



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 : Machinisme et agroéquipement

التخصص: علوم وتقنيات تجهيزات الفلاحة

Mémoire De Fin D'études

Pour L'obtention Du Diplôme De Master

THEME

**Etude et conception d'une chambre de culture hydroponique
contrôlée par carte à microcontrôleur (Food computer)**

Présenté Par : BOUZIANE Maroua

Soutenu le 17 /11/2020

HAMOUDI Chaima

Devant le jury composé de :

Mémoire dirigé par : M. BOUDHAR LI

M C B, ENSA, Alger

Président: M. FEDDAL Mohamed Amin

M C A, ENSA, Alger

Examineurs : M. ETSSOURI Kaddour

Professeur, ENSA, Alger

Promotion 2017-2020

TABLE DES MATIÈRES

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale	1
CHAPITRE I : Études bibliographiques	3
Introduction bibliographique	3
1. Généralités et définitions	4
1.1. L'alimentation humaine	4
1.1.1. Système de production	5
1.1.2. Consommation	6
1.2. Culture hydroponique	6
1.2.1. Historique	6
1.2.2. Définition.....	7
1.2.3. L'objectif du système hydroponique	8
1.2.4. Le principe d'une culture hydroponique.....	8
1.2.5. Différents systèmes de la culture hydroponique.....	9
. 1.2.5.1. Système hydroponique a circuit ouvert et fermé.....	9
1.2.5.1.1. Les systèmes ouverts.....	9
1.2.5.1.2. Les systèmes fermés	9
1.2.5.2. Système hydroponique actifs et passifs	10
1.2.5.2.1. Un système hydroponique passif	10
1.2.5.2.2. Un Système hydroponique actif	10
1.2.5.3. Système hydroponique avec et sans substrat.....	11
1.2.5.3.1. Systèmes hydroponiques liquide (systèmes sans substrat).....	11
1.2.5.3.1.1. Culture en eau profonde (Deep water Culture)	11
1.2.5.3.1.2. Technique de film nutritif (NFT)	13
1.2.5.3.1.3. Aéroponie.....	14
1.2.5.3.2. Systèmes hydroponiques d'agrégat (système avec substrat).....	15
1.2.5.3.2.1. Les principaux substrats utilisés en culture hydroponique.....	15

1.2.5.3.2.1.1. Substrats d'origine minérale.....	15
1.2.5.3.2.1.2. Substrats d'origine organique.....	17
1.2.5.3.2.2. Systèmes hydroponiques d'agrégat (avec substrat).....	20
1.2.5.3.2.2.1. Les systèmes goutte à goutte.....	20
1.2.5.3.2.2.2. Système de mèche.....	21
1.2.5.3.2.2.3. Système de table à marées (Flux et reflux).....	22
1.2.6. Exigences de la culture hydroponique.....	26
1.2.7. Les avantages et les inconvénients de l'hydroponie.....	28
1.2.7.1. Les avantages.....	28
1.2.7.2. Les inconvénients et les limites de l'hydroponie.....	30
1.2.8. Les besoins nutritionnels de base pour l'agriculture hydroponique	31
1.2.8.1. Rappels sur la nutrition des plantes.....	31
1.2.8.2. Les éléments nutritifs.....	32
1.2.8.2.1. Les éléments majeurs ou macro-éléments	32
1.2.8.2.2. Les éléments secondaires ou méso-éléments.....	33
1.2.8.2.3. Les oligo-éléments	33
1.2.3.7. La fertilisation.....	34
1.2.3.7.1. Définition.....	34
1.2.3.7.2. La ferti - irrigation	34
1.2.3.7.2.1. La solution nutritive d'une culture hydroponique	35
1.2.3.7.2.2. La gestion de la solution nutritive	37
1.3. Les chambres de culture.....	38
1.3.1. Introduction.....	38
1.3.2. Historique	38
1.3.3. Comment ça marche ?.....	40
1.3.4. Les différents types de chambre de culture.....	43
1.3.4.1. Chambre de culture en toile.....	43
1.3.4.1.1. Crystal room	43
1.3.4.1.2. DUAL BLACKBOX Silver.....	44
1.3.4.1.3. Twin box (2 étages).....	44
1.3.4.1.4. Lodge.....	45
1.3.4.2. Chambre de culture en dur	46
1.3.5. Exigences des chambres de culture	46

1.3.5.1. L'extracteur d'air.....	46
1.3.5.2. Ventilateur.....	46
1.3.5.3. Filtre à charbo.....	46
1.3.5.4. Les engrais.....	47
1.3.5.5. Le terreau.....	47
1.3.5.6. Les colliers de serrage.....	47
1.3.5.7. La Gaine.....	47
1.3.5.8. Programmateur mécanique.....	47
1.3.6. Les avantages de PFC	47
1.4. Moyens de contrôle des chambres de culture.....	48
1.4.1. La régulation automatique.....	48
1.4.1.1. But de la régulation automatique.....	48
1.4.2. Détecteurs des paramètres climatiques.....	48
1.4.2.1. Les capteurs	48
1.4.2.1.1. Définition d'un capteur	48
1.4.2.1.2. Classification des capteurs.....	49
1.4.2.1.2.1. En fonction de la nature de l'information délivrée en sortie.....	49
1.4.2.1.2.1.1. Les capteurs analogiques.....	49
1.4.2.1.2.1.2. Les capteurs numériques.....	49
1.4.2.1.2.1.3. Les capteurs logiques.....	50
1.4.2.1.2.2. En fonction de l'apport énergétique	50
1.4.2.1.2.2.1. Capteurs actifs.....	50
1.4.2.1.2.3. En fonction de type de détection	51
1.4.2.1.2.3.1. Détection avec contact	51
1.4.2.1.2.3.2. Détection sans contact	51
1.4.2.1.2.4. En fonction de la grandeur physique mesurée.....	51
1.4.2.1.3. Caractéristiques des capteurs.....	53
1.4.3. Les cartes programmables	53
1.4.3.1. Définition.....	53
1.4.3.2. Les types les plus connues des cartes programmables	55
1.4.3.2.1. Carte Arduino	55
1.4.3.2.1.1. Le système Arduino a de nombreuses application possibles.....	55
1.4.3.2.1.2. Description de la Carte Arduino.....	56

1.4.3.2.1.3. Caractéristiques techniques d'un Arduino.....	56
1.4.3.2.2. Carte NodeMCU.....	57
1.4.3.2.2.1. Avantage.....	57
1.4.3.2.3. Carte Raspberry Pi	58
1.4.4. L'internet des objets	59
1.4.4.1. Définition.....	59
1.4.4.2. Que ce qu'un objet connecté	60
1.4.4.3. Internet des objets et son importance	61
1.4.4.4. Domaines d'application de l'IdO	62
1.4.5. L'intelligence artificielle	63
1.4.5.1. Définitions de L'Intelligence Artificielle.....	63
1.4.5.2. Quels usages de l'intelligence artificielle dans le secteur agricole.....	65
2. L'hydroponie actuelle, ses limites et ses pistes d'amélioration.....	69
2.1. Un projet hydroponique mis en exploitation.....	69
2.2. La culture hydroponique mise en pratique.....	69
2.3. Avec l'hydroponie, cultiver dans le Sahara, c'est possible !.....	70
2.4. Portée future de cette technologie.....	70
3. Problématique	71
Conclusion bibliographique.....	72

CHAPITRE II : Matériels et méthodes

Introduction :	73
1. Etudes et conceptions.....	73
1.1. Etude et conception de la chambre.....	73
1.1.1. Description de la chambre.....	73
1.1.2. Les dimensions de la chambre.....	74
1.1.3. Schéma de la chambre.....	76
1.2. Etude et conception du système hydroponique.....	77
1.2.1. Schéma d'installation.....	77
1.2.2. Schéma du système de contrôle.....	78
1.3. Etude et conception du système de contrôle.....	78
1.3.1. La partie hardware.....	78
1.3.1.1. La carte principale.....	79
1.3.1.1.1. Aperçu.....	79

1.3.1.1.2. Spécifications de l'ESP32-WROOM-32.....	80
1.3.1.1.3. Caractéristique de la CPU et mémoire interne	82
1.3.1.1.4. La disposition des broches	82
1.3.1.2. L'afficheur graphique.....	84
1.3.1.2.1. Description.....	84
1.3.1.2.2. Fonctionnalité.....	84
1.3.1.2.3. Fonction de broche d'interface	85
1.3.1.2.4. Spécification mécanique de l'afficheur OLED I2C.....	85
1.3.1.2.5. Notes maximales absolues	86
1.3.1.2.6. Câblage de l'afficheur avec la carte principale ESP WROOM 32.....	86
1.3.1.2.7. Dimension extérieure de l'afficheur OLED I2C.....	87
1.3.1.3. Horloge temps réel	87
1.3.1.3.1. Fonctionnement.....	88
1.3.1.3.2. Caractéristique.....	88
1.3.1.3.3. Disposition et fonctionnement des broches du RTC DS1307	89
1.3.1.4. Clavier matriciel4x4	89
1.3.1.4.1. Caractéristiques technique.....	90
1.3.1.5 Capteurs d'humidité et de température de l'air	91
1.3.1.5.1. Description.....	91
1.3.1.5.2. Caractéristiques.....	92
1.3.1.5.3. Les applications de Si7021	92
1.3.1.5.4. La description des broches	92
1.3.1.5.5. Câblage du Si7021 avec la carte principale.....	92
1.3.1.6. Capteurs de température de l'eau.....	93
1.3.1.6.1. Types-de-capteur de température DS18B20.....	93
1.3.1.6.2. Caractéristiques.....	94
1.3.1.6.3. Câblage du capteur de température DS18B20.....	95
1.3.1.7. Capteur de ph	95
1.3.1.7.1. Construction et fonctionnement du pH-mètre.....	95
1.3.1.7.2. Caractéristiques générale du capteurMeter Kit V2	96
1.3.1.8. Capteurs d'intensité de lumière	97
1.3.1.8.1. Description.....	97

1.3.1.8.2. Caractéristiques.....	97
1.3.1.8.3. Câblage.....	98
1.3.1.9. Capteur RGB	98
1.3.1.9.1. Qu'est-ce qu'un capteur RGB ?.....	98
1.3.1.9.2. Comment fonctionne un capteur RVB ?.....	99
1.3.1.10. Les pompes à eau	99
1.3.1.10.1. Définition.....	99
1.3.1.10.2. Les caractéristiques de la pompe.....	100
1.3.1.11. Les pompes à air	100
1.3.1.11.1. Utilisation de pompe à air	101
1.3.1.12. La carte d'alimentation (Power Supply)	101
1.3.1.12.1. Description.....	101
1.3.1.12.2. Les principaux composants de l'alimentation	102
1.3.1.12.3. Caractéristique.....	102
1.3.1.13. La carte de puissance.....	102
1.3.1.13.1. Données brèves sur la carte de puissance.....	103
1.3.1.13.2. Description des broches de la carte de puissance	104
1.3.1.13.3. Principe de fonctionnement.....	104
1.3.2. La partie software.	105
1.3.2.1. La logique du programme	105
1.3.2.1.1. Description de l'IDE.....	106
1.3.2.1.2. Principe général d'utilisation	107
1.3.2.1.3. Description de la barre des boutons.....	108
1.3.2.1.4. Description de la barre de menu	108
1.3.2.2 L'organigramme	109
1.3.2.3. Le firmware.....	111

Conclusion générale.

Références bibliographiques

ABSTRACT:

With the aim of entering the field of connected agriculture which is the combination between precision agriculture and the use of internet of things technology, we have studied the design of the hydroponics chamber with of a system allows the control and automatic control of climatic parameters remotely and in real time according to the needs of the plants.

The system is based on programming the ESP WROOM 32 board, sensors and other modules; this card is used to control the actuators and send the information to the Smartphone or PC.

Key Words : Hydroponics chamber, hydroponic system, control of climatic parameters, ESP WROOM 32 microcontroller, remote control.

ملخص

بهدف الدخول في مجال الزراعة المتصلة وهو الجمع بين الزراعة الدقيقة واستخدام تقنية إنترنت الأشياء، قمنا بدراسة تصميم غرفة الزراعة المائية باستخدام يسمح للنظام بالتحكم الآلي في العوامل المناخية عن بُعد وفي الوقت المناسب وفقاً لاحتياجات النباتات.

يعتمد النظام على برمجة لوحة ESP WROOM 32 وأجهزة الاستشعار والوحدات النمطية الأخرى، تستخدم هذه البطاقة للتحكم في المشغلات وإرسال المعلومات إلى الهاتف الذكي أو الكمبيوتر الشخصي

كلمات مفتاحية:

غرفة الزراعة المائية، نظام الزراعة المائية السيطرة على العوامل المناخية، متحكم ESP WROOM 32 مراقبة عن بعد

Résumé :

Dans le but d'entrer dans le domaine de l'agriculture connectée qui est la combinaison entre l'agriculture de précision et l'utilisation de la technologie de l'internet des objets, nous avons étudié la conception de la chambre de culture hydroponique dotée d'un système permet le contrôle et la commande automatique des paramètres climatiques à distance et en temps réel selon les besoins des plantes.

Le système est basé sur la programmation de la carte ESP WROOM 32, des capteurs et d'autres modules ; cette carte permet de commander les actionneurs et envoyer les informations au Smartphone ou bien Pc.

Mots clés : Chambre de culture hydroponique, système hydroponique, contrôle des paramètres climatiques, microcontrôleur ESP WROOM 32, contrôle à distance.