



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Département: Génie Rural

القسم: الهندسة الريفية

Spécialité: Sciences et techniques des agroéquipements

التخصص: علوم و تقنيات تجهيزات الفلاحة

Mémoire De Fin D'études

Pour L'obtention Du Diplôme De Master

THEME

Conception d'un système de fertigation autonome et contrôlé à distance

Présenté Par : **BARI Sarah**

Soutenu Publiquement le 24/07/2019

Devant le jury composé de :

Mémoire dirigé par :

M. BOUDHAR L.

Maitre conférence B à l'ENSA d'Alger.

Présidente:

FEDDAL A.

Maitre conférence A à l'ENSA d'Alger.

Examineurs:

M. MOHHAMED Z.

Maitre conférence B à l'ENSA d'Alger.

Mme. GUEDIOURA I.

Maitre conférence B à l'ENSA d'Alger.

Promotion : 2014-2019

Table des matières

| | |
|--|----|
| Remerciements : | 1 |
| Dédicace | 2 |
| INTRODUCTION GENERALE : | 12 |
| Etude bibliographique | 14 |
| Introduction : | 15 |
| I. Généralités sur la fertigation : | 15 |
| I.1 Définition de la fertigation : | 15 |
| I.2 Avantages de la fertigation : | 15 |
| I.3 Les inconvénients de la fertigation : | 16 |
| I.4 Les limitations de la fertigation : | 16 |
| I.5 Pourquoi utiliser la fertigation : | 17 |
| I.6 Les méthodes de fertigation : | 17 |
| I.6.1 Application continue : | 17 |
| I.6.2 Application en trois étapes : | 18 |
| I.6.3 Application proportionnelle : | 18 |
| I.6.4 Application quantitative : | 18 |
| I.7 Les principales règles de la fertigation : | 18 |
| I.8 Engrais utilisé en fertigation : | 19 |
| I.8.1 Importance de la fertilisation équilibrée : | 19 |
| I.8.2 Dosage des engrais en fertigation : | 19 |
| I.8.3 Aptitude des engrais pour la fertigation : | 20 |
| I.8.4 Effets sur le volume des racines du sol : | 20 |
| I.9 Qualité de l'eau et la fertigation : | 21 |
| I.9.1 Effet sur la nutrition des plantes : | 21 |
| I.9.2 Sources d'eau saline : | 21 |
| I.9.2.1 Concentration totale en sel : | 21 |
| I.9.2.1.1 Toxicité spécifique des ions Sodium (Na) | 21 |
| I.9.2.1.2 Toxicité spécifique des ions chlore (Cl) | 22 |
| I.9.2.2 Eaux usées traitées (TWW) : | 22 |
| I.9.2.2.1 TWW réutilisation dans l'agriculture | 22 |

| | | |
|------------|---|----|
| I.9.2.2.2 | Valeur nutritionnelle de TWW | 22 |
| I.9.2.2.3 | Variation de la teneur en éléments nutritifs dans TWW..... | 23 |
| I.9.2.2.4 | Facteurs de salinité en recyclé ou TWW | 23 |
| I.9.2.3 | Interaction entre P, Ca et Fe dans l'eau d'irrigation :..... | 23 |
| I.10 | Problèmes qui ne peuvent pas être résolus actuellement :..... | 23 |
| II. | Le contrôle..... | 25 |
| II.1 | Définition de l'automatique :..... | 25 |
| II.1.1 | Domaines d'intervention de l'automatique :..... | 25 |
| II.1.1.1 | Automatique pour les systèmes à événements discrets (SED) :..... | 25 |
| II.1.1.2 | Automatique pour les systèmes continus :..... | 25 |
| II.1.2 | Principe fondamental de l'Automatique : la boucle fermée ou rétro-action : | 25 |
| II.1.3 | Avantages/inconvénients d'une commande automatique :..... | 26 |
| II.1.3.1 | Avantage :..... | 26 |
| II.1.3.2 | Inconvénients : | 26 |
| II.1.4 | Internet des objets (IoT) :..... | 26 |
| II.1.5 | Infrastructure élémentaire de l'IoT :..... | 27 |
| II.1.6 | Exploitation du réseau internet :..... | 27 |
| II.1.7 | L'agriculture et l'oT :..... | 27 |
| II.1.8 | Les capteurs en IoT :..... | 28 |
| II.2 | La solution technologique :..... | 28 |
| II.2.1 | Les microcontrôleurs :..... | 28 |
| II.2.1.1 | Définition d'un microcontrôleur :..... | 28 |
| II.2.2 | L'ARDUINO :..... | 30 |
| II.2.2.1 | Les avantages de l'Arduino :..... | 31 |
| II.2.3 | L'ARDUINO et les microcontrôleurs : | 32 |
| II.2.3.1 | Composition de la carte ARDUINO :..... | 32 |
| II.2.3.1.1 | Matériel: | 32 |
| II.2.3.2 | Caractéristiques du développement ARDUINO :..... | 33 |
| II.2.3.2.1 | Logiciel (l'IDE Arduino): | 33 |
| a. | Structure d'un projet ARDUINO :..... | 34 |
| b. | Arduino IDE :..... | 34 |
| II.3 | Définition d'un capteur : | 36 |
| II.3.1 | Chaine de mesure :..... | 36 |
| II.3.2 | Classification des signaux : | 36 |

| | | |
|----------|---|----|
| II.3.3 | Désignation des types de capteurs selon le signal émis..... | 37 |
| II.3.4 | CONSTITUTIONS D'UN CAPTEUR : | 37 |
| II.3.5 | Classification des capteurs | 38 |
| II.3.5.1 | Capteur actif : | 38 |
| II.3.5.2 | Capteur passif : | 38 |
| II.3.6 | Grandeurs d'influence : | 38 |
| II.3.7 | Caractéristiques d'un capteur : | 39 |
| II.3.8 | Pourquoi surveiller l'humidité du sol?..... | 40 |
| II.3.9 | Domaines d'application : | 41 |
| II.3.10 | Mode de fonctionnement : | 41 |
| | Conclusion : | 42 |
| | MATERIELS ET METHODES | 43 |
| | Introduction..... | 44 |
| I. | Matériels électroniques | 45 |
| I.1 | La carte ESP8266 : | 45 |
| I.1.1 | Les entrées de l'esp8266 : | 46 |
| I.1.2 | Caractéristiques:..... | 47 |
| I.1.3 | ESP8266 NODEMCU : | 48 |
| I.1.4 | Firmware : | 48 |
| I.1.4.1 | La mémoire..... | 49 |
| I.1.4.2 | Mise en sommeil : | 49 |
| I.2 | OLED : | 49 |
| I.2.1 | Description de l'écran OLED 0.96 : | 49 |
| I.2.2 | Le choix de l'OLED : | 50 |
| I.2.3 | Caractéristiques : | 50 |
| I.2.4 | Ecran : | 50 |
| I.3 | Horloge temps réel DS1307 : | 51 |
| I.3.1 | RTC et le microcontrôleur : | 52 |
| I.3.2 | Caractéristiques..... | 52 |
| I.4 | Clavier matriciel 4*4 : | 53 |
| I.4.1 | Principe de fonctionnement : | 53 |
| I.5 | Capteur d'humidité du sol : | 54 |
| I.5.1 | Applications | 54 |
| I.5.2 | Caractéristiques : | 54 |

| | | |
|---------|---|----|
| I.5.3 | Mode de fonctionnement | 55 |
| I.5.4 | Brochage :..... | 55 |
| I.6 | Le capteur d'eau(ST045)..... | 56 |
| I.6.1 | Brochage :..... | 57 |
| I.7 | Régulateur de débit YF-S201 : | 57 |
| I.7.1 | Mode de fonctionnement : | 58 |
| I.7.2 | Caractéristiques :..... | 58 |
| I.7.3 | Brochage:..... | 58 |
| I.8 | Convertisseur analogique numérique ADS1115 :..... | 59 |
| I.8.1 | Mode de fonctionnement : | 59 |
| I.8.2 | Caractéristiques :..... | 59 |
| I.8.3 | Brochage :..... | 60 |
| I.9 | Module relais à 8 canaux :..... | 60 |
| I.9.1 | Mode de fonctionnement : | 61 |
| I.9.2 | Caractéristiques :..... | 61 |
| I.9.3 | Mode de fonctionnement : | 61 |
| II. | Matériels non électronique :..... | 62 |
| II.1 | Electrovanne :..... | 62 |
| II.1.1 | Mode de fonctionnement : | 62 |
| II.2 | Pompe à eau :..... | 62 |
| II.2.1 | Caractéristiques :..... | 63 |
| II.3 | Réservoir d'eau 50 litres:..... | 63 |
| II.4 | Réservoir d'eau 10 litres :..... | 64 |
| II.5 | Tuyauterie : | 64 |
| II.5.1 | Caractéristique : | 64 |
| II.6 | Agitateur :..... | 65 |
| II.7 | Moteur électrique 12 V : | 65 |
| III. | La programmation : | 69 |
| III.1 | Introduction :..... | 69 |
| III.2 | L'application IDE :..... | 69 |
| III.2.1 | Présentation de l'interface :..... | 69 |
| III.2.2 | Les boutons :..... | 70 |
| III.3 | Le langage Arduino :..... | 71 |
| III.4 | Librairies : | 72 |

| | | |
|--------|--|----|
| IV. | Application de contrôle : | 73 |
| IV.1 | Le site THINGSPEAK | 73 |
| IV.2 | L'application androïde Thingview : | 74 |
| IV.3 | Création d'une application de contrôle selon le besoin : | 75 |
| IV.3.1 | Les étapes : | 75 |
| | Conclusion : | 76 |
| | Résultats et discussions | 77 |
| I. | La réalisation du système : | 78 |
| I.1 | Brochage du matériel électronique : | 78 |
| I.2 | Obtention du système complet : | 79 |
| I.3 | Dosage d'engrais et équation de programmation : | 79 |
| I.4 | Fonctionnement du système : | 80 |
| I.5 | La création des applications selon le besoin : | 80 |
| I.5.1 | Mode de fonctionnement : | 81 |
| a. | Contrôle : | 81 |
| b. | Consigne : | 81 |
| c. | Commande : | 82 |
| I.6 | Captures obtenus à partir du site thingspeak : | 83 |
| I.7 | Captures obtenus avec l'application thingview : | 84 |
| I.8 | Le programme réalisé avec l'Arduino IDE : | 85 |
| | CONCLUSION GENERALE | 89 |
| | Webographie | 92 |
| | Résumé | 93 |



Résumé :

La fertigation est le processus qui consiste à apporter des éléments nutritifs aux plantes ainsi que de l'eau pour produire une culture de qualité avec des rendements plus élevés. L'utilisation d'un système de fertigation automatisé peut aider les agriculteurs en améliorant considérablement l'utilisation de l'eau et des nutriments. Ensuite, un système de contrôle pour la partie mélange et distribution d'engrais est conçue. Un capteur d'humidité du sol qui détecte la teneur en humidité du sol est utilisé. L'indication de la quantité nécessaire de N, P et K en kg, et le saisi des concentrations de solutions d'engrais NPK permettent au système de préparer un mélange d'engrais contenant la quantité requise d'éléments nutritifs nécessaires à la plante. Il livrera ensuite le mélange avec de l'eau d'irrigation. La préparation du mélange d'engrais se fera à des intervalles de temps déterminés par l'utilisateur. Le système est connecté à Internet via Wi-Fi et l'utilisateur peut entrer les paramètres dans une application mobile qui transmettra la programmation du système via Internet.

Mots clés : fertigation, automatique, capteurs, programmation, internet.

Abstract :

Fertigation is the process of bringing nutrients to plants as well as water to produce a quality crop with higher yields. The use of an automatic fertigation system can help farmers by significantly improving the use of water and nutrients. Then, a control system for the fertilizer mixing and distribution part is designed. A soil moisture sensor that detects the moisture content of the soil is used. Indicating the required amount of N, P and K in kg, and entering the NPK fertilizer solution concentrations allows the system to prepare a fertilizer mixture containing the required amount of nutrients needed by the plant. It will then deliver the mixture with irrigation water. The preparation of the fertilizer mixture will be done at user-determined time intervals. The system is connected to the Internet via Wi-Fi and the user can enter the settings into a mobile application that will transmit the programming to the system via the Internet.

Key words : fertigation, automatic, sensors, programming, internet

ملخص

الإخصاب هو عملية إيصال المواد الغذائية إلى النباتات من خلال مياه الري لإنتاج محصول عالي الجودة مع إنتاجية أعلى. إن استخدام نظام التسميد الآلي يمكن أن يساعد المزارعين من خلال تحسين استخدام المياه والمواد الغذائية بشكل كبير. لذلك تم تصميم نظام تحكم لخلط وتوزيع الأسمدة. يتم استخدام مستشعر رطوبة التربة الذي يكشف محتوى الرطوبة في التربة. إن الإشارة تسمح للنظام بإعداد خليط سماد يحتوي على الكمية المطلوبة من NPK بالكيلوغرام وإدخال تركيزات محلول الأسمدة K و P و N من المواد الغذائية التي يحتاجها النوع. و يتم تحضير خليط الأسمدة على فترات زمنية يحددها المستخدم. النظام متصل بالانترنت ويمكن للمستخدم إدخال الإعدادات في تطبيق الهاتف المحمول الذي سينقل البيانات إلى النظام.

كلمات مفتاحية : الإخصاب, آلي, مستشعر, البيانات, الانترنت