

CONCEPTION ET DÉPLOIEMENT D'UNE STATION ENVIRONNEMENTALE SATELLITE ECOLOGGING :

SYNTHÈSE DU PROJET

Master 2 - Ingénierie des Systèmes Embarqués



Réalisé par :

- **AZALLAL Mohamed**
- **CHALAL Katia**
- **GOUICHICHE Hani**
- **MARIR Badr Eddine**

Encadré par :

- **Mr P. Bordenave**
- **Mr P. Chaumeil**

Table des matières :

| | | |
|------|---------------------------------------|---|
| I. | Contexte du projet : | 1 |
| II. | Objectifs principaux : | 1 |
| III. | Description du système global : | 2 |
| IV. | Fonctionnement global : | 2 |
| V. | Conclusion synthèse : | 3 |

I. Contexte du projet :

L’Institut National de Recherche pour l’Agriculture, l’Alimentation et l’Environnement (INRAE) mène des travaux en écologie fondés sur l’acquisition continue et à long terme de données environnementales. Ces données portent notamment sur les conditions météorologiques, les propriétés des sols, les dynamiques hydriques et les flux de gaz à effet de serre, autant d’éléments essentiels à la compréhension du fonctionnement et de l’évolution des écosystèmes.

Dans ce contexte, le projet ECOLOGGING s’inscrit dans une démarche d’innovation méthodologique visant à démocratiser l’instrumentation environnementale. Il repose sur le développement de stations de mesure à faible coût, conçues selon les principes de l’open source et de l’open hardware. L’ensemble des choix matériels et logiciels privilégie des solutions accessibles, documentées et reproductibles, afin de favoriser l’appropriation des outils par la communauté scientifique et technique.

Contrairement aux systèmes commerciaux propriétaires, souvent coûteux, peu flexibles et dépendants d’un fournisseur unique, les stations ECOLOGGING s’appuient sur des microcontrôleurs de type Arduino Mega, emblématiques d’une approche low-tech. Ce choix garantit une architecture modulaire, évolutive et facilement maintenable, tout en assurant le niveau de fiabilité et de précision requis pour des mesures scientifiques.

À ce jour, ces stations transmettent leurs données via des réseaux terrestres, notamment la 4G sécurisée utilisant des protocoles de type MQTT(S), ainsi que par des réseaux longue portée à bas débit comme LoRaWAN. Les données sont ensuite centralisées et exploitées à l’aide d’outils open source de supervision et de visualisation tels que Node-RED et Grafana. Toutefois, ces solutions demeurent dépendantes de la disponibilité d’infrastructures de communication locales, ce qui limite le déploiement des stations dans certains environnements isolés.

II. Objectifs principaux :

Le projet ECOLOGGING a pour objectif principal de concevoir une station de mesure environnementale autonome, capable de fonctionner de manière fiable et continue sur le terrain, sans nécessiter d’intervention humaine permanente. Cette autonomie concerne à la fois l’alimentation électrique, la collecte des données, leur transmission et leur exploitation.

La station développée permet de mesurer plusieurs paramètres environnementaux essentiels à l’analyse des écosystèmes : la température, l’humidité, la pression atmosphérique et la luminosité. Ces grandeurs constituent une base fondamentale pour l’étude des conditions climatiques locales et de leur évolution dans le temps. L’ensemble des données collectées est ensuite transmis par satellite, ce qui permet de garantir une communication même dans des zones totalement dépourvues de réseau terrestre.

Les données sont récupérées à travers l’API de CLS, qui assure l’interface entre le réseau satellitaire et le système informatique du projet. Elles sont ensuite automatiquement décodées, traitées et stockées dans une base de données locale, garantissant leur traçabilité, leur sécurité et leur exploitabilité scientifique. Enfin, un dashboard web interactif permet de visualiser les données ainsi que sur l’historique, offrant un outil clair, lisible et accessible pour le suivi environnemental. L’objectif est ainsi de proposer une chaîne complète, intégrée et automatisée, allant de la mesure sur le terrain jusqu’à l’exploitation finale des données.

III. Description du système global :

Le système ECOLOGGING est structuré autour de deux grandes parties complémentaires : la partie terrain, correspondant à la station de mesure installée sur site, et la partie serveur, qui assure la réception, le traitement et la visualisation des données.

La partie terrain constitue le cœur physique du système. Elle est composée de plusieurs capteurs environnementaux permettant de mesurer les paramètres essentiels du milieu naturel : température, humidité, pression atmosphérique et luminosité. Ces capteurs sont pilotés par un microcontrôleur Arduino Mega, qui assure la gestion des mesures, la synchronisation des acquisitions et le prétraitement des données. L'Arduino joue un rôle central dans l'organisation des informations avant leur transmission.

La communication avec l'extérieur est assurée par un module satellite, qui permet l'envoi des données via le réseau satellitaire, sans dépendre d'infrastructures locales. Une carte SD est intégrée au système afin de garantir un stockage local des données, ce qui permet de conserver l'historique des mesures même en cas de défaillance temporaire de la transmission. L'ensemble de la station est alimenté par un système autonome, rendant le dispositif indépendant du réseau électrique et parfaitement adapté aux environnements isolés.

La partie serveur assure la réception et l'exploitation des données. Les informations transmises par satellite sont d'abord récupérées via l'API CLS, qui joue le rôle de passerelle entre le réseau satellitaire et le système informatique du projet. Les données sont ensuite stockées dans une base de données SQLite, permettant de conserver un historique structuré, fiable et exploitable. Enfin, un dashboard web interactif permet de visualiser les données, offrant une interface claire, ergonomique et accessible aux utilisateurs.

IV. Fonctionnement global :

Le fonctionnement du système ECOLOGGING repose sur une chaîne continue, automatisée et cohérente, allant du terrain jusqu'à l'interface utilisateur. Sur le terrain, les capteurs environnementaux mesurent en continu les paramètres physiques du milieu. Ces informations sont ensuite récupérées par l'Arduino Mega, qui assure le traitement initial des données.

Les valeurs mesurées sont organisées et encodées sous forme de trames hexadécimales, afin de garantir une transmission compacte, fiable et compatible avec les contraintes de la communication satellitaire. Ces données encodées sont ensuite transmises vers le module satellite, qui les envoie au satellite. Le satellite relaie les informations vers la plateforme CLS, qui centralise les données.

À partir de cette plateforme, le serveur du projet récupère automatiquement les données via l'API CLS. Les informations sont ensuite décodées, interprétées et stockées dans la base de données locale. Ce processus est entièrement automatisé, garantissant une continuité de service et une fiabilité du système de collecte.

Enfin, le dashboard web permet l'exploitation finale des données. L'utilisateur peut consulter les valeurs, analyser l'évolution des paramètres environnementaux sur l'historique, et suivre l'état global de la station. L'interface a été pensée pour être simple, intuitive et accessible, permettant une utilisation même par des personnes ne disposant pas de compétences techniques spécifiques.

V. Conclusion synthèse :

Le projet ECOLOGGING montre qu'il est tout à fait possible de concevoir une solution complète et cohérente de surveillance environnementale par satellite, depuis la mesure sur le terrain jusqu'à l'affichage des données sur une interface web. L'ensemble du système fonctionne de manière fiable : les capteurs collectent les informations, la transmission satellite est opérationnelle, les données sont récupérées automatiquement, décodées, stockées et valorisées à travers un dashboard clair et interactif. Cette solution est non seulement fonctionnelle, mais aussi évolutive, adaptable à d'autres contextes d'usage et prête à être déployée dans des environnements réels, ce qui confirme la pertinence technique et opérationnelle du projet ECOLOGGING.