

الجزائرية الديمقراطية الشعبية الجمهورية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلم
Ministry of Higher Education and Scientific Research

المدرسة العليا للإعلام الآلي - 08 ماي 1945 - بسبدي بلعباس
Higher School of Computer Science
May 8, 1945 – Sidi Bel Abbès -



End-of-Study Thesis

For the Award of the State **Engineer Degree**

Field: **Computer Science**

Specialty : **Information Systems and Web (SIW)**

Title

**Low-Power LoRa-Based Beehive Monitoring System with
Integrated AI Health Diagnostics**

Presented by:

- Ms. Zineb BENEDDINE
- Ms. Wissal HEROUNI

Defended on: 10/07/2025 Before the jury composed of:

- | | |
|-------------------------------|---------------|
| - Dr. MALKI Abdelhamid | President |
| - Dr. RENNANE Ahmed (CDER) | Supervisor |
| - Dr. DALI Ali (CDER) | Co-supervisor |
| - Pr. BENSLIMANE Sidi Mohamed | Co-advisor |
| - Dr. BENSENANE Hamdane | Examiner |

Academic Year 2024 / 2025

Abstract

This project introduces a low-power beehive monitoring system using Lora Wan communication and artificial intelligence for real-time hive health analysis. Integrates an STM32L073 microcontroller with multiple sensors to capture environmental and behavioral data. Custom bare-metal drivers were developed to ensure high energy efficiency. Data are transmitted via LoRa to a ChirpStack gateway, and then stored and processed on a secure backend. An AI module analyzes sensor and acoustic data to predict hive health status. The BeeSentinel mobile app enables users to visualize live conditions, receive alerts, and view historical trends. The system was tested for power consumption, communication reliability, and sensor accuracy. AI models achieved high accuracy, though future improvements are planned for realism and scalability of the deployment. Solar power integration and edge AI are proposed as the next steps. This work offers a scalable and intelligent solution for modern beekeeping.

Keywords: Smart agriculture, Beehive monitoring, Embedded systems, IoT, Low power, STM32, LoRaWAN, ChirpStack, Mobile application, AI diagnostics.

Résumé

Ce projet présente un système de surveillance de ruches d'abeilles à faible consommation basé sur la communication LoRaWAN et l'intelligence artificielle pour une analyse en temps réel de la santé des colonies. Il intègre un microcontrôleur STM32L073 avec plusieurs capteurs pour capturer les données environnementales et comportementales. Des pilotes bas niveau personnalisés ont été développés pour garantir une efficacité énergétique optimale. Les données sont transmises via LoRa à une passerelle ChirpStack, puis stockées et traitées dans un backend sécurisé. Un module d'IA analyse les données des capteurs et les signaux acoustiques pour prédire l'état de santé des ruches. L'application mobile BeeSentinel permet aux utilisateurs de visualiser les conditions en direct, de recevoir des alertes et de consulter l'historique. Le système a été testé en termes de consommation énergétique, de fiabilité des communications et de précision des capteurs. Les modèles d'IA ont atteint une grande précision, bien que des améliorations soient prévues pour le déploiement réel et la montée en charge. L'intégration de l'énergie solaire et de l'IA embarquée est envisagée pour les prochaines étapes. Ce travail propose une solution intelligente et évolutive pour l'apiculture moderne.

Mots-clés: Agriculture intelligente, Surveillance des ruches d'abeilles, Systèmes embarqués, IoT, Basse consommation, STM32, LoRaWAN, ChirpStack, Application mobile, Diagnostic par IA.