

## Fiche de proposition de projet par les étudiants

Merci de remettre cette fiche à l'équipe enseignante de l'UE  
bruno.gas@sorbonne-universite.fr, nicolas.obin@sorbonne-universite.fr

Titre	BeeGuardAI : Système embarqué de détection des frelons asiatiques et de surveillance de l'activité des abeilles par IA
Encadrant(s) (nom et signature)	Yann DOUZE : yann.douze@sorbonne-universite.fr Frederic SEGRETAIN : frederic.segretain@upmc.fr
Matériel requis disponible à la plateforme	ESP32 Cam, Arduino Sense32, capteurs, etc....
Matériel à acheter + budget approximatif	
Nombre d'étudiants	Entre 3 et 5 étudiants
Prérequis	

### Description détaillée :

#### 1. Contexte et enjeux

Les abeilles jouent un rôle essentiel dans la pollinisation et la préservation de la biodiversité. Leur disparition aurait des conséquences écologiques et économiques considérables. Or, depuis plusieurs années, les colonies d'abeilles sont menacées par de multiples facteurs : pesticides, maladies, changements climatiques... et surtout la prédation exercée par le **frelon asiatique (Vespa velutina)**.

Ce prédateur, introduit accidentellement en Europe, s'attaque directement aux ruches en capturant les abeilles butineuses, affaiblissant la colonie jusqu'à son effondrement. Pour les apiculteurs, il est crucial de disposer de **moyens de surveillance intelligents**, capables de :

- détecter rapidement la présence de frelons,
- suivre l'activité des abeilles (entrées/sorties),
- analyser la santé de la colonie (abeilles mortes, affaiblies, stress acoustique).

Avec l'avènement des technologies **TinyML** et **IoT bas débit (LoRaWAN)**, il devient possible de concevoir un système **autonome, peu énergivore et embarqué** qui combine vision et audio pour analyser l'activité de la ruche.

Le projet **BeeGuardAI** répond à cet enjeu en proposant un dispositif expérimental déployé sur deux sites pilotes :

- ruches en zone semi-rurale à **Saint-Cyr**,
- ruches urbaines sur le toit de **Jussieu (Sorbonne Université)**.

## 2. Objectifs du projet

Le projet vise à concevoir un **système complet** combinant IA embarquée, communication IoT et interface web. Les objectifs sont :

1. **Détection visuelle des frelons asiatiques**
  - Identifier et compter automatiquement les frelons sur la planche d'envol.
2. **Comptage du trafic des abeilles**
  - Compter le nombre d'abeilles sortant et rentrant de la ruche par heure.
  - Analyser les tendances d'activité journalière.
3. **Évaluation de l'état des abeilles**
  - Détection d'abeilles mortes ou affaiblies sur la planche de vol.
  - Détection de comportements anormaux (ralentissement, attroupements inhabituels).
4. **Analyse acoustique de la colonie**
  - Identifier les sons caractéristiques :
    - activité normale,
    - colonie stressée (attaque),
    - absence de reine,
    - absence d'abeilles (effondrement).
5. **Transmission et visualisation**
  - Envoi des résultats via **LoRaWAN** vers un serveur centralisé.
  - Développement d'une **IHM web interactive** affichant :
    - nombre de frelons détectés / heure,
    - abeilles sorties et rentrées par heure,
    - état des abeilles (normal, affaiblies, mortes),
    - état acoustique de la colonie.

### 3. Méthodologie technique

#### 3.1 Acquisition de données

- Mise en place de **caméras ESP32-CAM** et de microphones sur les ruches pilotes.
- Collecte d'images et de sons pour compléter notre base de données.
- Constitution d'un dataset annoté (abeilles, frelons, abeilles mortes, sons typés).

#### 3.2 Entraînement IA (via Edge Impulse)

- **Vision par ordinateur** : modèles de détection et classification (YOLO-like optimisé TinyML).
- **Audio** : extraction de caractéristiques (MFCC, spectrogrammes) et classification (CNN/RNN légers).
- **Optimisation** pour embarqué (quantization, compression).

#### 3.3 Déploiement embarqué sur ESP32

- Intégration caméra + micro.
- Exécution temps réel des modèles IA embarqués.
- Transmission des résultats via LoRaWAN vers une passerelle.

#### 3.4 Développement de l'IHM web

- Interface web connectée à une base de données (par ex. InfluxDB + Grafana ou Node-RED Dashboard).
- Visualisation graphique des indicateurs :
  - Histogramme du nombre de frelons par heure,
  - Graphique du trafic des abeilles (entrées/sorties),
  - Jauge pour l'état des abeilles (normal / affaiblies / mortes),
  - Diagramme d'état acoustique (reine présente / absente, stress, colonie effondrée).
- Accès multi-utilisateur pour les apiculteurs et chercheurs.

#### 3.5 Validation terrain

- Tests en conditions réelles sur les ruches de Saint-Cyr (milieu naturel) et Jussieu (milieu urbain).
- Comparaison avec observations manuelles pour valider la précision.
- Analyse de la robustesse aux variations météo, luminosité et bruit ambiant.

#### 4. Résultats attendus

- Un **prototype matériel et logiciel** de surveillance embarquée.
- Une **preuve de concept validée** sur deux environnements contrastés (urbain et rural).
- Une **IHM web** permettant une visualisation simple et intuitive des données.
- La constitution d'une **base de données unique d'images et sons de ruches**.
- Des perspectives d'évolution vers des systèmes **autonomes d'alerte et de défense** (pièges déclenchés automatiquement en présence de frelons).

#### 5. Compétences mobilisées

- **Vision par ordinateur et TinyML** (Edge Impulse, CNN embarqués).
- **Traitement du signal audio** et reconnaissance de motifs sonores.
- **IoT bas débit et LoRaWAN** pour communication longue portée.
- **Développement d'IHM web** (dashboard graphique temps réel).
- **Expérimentation terrain** et mise en œuvre de capteurs embarqués.

#### 6. Encadrement et partenariats

- Encadrement assuré par enseignants-chercheurs de **Sorbonne Université**
- Tests sur ruches disponibles à **Saint-Cyr** et sur le **toit de Jussieu**.
- Collaboration possible avec apiculteurs locaux pour retour utilisateur et annotation des données.