas de problème, alors nous devons suivi le deuxième coulé de l'arbre qui nous a dit que la défaillance est possible dans la conduite principale.

Toujours dans ce coulé de l'arbre, si une défaillance est présentée dans la conduite principale, deux cas sont possibles : soit le dispositif d'injection qui n'est pas présent dans notre cas, soit la vanne est défaillante ou fermé et c'est sa notre cas.

III.4.2.2. Problème au niveau filtre

Dans ce deuxième cas, nous provoquons un problème au niveau d'eau, nous avons le bouché par des grains de sol (pour qu'on puissent le nettoyer plus tard) comme montre dans la figure ci-dessous :

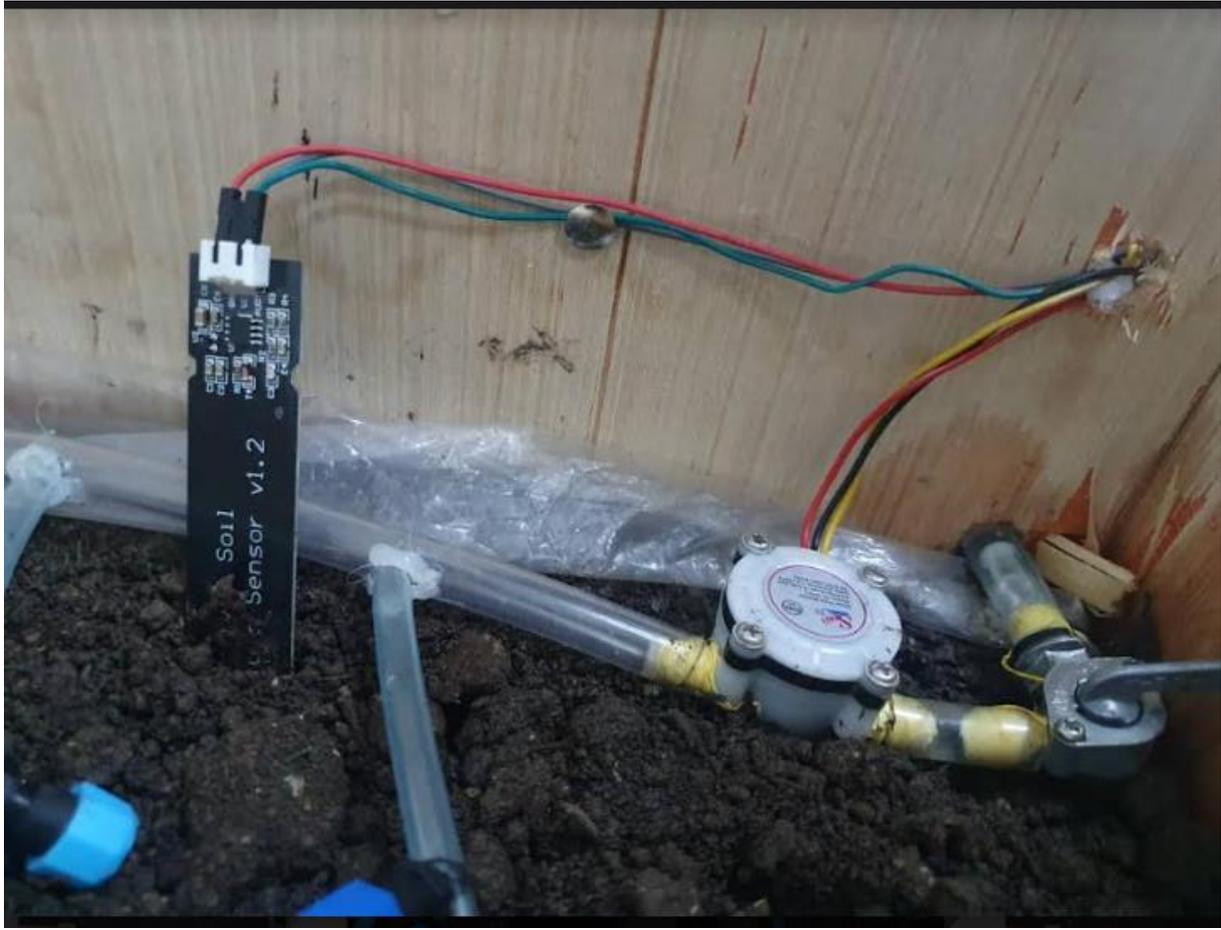


Figure III.25 :Filtre bouché

Les courbes de la figures III.25 montrent les valeurs reçues des trois capteurs :

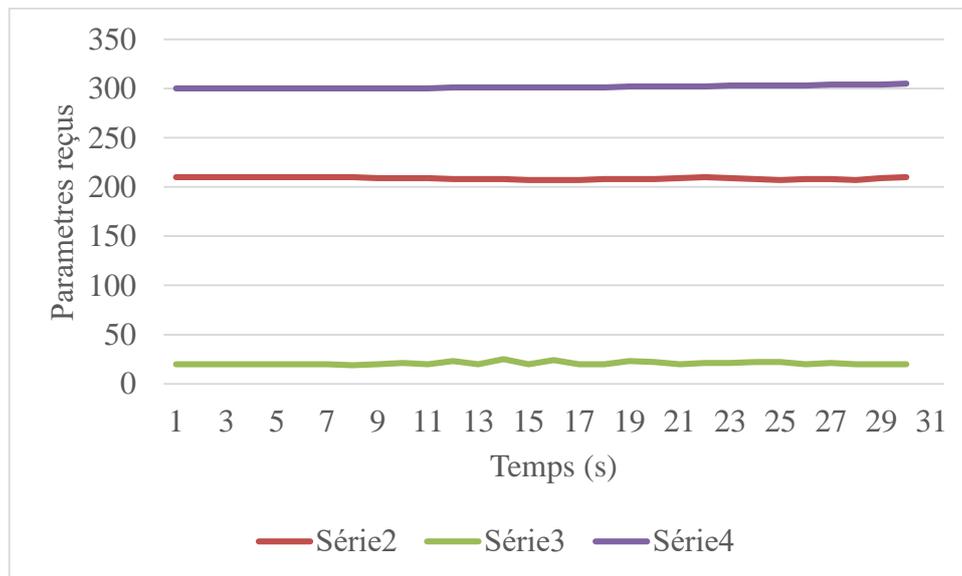


Figure III.25 :Paramètres reçus dans le cas d'un filtre bouché

A partir des paramètres reçus et tracés dans la figure III.25, nous avons :

- En vert : un début d'eau très faible ;
- En bleu : un niveau d'eau suffisant et varier ;

- En rouge : une variation d'humidité de sol lente.

Pour détecter le problème dans ce cas, nous référons toujours à l'arbre de défaillance :

Un début d'eau faible montre une pression faible, sur l'arbre de défaillance on peut remarquer la branche du cas où la pression est faible mentionné par 'faible pression d'eau', si on suit ce chemin nous a conduit au filtre qui est soit bouché comme dans notre cas soit cassé.

III.4.2.3. Problème au niveau de la gouttière

Cette fois-ci, nous avons bouché une gouttière, voici donc les résultats obtenus des trois capteurs :



Figure III.26 Gouttière bouchée

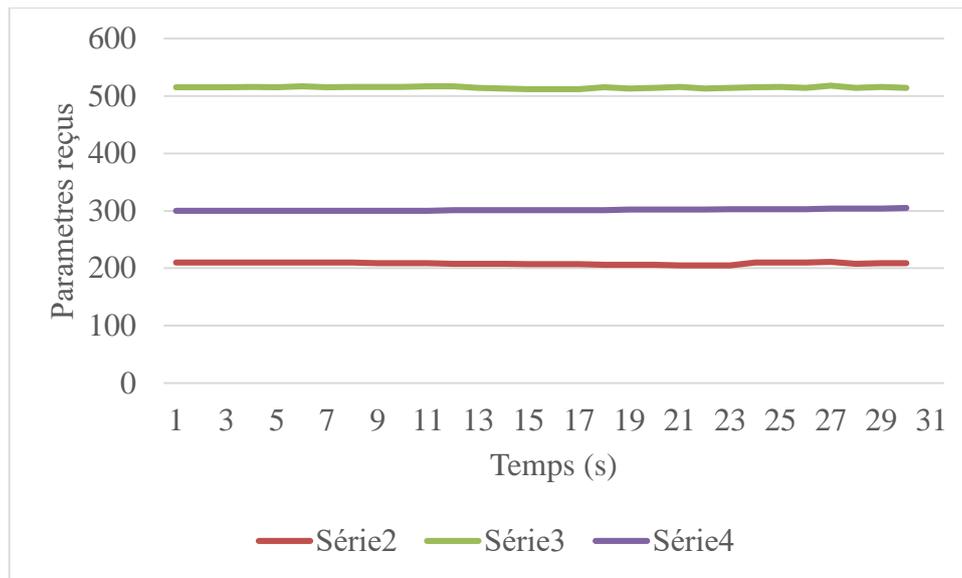


Figure III.27 : Paramètres reçus gouttière bouchée

La figure III.27 montre que :

- Un bon début d'eau (courbe en vert) ;
- Une bonne variation du niveau d'eau (courbe rouge) ;
- Humidité du sol varie lentement.

Le constat basé sur l'arbre de défaillance, nous a conduit à la branche C qui montre que la gouttière est bouchée.

III.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons montré la conception de notre projet, reçoit les différents paramètres de surveillances sur un serveur internet.

Les essais effectués suivis par les différentes analyses basées sur l'arbre de défaillance établis dans le chapitre précédent confirment le bon fonctionnement du projet qu'est la maintenance à distance d'un système d'irrigation.

Conclusion

générale

Conclusion générale

L'agriculture est d'une grande importance à l'heure actuelle car c'est la richesse la plus sûre, et dans ce contexte, nous avons choisi dans ce mémoire de fin d'études de concevoir un dispositif simple qui suit et surveille le système d'irrigation en suivant les données de divers capteurs et en les envoyant à un serveur internet à analyser par un spécialiste de la maintenance. Ce dernier et à partir de l'arbre de défaillance, il détermine l'état du système, ce qui nous permettra d'assurer une irrigation stable et continue des cultures.

Dans ce projet, nous avons choisi de travailler sur le système d'irrigation goutte à goutte, en raison de la spécificité de la région, qui dépend fortement de ce type de système d'irrigation, qui est considéré comme l'un des systèmes les plus importants comme expliqué dans le deuxième chapitre. Le dispositif conçu n'est pas limité à ce seul type, mais s'étend à tous les systèmes et il suffit qu'il y ait un spécialiste qui relie la relation entre les défauts et les données qui doivent être surveillées pour assurer le bon fonctionnement du système.

D'autre part, nous avons essayé de réaliser un appareil avec les coûts les plus bas et une efficacité maximale, pour cela nous nous sommes appuyés sur l'environnement Arduino en utilisant la carte Uno et l'esp8266 car ils sont open source en hardware et en software et il existe des milliers d'applications sur le net qui nous faciliter la réalisation de l'appareil et vérifier son efficacité.

Dans le dernier chapitre, nous avons simulé l'appareil via le programme Proteus, puis nous sommes passés à sa conception et à son test sur un prototype réalisé dans le laboratoire, en raison du manque de possibilités de le tester dans un environnement réel ou sur un système réel à cause du coût des systèmes d'irrigation.

Le point le plus important sur lequel se concentrer dans les projets à venir reste, qui est la disponibilité de l'Internet, qui souffre de grandes fluctuations dans notre pays, et pour cela nous suggérons de travailler sur cette partie dans les projets à venir en dotant l'appareil d'une carte SIM connectée à le réseau pour fournir Internet 24/24 h.

Références

bibliographiques

- [1] C. Mathieu et J-C. Chossat, « Les divers modes d'irrigation de la source à la parcelle », Lavoisier Tec & doc, Paris, 2018.
- [2] R. Barta, I. Broner, J. Schneekloth and R. Waskom, « Colorado High Plains Irrigation Practices Guide », irrigazette magazine, 2015, disponible sur: <https://irrigazette.com/fr/articles/les-techniques-dirrigation-agricole>.
- [3] William Price, "Guide de la réhabilitation et de la modernisation des projets d'irrigations", Commission internationale des irrigations et du drainage (CIID), Inde, 2001.
- [4] C. Perry, "Efficient irrigation inefficient communication flawed recommendations", Irrigation and Drainage, 2007.
- [5] L. Zella, "Evolution de l'irrigation", Larhyss Journal, 2007.
- [6] J.P. Renoux, "L'irrigation pour une agriculture durable", fonda Pol, Mars 2011.
- [7] D. Zerihun, C. A. Sanchez, K. L. Farrell-Poe, M. Yitayew "Analysis and design of border irrigation systems", American Society of Agricultural Engineers, 2005.
- [8] D. Renault "Modernisation de l'irrigation de surface", la houille blanche, N :2, 1993.
- [9] M. Khanna, H. M. Malano, "Modelling of basin irrigation systems: A review", Agricultural Water Management, Volume 83, Issues 1–2, Pp 87-99, 2006.
- [10] M. Sné "L'irrigation au gout a goutte", Conseiller en irrigation et ancien directeur du Service du sol et de l'irrigation, 2007.
- [11] "Goutte a goutte", NaanDanJain Irrigation Ltd, 2019.
- [12] M. S. Shankar, A.V. Ramanjaneyulu, L. Neelima and A. Das, "Sprinkler Irrigation – An Asset in Water Scarce and Undulating Areas", Integrated Soil and Water Resource Management for Livelihood and Environmental Security, 2018.
- [13] J. Vallée, C. Boivin, D. Bergeron, F. chrétien, "Comparaison et évaluation d'outils de gestion de l'irrigation", institut de recherche et de dévouement en agroenvironnement, 2014.
- [14] D. Abdelkader, B. Abdelhamid, "Présentation des indicateurs de performances techniques et économiques des systèmes d'irrigation", SAGREN Systèmes Agricoles et Environnement, 2018.
- [15] M.G. Bos, M.A. Burton, D.J. Molden "Irrigation and Drainage Performance Assessment", ICID Working Group on Performance Assessment of Irrigation and Drainage, 2005.
- [16] M. Guemraoui, M.N Chabaca, "Gestion des grands périmètres d'irrigation : l'expérience algérienne", Les instruments économiques et la modernisation des périmètres irrigués, 2005.
- [17] M. Machibya, M. Mdemu, B. Lankford "Draft Irrigation Efficiency and Productivity Manual", Tools for Irrigation Professionals and Practitioners, 2004.

- [18] T. A. Howell, "Irrigation Efficiency", United States Department of Agriculture (USDA), 2003.
- [19] M.G. BOS, J. Nugteren, "On irrigation efficiencies", International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1990.
- [20] A. Singh, "An Introduction to Drip Irrigation Systems", New Delhi Publishers, 2012.
- [21] FB Reinders, B Grové, N Benadé, I Stoep, V Niekerk, "A Manual For Irrigation Designers", Arc-Institute for Agricultural Engineering, 2012.
- [22] G. P. Arbat, F. R. Lamm, A. A. AbouKheira, "Subsurface Drip Irrigation Emitter Spacing Effects on Soil Water Redistribution, Corn Yield and Water Productivity", Applied Engineering in Agriculture, 2010.
- [23] I. Boyer, P. Charton, J. Odet, J. Granier, T. Fouant, "la filtration en irrigation localisée", maison des agricultures, 2012.
- [24] M. Jermini, P. Wyss, M. Rossa, N. Solca, S. Scettrini, "Comment appliquer correctement les produits phytosanitaires par le système d'irrigation goutte à goutte", Revue suisse Viticulture, 2019.
- [25] I. Boyer, P. Charton, S. Cordier, F. Gontard, B. Molle, C. Mazollier, A. Termetroy, "l'irrigation goutte à goutte en arboriculture", Brigitte Larouche, 2013.
- [26] B. Wedhah, "Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte", 2015.
- [27] I. Boyer, "irrigation sous frondaison en arboriculture : choisir le bon distributeur", irrigazette, 2012.

ملخص:

يناقش هذا العمل أهمية أنظمة الري في الزراعة الحديثة والتحديات التي تصاحب صيانتها. لضمان عملها بشكل صحيح، من الضروري الإشراف على المعلمات الأساسية مثل معدل تدفق المياه ومستويات رطوبة التربة ودرجة الحرارة. ومع ذلك، قد يكون من الصعب تحقيق ذلك دون المراقبة المستمرة، والتي قد تستغرق وقتاً طويلاً ومكلفة. لمعالجة هذه المشكلة، يُقترح نظام يستخدم خادم WiFi لتلقي البيانات من أجهزة الاستشعار وتقديم ملاحظات في الوقت الفعلي للمزارعين بناءً على الهدف الرئيسي من هذا النظام هو تصميم نظام ري يمكنه التدخل الذاتي بناءً على البيانات الواردة، مما يقلل الحاجة إلى التدخل اليدوي ويضمن حسن سير النظام.

. الكلمات المفتاحية: صيانة الري، المراقبة، التدخل الذاتي، شجرة الأعطال.

Résumé :

Ce travail traite de l'importance des systèmes d'irrigation dans l'agriculture moderne et des défis qui accompagnent leur entretien. Pour assurer leur bon fonctionnement, il est nécessaire de surveiller des paramètres essentiels tels que le débit d'eau, l'humidité du sol et le niveau d'eau. Cependant, cela peut être difficile à réaliser sans une surveillance continue, qui peut être longue et coûteuse. Pour résoudre ce problème, un système est proposé qui utilise un serveur WiFi pour recevoir les données des capteurs et fournir un retour en temps réel aux agriculteurs basé sur la plateforme Arduino. L'objectif principal de ce travail est de concevoir un système d'irrigation qui peut s'auto-intervenir en fonction des données reçues, réduisant ainsi le besoin d'intervention manuelle et assurant le bon fonctionnement du système.

Mots-clés : entretien de l'irrigation, surveillance, auto-intervention, arbre de défaillance.

Abstract:

This work discusses the importance of irrigation systems in modern agriculture and the challenges that come with their maintenance. To ensure their proper functioning, it is necessary to supervise essential parameters such as water flow rate, soil moisture levels, and temperature. However, this can be difficult to achieve without continuous monitoring, which can be time-consuming and costly. To address this issue, a system is proposed that uses a WiFi server to receive data from sensors and provide real-time feedback to farmers based on . The main objective of this system is to design an irrigation system that can self-intervene based on the data received, reducing the need for manual intervention and ensuring the proper functioning of the system.

Keywords: irrigation maintenance, monitoring, self-intervene, failure tree.