



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique  
Département : Génie Rural  
Spécialité : Sciences et Techniques  
des Agroéquipements

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة  
القسم: الهندسة الريفية  
التخصص: علوم وتقنيات تجهيزات الفلاحة

Mémoire de Fin d'Etude

Pour l'obtention du Diplôme de Master

## THEME

**Réalisation d'un système intelligent de  
collecte de données agronomiques  
basé sur l'IoT (Internet des objet)**

Présenté par : BENBELKACEM Selma

Soutenu le : 11/10/2022

Devant le jury :

Président : ETSOURI Kaddour (MAA – ENSA)

Promoteur : ETSOURI Salim (MCA – ENSA)

Examineurs : GOUCEM Saïd (MAA – ENSA)

MEBARKI Mohamed Nadhir (Docteur – Invité)

Promotion : 2020/2022

# TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

## CHAPITRE I – L’AGRICULTURE : PLANTE, ENVIRONNEMENT ET TECHNOLOGIE

<b>I.1. LA PLANTE ET SES BESOINS.....</b>	<b>3</b>
<i>I.1.1. Définition.....</i>	<i>3</i>
<i>I.1.2. Fonctionnement d`une plante.....</i>	<i>3</i>
<i>I.1.3. Besoins de la plante.....</i>	<i>3</i>
I.1.3.1. La lumière.....	4
I.1.3.2. L`air5	
I.1.3.3. L`eau.....	5
I.1.3.4. Nutriments.....	5
<i>I.1.4. Principaux éléments nutritifs.....</i>	<i>5</i>
I.1.4.1. L'Azote (N).....	5
I.1.4.2. Le Phosphore (P).....	6
I.1.4.3. Le Potassium (K).....	6
<i>I.1.5. Autres éléments nutritifs.....</i>	<i>6</i>
<b>I.2. MILIEU DE DEVELOPPEMENT DE LA PLANTE.....</b>	<b>6</b>
<i>I.2.1. L'agriculture dans un environnement contrôlé.....</i>	<i>7</i>
<i>I.2.2. L`éclairage artificiel en agriculture.....</i>	<i>7</i>
<b>I.3. L'AGRICULTURE INTELLIGENTE ET L'AGRICULTURE DE PRECISION.....</b>	<b>8</b>
<i>I.3.1. L'agriculture intelligente.....</i>	<i>8</i>
<i>I.3.2. L'agriculture de précision.....</i>	<i>9</i>

## CHAPITRE II – L’IoT ET L’AGRICULTURE

<b>II.1. L'INTERNET DES OBJETS (IoT).....</b>	<b>11</b>
<i>II.1.1. Définition.....</i>	<i>11</i>
<i>II.1.2. Les clés déterminantes de la rapidité du lot technologique.....</i>	<i>12</i>
<b>II.2. L'IoT EN AGRICULTURE.....</b>	<b>12</b>
<i>II.2.1. Définitions.....</i>	<i>12</i>
<i>II.2.2. Fonctionnement de l'IoT.....</i>	<i>12</i>

<i>II.2.3. Utilisation de l'IoT en agriculture</i> .....	13
II.2.3.1. L'agriculture de précision .....	13
II.2.3.2. Surveillance des conditions climatiques.....	13
II.2.3.3. Gestion des cultures.....	14
II.2.3.4. Automatisation des serres .....	14
II.2.3.5. Les drones en agriculture .....	14
II.2.3.6. Systèmes de gestion agricole du début à la fin .....	14
<i>II.2.4. Avantage de l'utilisation de l'IoT</i> .....	14
II.2.4.1. Collecte de données .....	14
II.2.4.2. Efficacité.....	15
II.2.4.3. Qualité et volume des produits.....	15
II.2.4.4. Gestion du rendement .....	15
II.2.4.5. Gestion des coûts .....	15
<i>II.2.5. Problèmes liés à l'agriculture intelligente</i> .....	15
II.2.5.1. Interopérabilité .....	15
II.2.5.2. Accessibilité rurale .....	15
II.2.5.3. Formation .....	16

## **CHAPITRE III – CAPTEURS, MICROCONTROLEURS ET CARTES PROGRAMMABLES**

<b>III.1. LES CAPTEURS</b> .....	<b>17</b>
<i>III.1.1. Définitions</i> .....	17
<i>III.1.2. Principales caractéristiques des capteurs</i> .....	17
III.1.2.1. Fidélité.....	17
III.1.2.2. Justesse .....	17
III.1.2.3. Précision .....	18
<i>III.1.3. Choix des capteurs</i> .....	18
<i>III.1.4. Classification de capteurs</i> .....	18
III.1.4.1. Capteur actif.....	18
III.1.4.2. Capteur passif.....	18
III.1.4.3. Capteur composite .....	18
III.1.4.4. Capteur intégré .....	19
III.1.4.5. Capteurs sans fil .....	19
<i>III.1.5. Composants d'un réseau sans fil de capteurs et processus d'utilisation</i> .....	19
<i>III.1.6. Différents types de capteurs en agriculture</i> .....	20
III.1.6.1. Capteur optique .....	21

III.1.6.2. Capteur optoélectronique.....	21
III.1.6.3. Capteur électrochimique.....	21
III.1.6.4. Capteur basé sur la covariance .....	21
III.1.7. Les capteurs intelligents.....	21
<b>III.2. LE MICROCONTROLEUR .....</b>	<b>22</b>
III.2.1. Définitions .....	22
III.2.2. Fonctionnement d'un microcontrôleur.....	22
III.2.3. Structure interne d'un microcontrôleur.....	23
III.2.4. Avantages des microcontrôleurs.....	24
III.2.5. Problèmes liés au microcontrôleur.....	24
<b>III.3. LES CARTES PROGRAMMABLES.....</b>	<b>25</b>
III.3.1. Définition.....	25
III.3.2. Différents types de cartes programmables.....	25
III.3.2.1. Le Raspberry PI.....	25
III.3.2.2. Arduino.....	26
III.3.2.3. Node MCU .....	27

## **CHAPITRE IV – MATERIEL ET METHODES**

<b>IV.1. LE MATERIEL UTILISE .....</b>	<b>28</b>
IV.1.1. Description théorique du système.....	28
IV.1.2. La carte programmable ESP8266.....	31
IV.1.3. L'afficheur graphique OLED .....	31
IV.1.4. Les capteurs utilisés .....	32
IV.1.4.1. Capteur BME280 .....	32
IV.1.4.2. Capteur TSL2561 .....	33
IV.1.4.3. Capteur MLX90614 .....	33
IV.1.4.4. Capteur DS18B20 .....	34
IV.1.4.5. Humidité du sol.....	35
IV.1.4.6. Capteur intégré 7 en 1 EC PH NPK pour sol .....	36
IV.1.5. Convertisseur RS485 to TTL.....	37
IV.1.6. Lecteur de carte micro SD .....	38
IV.1.7. La carte d'alimentation.....	39
<b>IV.2. LOGICIELS ET PLATEFORME UTILISES .....</b>	<b>39</b>
IV.2.1. Programmation du microcontrôleur .....	40
IV.2.2. Le programme.....	40
IV.2.3. L'organigramme .....	40

<i>IV.2.4. La plateforme ThingSpeak .....</i>	<i>42</i>
IV.2.4.1. La collecte des données .....	42
IV.2.4.2. L'analyse des données collectées .....	43
IV.2.4.3. L'action après analyse des données .....	43

## **CHAPITRE V – RESULTATS ET DISCUSSION**

<b>V.1. IMPLANTATION ET TEST DU SYSTEME .....</b>	<b>44</b>
<b>V.1.1. IDENTIFICATION DE LA CULTURE « TEST » .....</b>	<b>44</b>
V.1.2. <i>Test du système assemblé.....</i>	<i>45</i>
V.1.3. <i>Implantation du système de collecte des données.....</i>	<i>45</i>
V.1.4. <i>Suivi des données en temps réel .....</i>	<i>47</i>
<b>V.2. RESULTATS OBTENUS ET DISCUSSIONS .....</b>	<b>49</b>
V.2.1. <i>Collecte et présentation des données .....</i>	<i>49</i>
V.2.2. <i>Discussion Générale .....</i>	<i>52</i>
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>55</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>57</b>

## ملخص

تلعب الزراعة دورًا مهمًا في تحقيق وتنمية البلد. يقترح هذا العمل تحقيق نظام زراعي دقيق ذكي يعتمد على إنترنت الأشياء. يوفر النظام المراقبة عن بعد ويقلل من جهود المزارعين ويحسن الإنتاجية من حيث الكمية والنوعية. تتمثل السمات الرئيسية لهذا النظام في نشر أجهزة استشعار ذكية لجمع البيانات في الوقت الفعلي والتحليل المستند إلى السحابة واتخاذ القرارات بناءً على مراقبة كل من المعلومات الزراعية والمناخية. سوف يؤدي استخدام الزراعة الدقيقة إلى تحسين متطلبات المحاصيل بشكل كبير.

تعكس المستشعرات المستخدمة جزءًا صغيرًا فقط من نطاق الإمكانيات التكنولوجية. أتاحت هذه الدراسة أيضًا تسليط الضوء على المزايا التي لا يمكن إنكارها لدمج أجهزة الاستشعار في العالم الزراعي. تدور النقاط الأكثر لفتًا للانتباه بشكل أساسي حول تصور المعلومات المناخية والزراعية من أجل تطوير قاعدة بيانات. هذه أداة رئيسية لاتخاذ القرار، والتي تجعل من الممكن تحليل المواقع القياسية أو الحرجة، ومراقبة المعايير الحساسة، والتنبؤ بالإنتاجية، والوقاية من الأمراض والآفات، فضلاً عن إطلاق التنبيهات.

**الكلمات المفتاح:** الزراعة الذكية، إنترنت الأشياء، أجهزة الاستشعار، ESP8266، ThingSpeak.

# Résumé

L'agriculture joue un rôle important dans la réalisation et le développement d'un pays. Ce travail propose la réalisation d'un système d'agriculture de précision intelligent basé sur l'IoT. Le système assure une surveillance à distance, réduit les efforts des agriculteurs et améliore la productivité en termes de quantité et de qualité. Les principales caractéristiques de ce système sont le déploiement de capteurs intelligents pour la collecte de données en temps réel, l'analyse basée sur le cloud et la prise de décision basée sur la surveillance des paramètres à la fois agronomiques et climatiques. L'utilisation de l'agriculture de précision permettra d'optimiser considérablement les besoins des cultures.

Les capteurs utilisés ne reflètent qu'une partie infime de l'étendue des possibilités technologiques. Cette étude a permis aussi de faire ressortir des avantages indéniables de l'intégration des capteurs au monde agricole. Les points les plus marquants tournent essentiellement autour de la visualisation des paramètres climatiques et agronomiques afin d'élaborer une base de données. Ceci constitue un outil d'aide à la décision de taille, qui permet d'analyser des situations standards ou critiques, de surveiller les paramètres sensibles, de prédire les rendements, de prévenir les maladies et ravageurs, ainsi que le lancement d'alerte.

**Mots clés** : Agriculture intelligente, Internet des objets, Capteurs, ESP8266, ThingSpeak.

## Abstract

Agriculture plays an important role in the achievement and development of a country. This work proposes the realization of an IoT-based intelligent precision agriculture system. The system provides remote monitoring, reduces farmers' efforts and improves productivity in terms of quantity and quality. The main features of this system are the deployment of smart sensors for real-time data collection, cloud-based analysis, and decision making based on monitoring both agronomic and climatic parameters. The use of precision agriculture will greatly optimize crop needs.

The sensors used reflect only a tiny fraction of the breadth of technological possibilities. This study also highlighted the undeniable benefits of integrating sensors into the agricultural world. The most striking points are essentially related to the visualization of climatic and agronomic parameters in order to develop a database. This constitutes a major decision support tool, which allows the analysis of standard or critical situations, the monitoring of sensitive parameters, the prediction of yields, the prevention of diseases and pests, as well as the launching of alerts.

**Key words** : Smart Agriculture, Internet of Things, Sensors, ESP8266, ThingSpeak.