



# INNOVATIONS EMBARQUEES POUR UNE AGRICULTURE INTELLIGENTE ET DURABLE A L'AIDE DES TECHNOLOGIES DE L'IOT ET DU CLOUD COMPUTING

Par

*MORCHID Abdennabi*

*Champs Disciplinaire: Physique*

*FD : STIC*

*Spécialité : Génie électrique*

*Soutenu le :*

## **Résumé :**

Cette thèse examine l'intégration des technologies modernes telles que l'Internet des objets (IoT), les systèmes embarqués, le cloud computing, les données de télémétrie, l'application Flask, le broker MQTT et le protocole HTTP dans l'agriculture pour promouvoir l'agriculture intelligente. Elle répond à la nécessité de moderniser les pratiques agricoles face aux défis de la sécurité alimentaire, de l'efficacité des ressources et de la durabilité environnementale. Les solutions proposées visent à améliorer la précision et l'efficacité des pratiques agricoles tout en réduisant leur impact environnemental. L'objectif de cette thèse est de développer et de démontrer des systèmes agricoles intelligents basés sur les systèmes embarqués l'IoT et le cloud computing, capables de surveiller et de gérer les ressources agricoles en temps réel, de détecter les incendies de manière proactive et de fournir des solutions d'irrigation précises et automatisées. Dans un premier temps, l'étude présente les fondements théoriques et historiques de l'IoT et du cloud computing, ainsi qu'une analyse approfondie du marché de l'agriculture intelligente. Cette analyse inclut une évaluation de la taille du marché mondial des applications IoT dans l'agriculture et des systèmes embarqués, mettant en lumière le potentiel économique et les opportunités de croissance. Ensuite, l'architecture IoT spécifiquement adaptée à l'agriculture intelligente est détaillée, comprenant les couches de perception, réseau, cloud et application. Cette section aborde également les systèmes de gestion intelligents, notamment pour la gestion de l'irrigation et la détection des incendies, en soulignant les solutions avancées et les innovations existantes. L'étude propose également un système d'irrigation intelligent utilisant des technologies de pointe, capable de surveiller en temps réel des facteurs environnementaux tels que l'humidité du sol et la température, et d'automatiser le contrôle des pompes à eau. Ce système, développé selon l'approche du modèle V, permet aux agriculteurs d'accéder à des données en temps réel via le cloud ThingSpeak et l'application ThingView. Un système de gestion de l'irrigation intelligent est également développé, utilisant des technologies innovantes pour collecter et traiter des données en temps réel. L'architecture du système comprend des dispositifs IoT, le cloud ThingsBoard et un tableau de bord interactif, assurant un flux de données transparent et une communication sécurisée. La thèse décrit en outre le développement et la mise en œuvre d'un système de détection des incendies en temps réel pour l'agriculture intelligente, intégrant l'IoT, des systèmes embarqués et une application web sécurisée. Ce système surveille en permanence les conditions environnementales pour détecter rapidement les signes de fumée ou de flamme. Enfin, un système de détection des incendies utilisant le protocole MQTT est proposé, offrant une surveillance proactive et efficace des environnements agricoles. Ce système démontre les capacités de détection en temps réel et l'efficacité du protocole MQTT, contribuant ainsi à la durabilité du secteur agricole et à la sécurité alimentaire. Cette thèse démontre comment l'adoption de technologies modernes peut transformer l'agriculture en un secteur plus efficace, sécurisé et durable, offrant des solutions innovantes aux défis contemporains et améliorant la production agricole, la gestion des ressources et la sécurité alimentaire.

**Mots clés :**

E-mail, Cloud computing ; Système embarqué ; Sécurité alimentaire ; Capteurs intelligents ; Internet des objets (IoT) ; Flask Framework ; Système d'irrigation ; Détection d'incendie ; Agriculture intelligente ; Courtier MQTT, protocoles MQTT-HTTP; Plateformes ThingSpeak-ThingsBoard ; Durabilité ; Modèle V, Données télémétriques.

## **EMBEDDED INNOVATIONS FOR INTELLIGENT, SUSTAINABLE AGRICULTURE USING IOT AND CLOUD COMPUTING TECHNOLOGIES**

**Abstract :**

This thesis explores integrating modern technologies such as the Internet of Things (IoT), embedded systems, cloud computing, telemetry data, Flask application, MQTT broker, and HTTP protocol in agriculture to promote smart farming. It responds to the need to modernize agricultural practices to meet the challenges of food security, resource efficiency, and environmental sustainability. The proposed solutions aim to improve the precision and efficiency of farming practices while reducing their environmental impact. This thesis aims to develop and demonstrate intelligent agricultural systems based on IoT and cloud computing embedded systems, capable of monitoring and managing agricultural resources in real-time, proactively detecting fires, and providing accurate and automated irrigation solutions. The report begins by presenting the theoretical and historical foundations of IoT and cloud computing, as well as an in-depth analysis of the intelligent agriculture market. This analysis includes an assessment of the size of the global market for IoT applications in agriculture and embedded systems, highlighting the economic potential and growth opportunities. Next, the IoT architecture specifically suited to smart agriculture is detailed, including the sensing, network, cloud, and application layers. This section also looks at smart management systems, particularly for irrigation management and fire detection, highlighting advanced solutions and existing innovations. The study also proposes an intelligent irrigation system using cutting-edge technologies, capable of monitoring environmental factors such as soil moisture and temperature in real-time, and automating the control of water pumps. The system, developed using the V-model approach, gives farmers access to real-time data via the ThingSpeak cloud and the ThingView application. An intelligent irrigation management system is also being developed, using innovative technologies to collect and process data in real-time. The system architecture includes IoT devices, the ThingsBoard cloud, and an interactive dashboard, ensuring seamless data flow and secure communication. The thesis further describes developing and implementing a real-time fire detection system for smart agriculture, integrating IoT, embedded systems, and a secure web application. This system constantly monitors environmental conditions to detect signs of smoke or flame quickly. Finally, a fire detection system using the MQTT protocol is proposed, offering proactive and effective monitoring of agricultural environments. This system demonstrates the real-time detection capabilities and effectiveness of the MQTT protocol, thereby contributing to the sustainability of the agricultural sector and food safety. This thesis demonstrates how the adoption of modern technologies can transform agriculture into a more efficient, secure, and sustainable sector, offering innovative solutions to contemporary challenges and improving agricultural production, resource management, and food security.

**Key Words :** E-mail, Cloud computing; Embedded system; Food security; Intelligent sensors; Internet-of-Things (IoT); Flask Framework; Irrigation system; Fire detection; Smart agriculture; MQTT broker, MQTT-HTTP protocols; ThingSpeak-ThingsBoard platforms; Sustainability; V model, Telemetry data.