

# Utilisation de capteurs connectés pour le suivi *in situ* d'espèces sentinelles

*Arnaud ELGER*

*Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement*

*UMR 5245 CNRS-UPS-Toulouse INP*

# L'instrumentation pour le suivi automatisé des écosystèmes

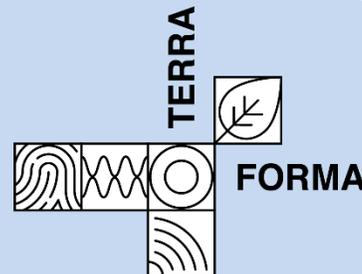
- ✓ Sites instrumentés pour le suivi environnemental, souvent depuis plusieurs décennies
- ✓ Traditionnellement, focus sur des descripteurs abiotiques (physico-chimie...)

➡ *Nécessité d'une meilleure prise en compte de la composante biotique*

➡ *Complémentarité télédétection / capteurs in situ*



*Focus sur deux projets :*



...

# Le concept d'espèce sentinelle



[Crédit photo : Musée de la Mine, Saint-Etienne]

«Les espèces sentinelles sont des organismes, souvent des animaux, utilisés pour détecter les risques pour l'homme **en signalant à l'avance un danger**. Le terme s'applique principalement dans le contexte des dangers environnementaux. »

[US National Research Council, 1991]

## Enjeux actuels :

- ✓ Intérêt des espèces sentinelles pour leurs **capacités d'intégration** (cf. multi-stress)
- ✓ Nouvelles technologies (cf. IoT, AI...) pour le **suivi à distance** et le **traitement des données « en temps réel »**



# Le projet ECONECT



Projet cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional



# Le projet ECONECT

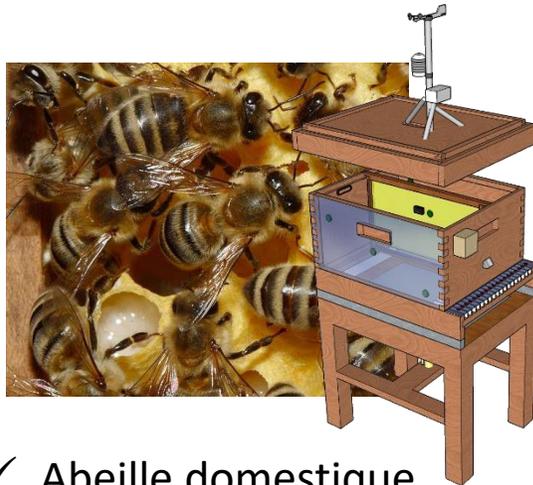
➔ *6 laboratoires / 3 entreprises*



# Objectifs du projet

1. Développer une **architecture commune** pour la collecte et l'analyse de données environnementales

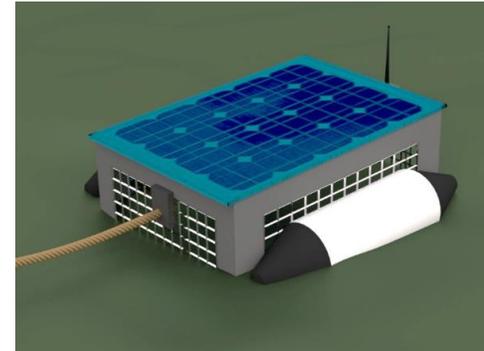
2. Appliquer cette architecture à **trois systèmes sentinelles** de l'environnement :



✓ Abeille domestique



✓ Mésange charbonnière



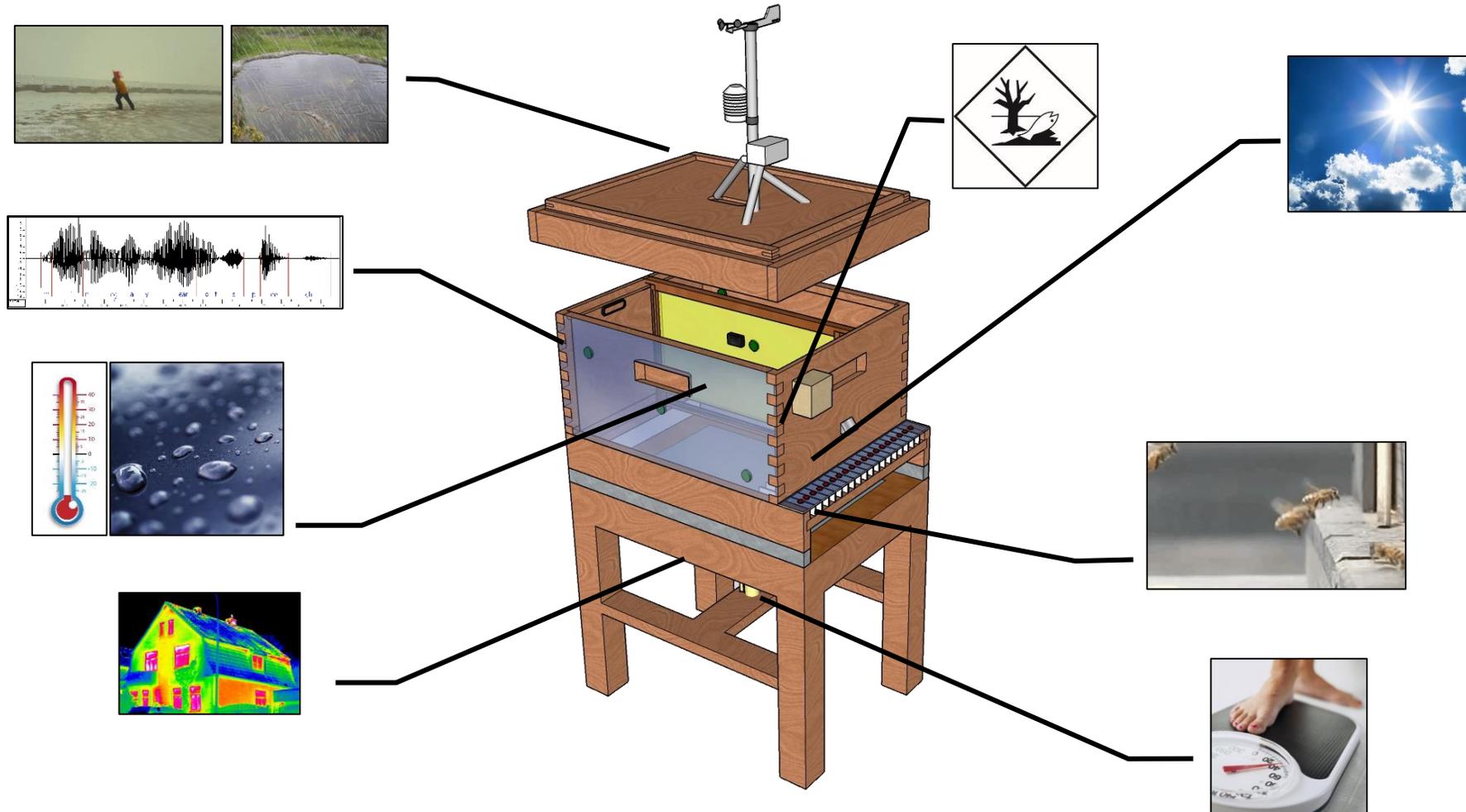
✓ Ecosystème aquatique

3. Déployer un **réseau de stations** de mesure en Occitanie

4. Statuer sur la **pertinence de ces systèmes sentinelles** pour évaluer l'effet des pressions anthropiques

# Les systèmes sentinelles utilisés

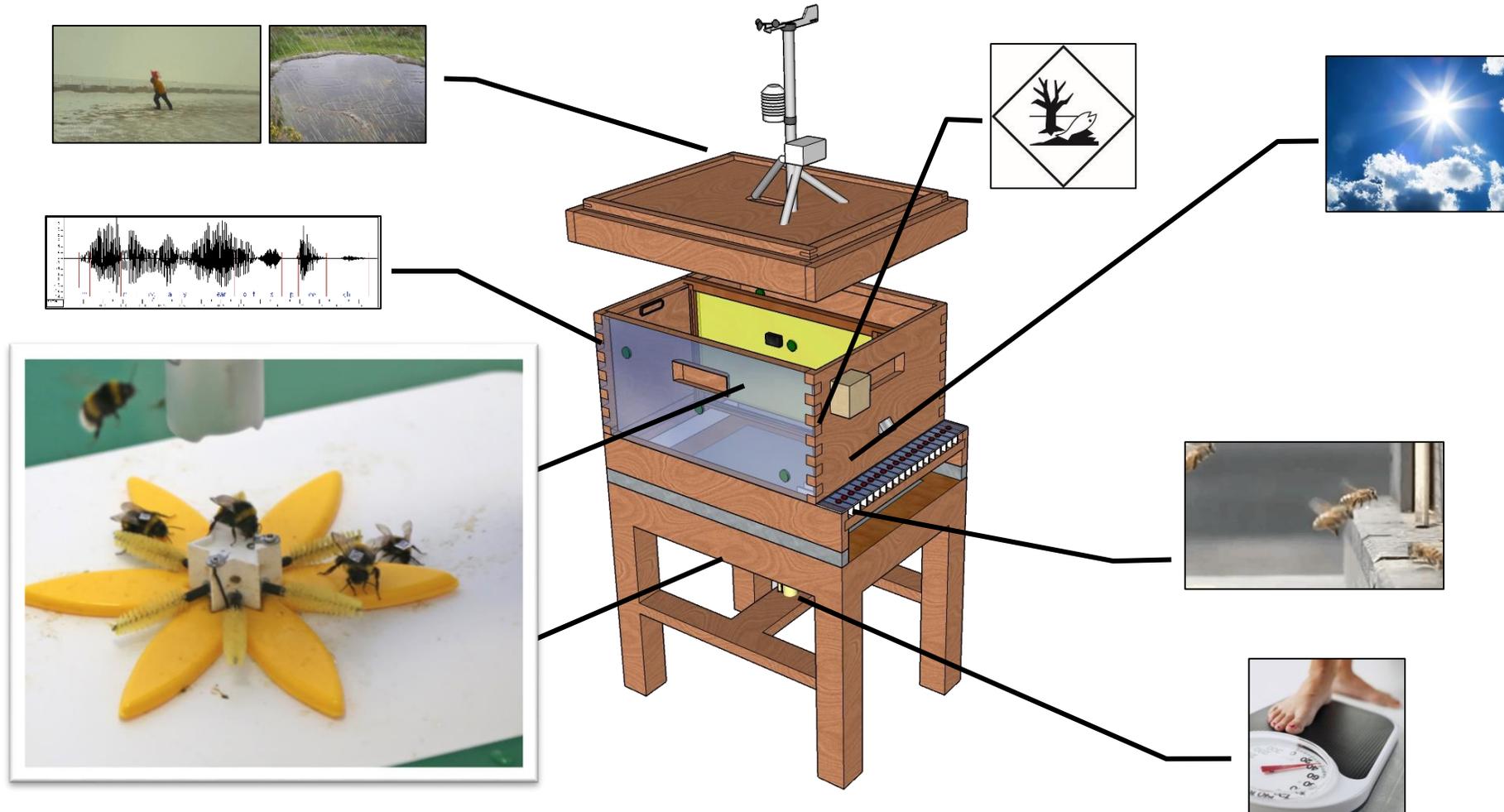
## *La ruche connectée*



[Lihoreau *et al.*]

# Les systèmes sentinelles utilisés

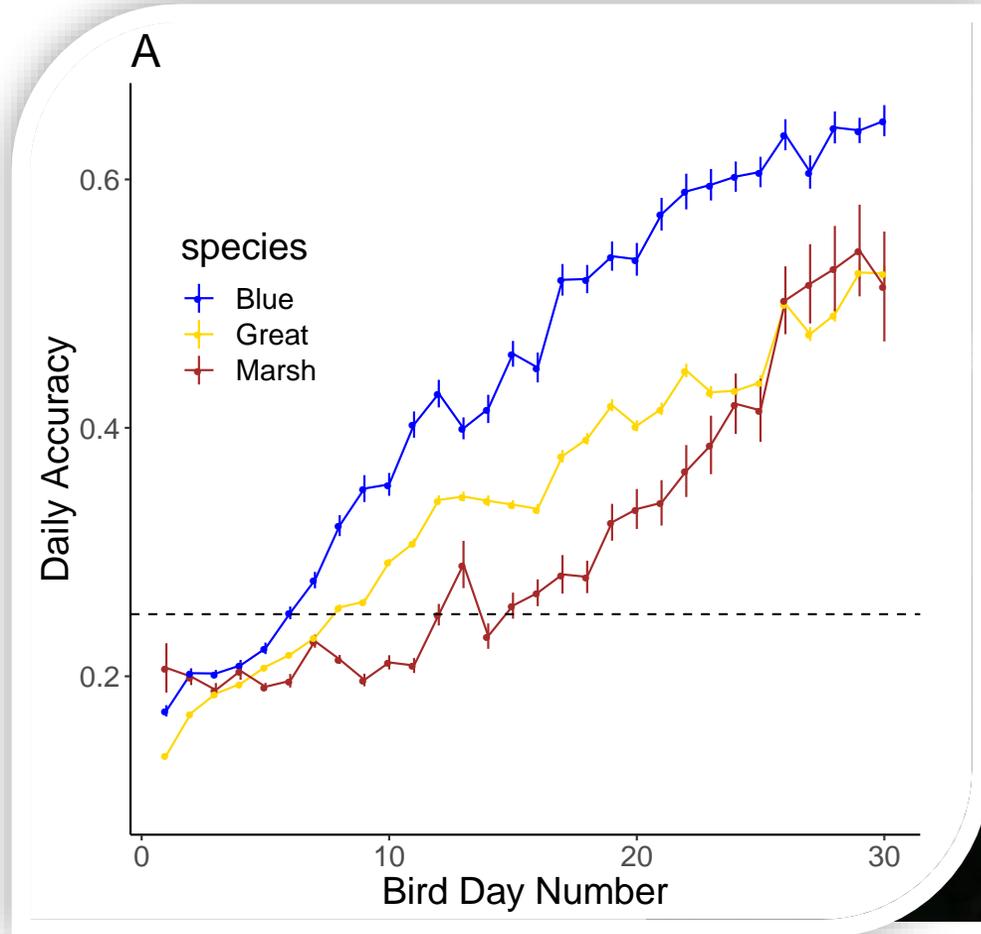
## *La ruche connectée*



[Lihoreau *et al.*]

# Les systèmes sentinelles utilisés

## La mangeoire connectée (OpenFeeder)



[Cauchoix, Chaine *et al.*]

# Les systèmes sentinelles utilisés

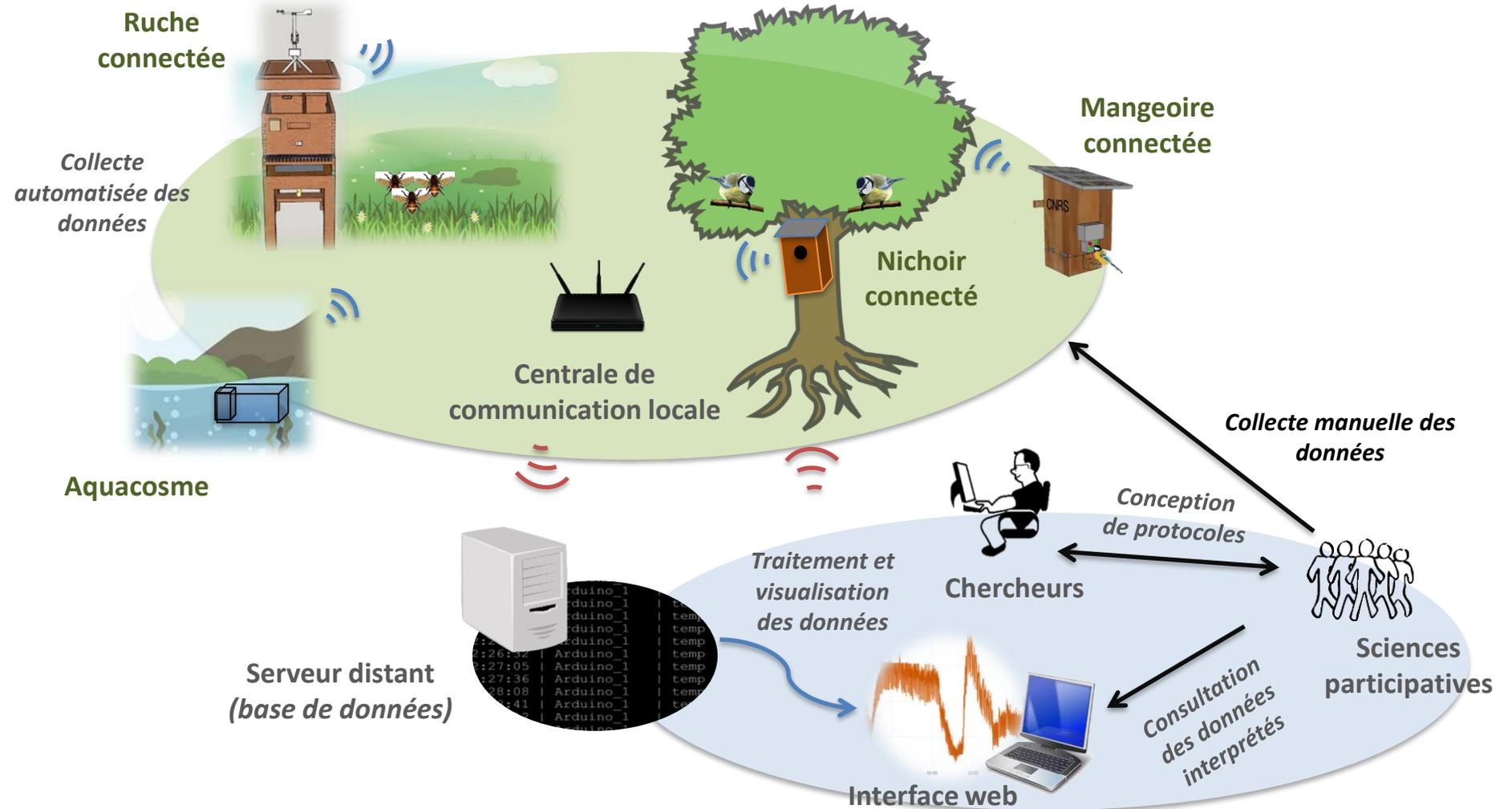
## *L'aquacosme*

Développement d'une **enceinte flottante**, communicante et autonome en énergie, pouvant accueillir **différents périphériques de mesure**



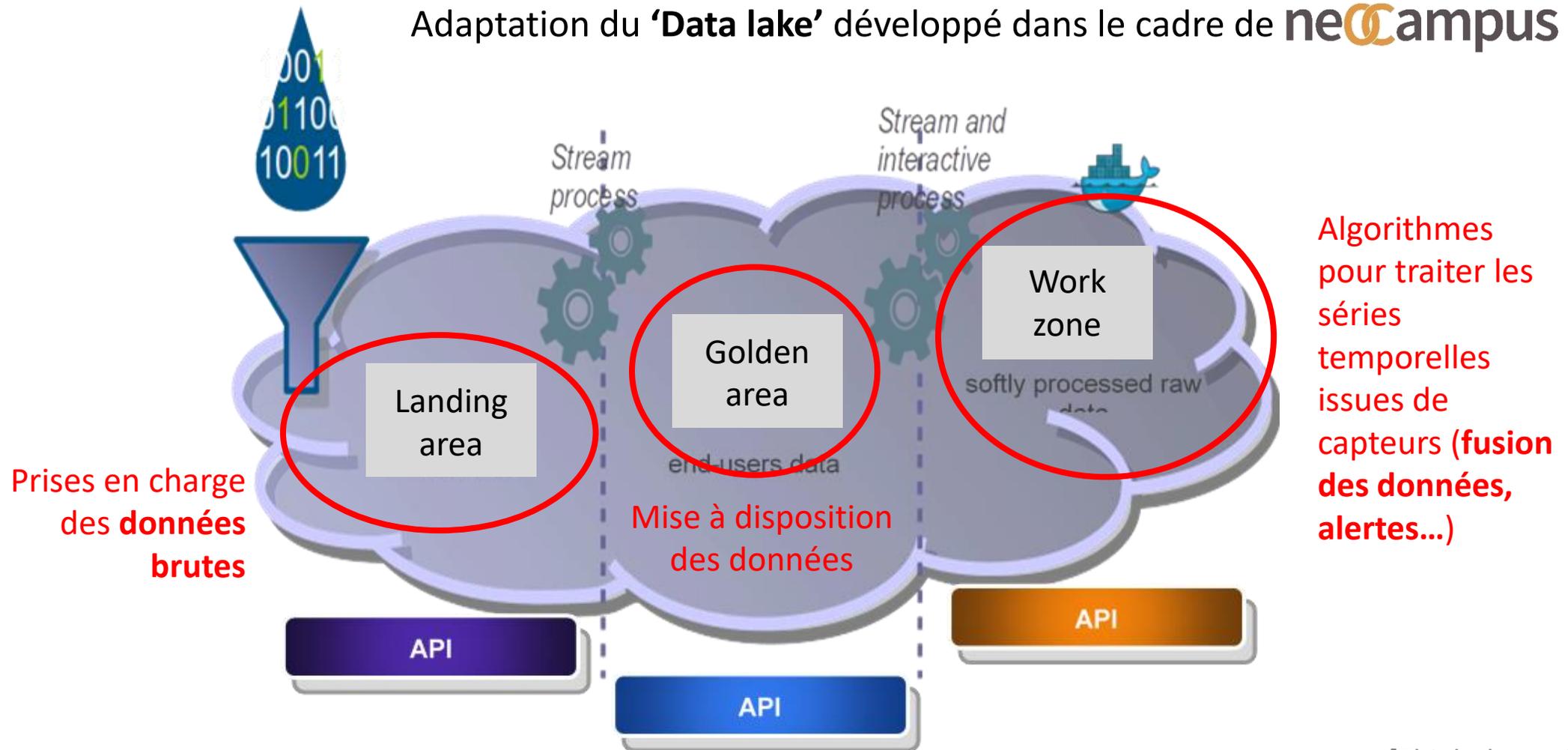
[Elger, Raimbault *et al.*]

# L'architecture utilisée pour la collecte et le traitement des données



# Le traitement des données collectées

Adaptation du 'Data lake' développé dans le cadre de **neo**campus



Algorithmes pour traiter les séries temporelles issues de capteurs (**fusion des données, alertes...**)

[Thiebolt, Kacimi *et al.*]

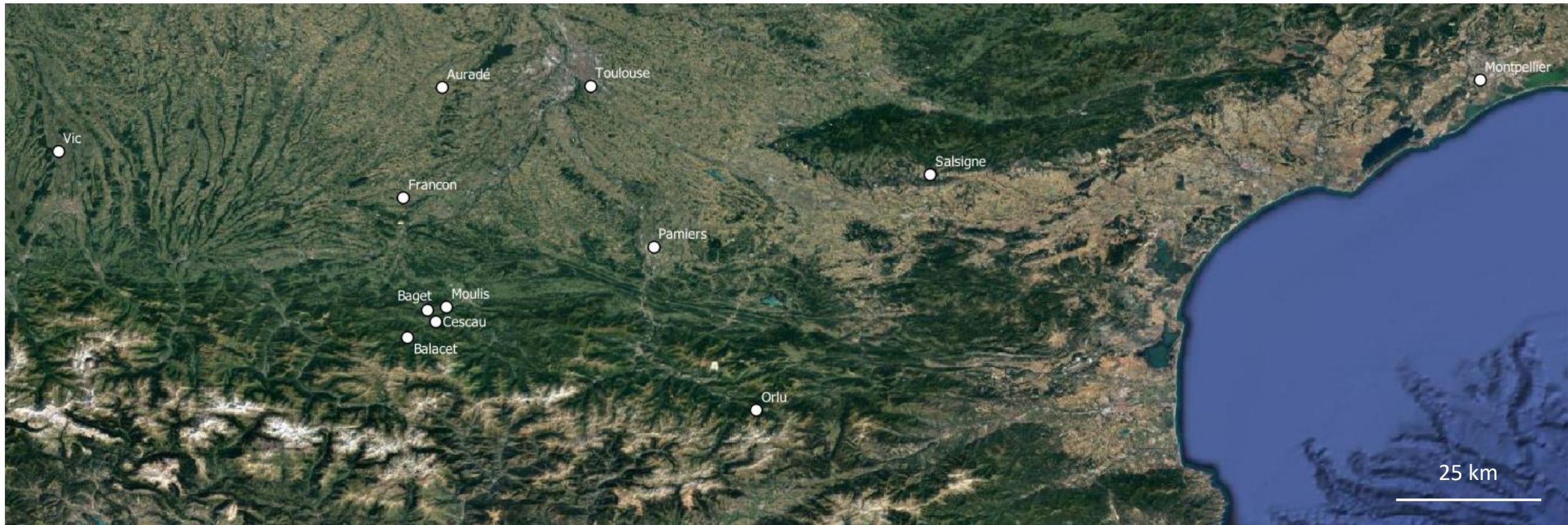
# Le réseau de sites étudiés

*Mise en place d'un réseau de **12 sites**... illustrant des situations contrastées en termes :*

- ✓ D'altitude
- ✓ D'urbanisation
- ✓ De pratiques agricoles

# Le réseau de sites étudiés

*Mise en place d'un réseau de **12 sites**...*

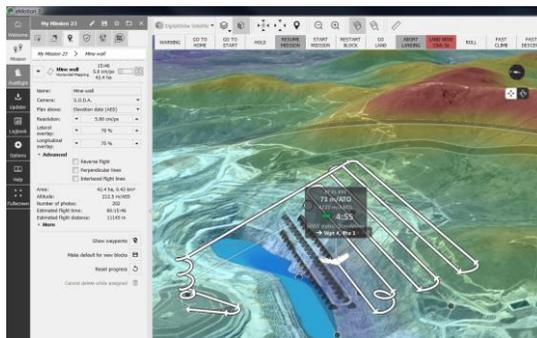
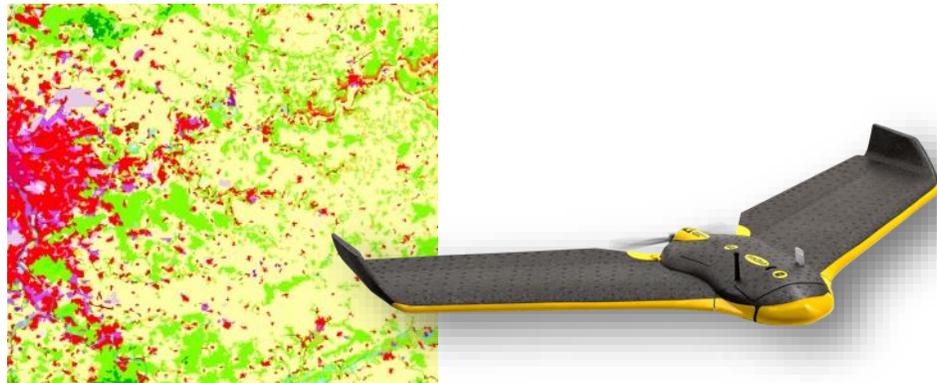


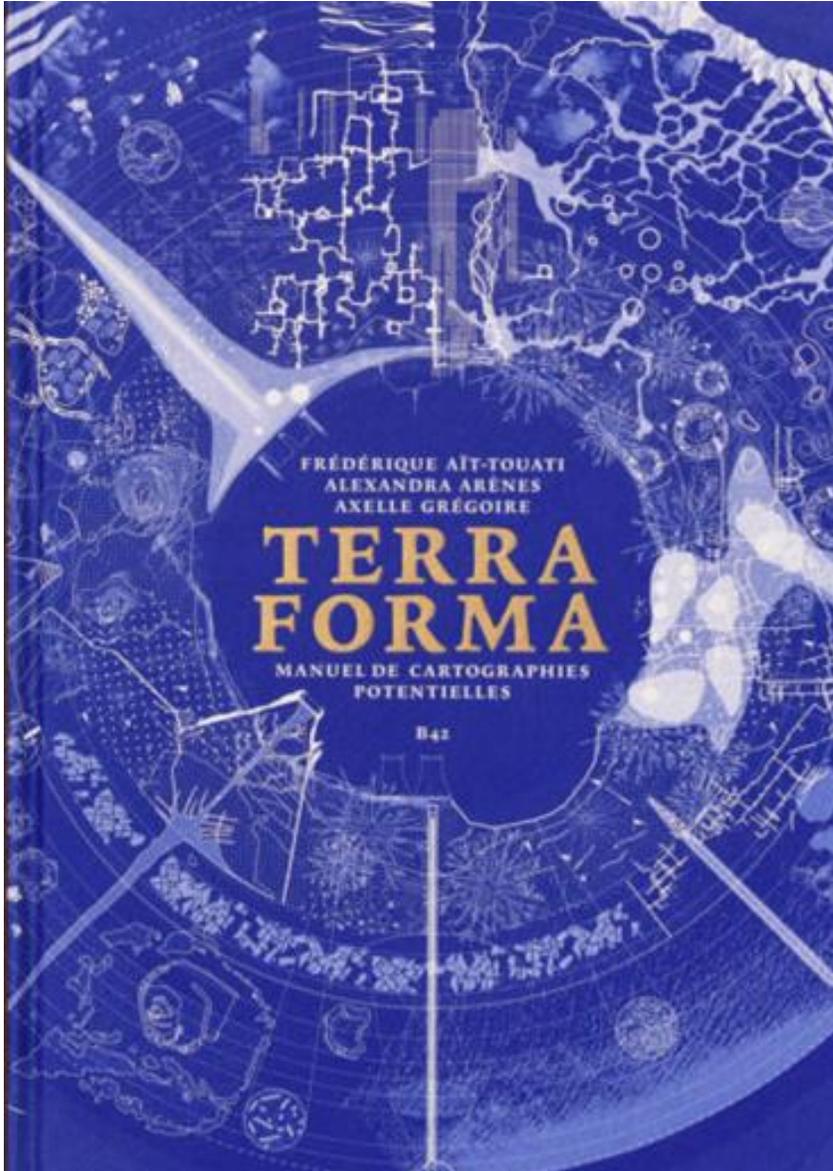
# Le réseau de sites étudiés

*Caractérisation des sites en termes :*

(1) De structure paysagère

(2) De pollution chimique





PIA3 EQUIPEX+

## ***Concevoir et tester l'observatoire intelligent des territoires à l'ère de l'Anthropocène***

PI : Laurent Longuevergne (CNRS/UR1, OZCAR)

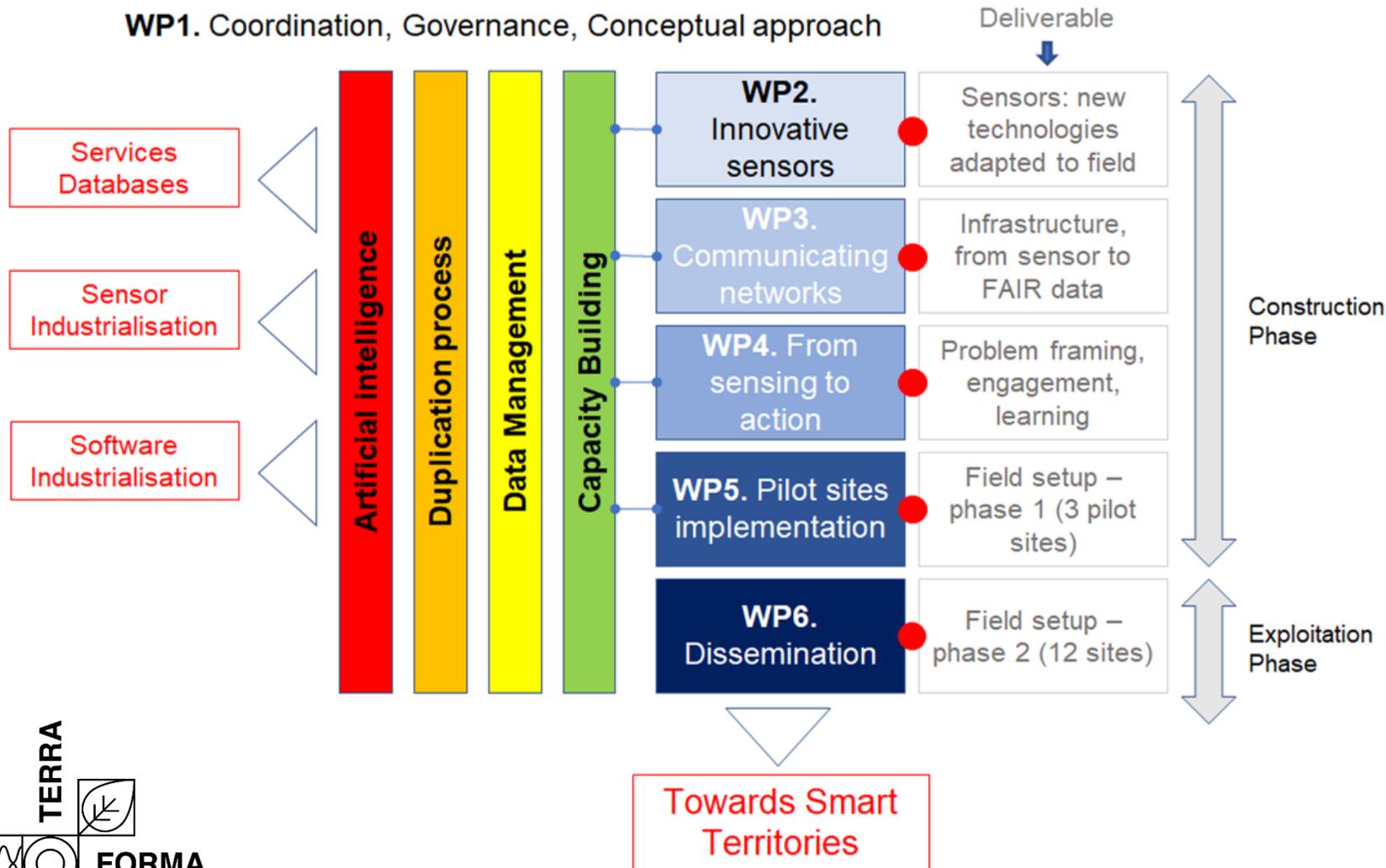
co-PI : Arnaud Elger (UPS, RZA)



### **Partenaires :**

- ✓ CNRS (INSU, INEE, INSIS, IN2P3, INP, INS2I, INSHS, INSB)
- ✓ IPGP, IRD, INRAE, Mines Paristech, INERIS
- ✓ Universités (Rennes, Toulouse, Grenoble, Clermont-Auvergne, Paris-Diderot, Montpellier, Reims, Toulon, Franche-Comté, Orléans, Strasbourg, Aix-Marseille)
- ✓ Entreprise Extralab

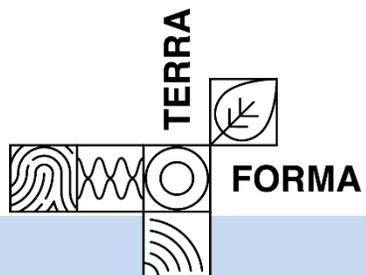
# Structuration du projet



Aider à la définition de variables essentielles (stocks & flux eau, énergie, matière, biota)

Agréger les compétences, impliquer largement les acteurs et étudiants

Favoriser un effet levier, définir un cadre attractif auprès de financeurs



# Capteurs innovants

Développements prévus	Délivrables et nouvelles opportunités
WP2.1 Au-delà des couleurs	Caméra hyperspectrale <b>haute résolution + IA</b> , Etat des systèmes intégratifs (végétation, rivières), <b>De la diversité fonctionnelle au fonctionnement des écosystèmes</b>
WP2.2 Sonde multiparamètre	<b>Sonde flux de matière bas cout</b> : débit, Chl-a turbidité, O <sub>2</sub> , pH, CO <sub>2</sub> , Nitrate, matière organique dissoute. <b>Bassins de tête et variabilité</b>
WP2.3 Métabolisme des rivières	<b>Isotopes du carbone in situ</b> , gaz dissous inertes et réactifs, <b>origine du carbone inorganique dissous</b>
WP2.4 Bioaccumulation des contaminants	Intégrateurs <b>rapides et contrôlés large spectre</b> pour métaux traces, pesticides, contaminants émergents
WP2.5 Gaz à effet de serre - flux d'échanges	<b>Cartographie haute résolution des flux de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O embarqué sous drone</b>
WP2.6 Biologging	<b>Colliers GPS / accéléromètre</b> , capteurs miniatures, de la <b>position au comportement</b>
WP2.7 Capteurs biogéochimiques	<b>Sondes de suivi de l'activité microbiologique</b> , spatialisation par hydrogéophysique
WP2.8 Pièges audio-video	Pièges audio/vidéo, <b>AI embarquée avec identification en ligne</b>

# WP2.8 : audio-vidéo trapping



## Contexte :

- ✓ Grande variété d'applications
- ✓ Méthodes non invasives et peu coûteuses
- ✓ Acquisition de données fiables
- ✓ Diverses solutions commerciales existantes

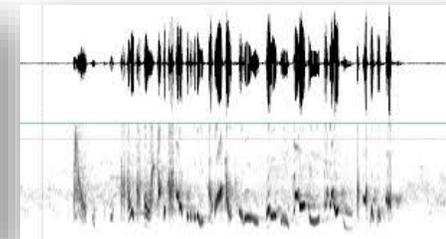
## Objectifs dans Terra forma :

- ✓ Proposer une solution polyvalente, performante, à coût maîtrisé
- ✓ Développement open-source (et modulaire) permettant l'adaptation de l'outil à des situations spécifiques

*Approche intégrative  
des « paysages  
sonores »*

*Identification  
d'espèces / mesure  
de biodiversité*

*Images pour l'étude des  
écosystèmes (phénologie,  
hydrologie...)*



# WP2.8 : audio-vidéo trapping

L'enregistreur proposé dans Terra Forma :

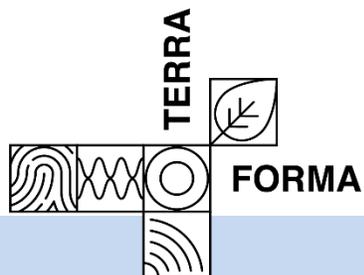


- ✓ Basé sur la carte QUALILIFE développée par le SMIoT à Toulon (GIES, GLOTIN et al.)
- ✓ 5 canaux d'enregistrement (chacun à 4 Hz – 500 kHz)
- ✓ IA embarquée (optimisation conso. d'énergie / analyse des données enregistrées)
- ✓ Connectivité LoRa (télétransmission données pré-traitées / administration)

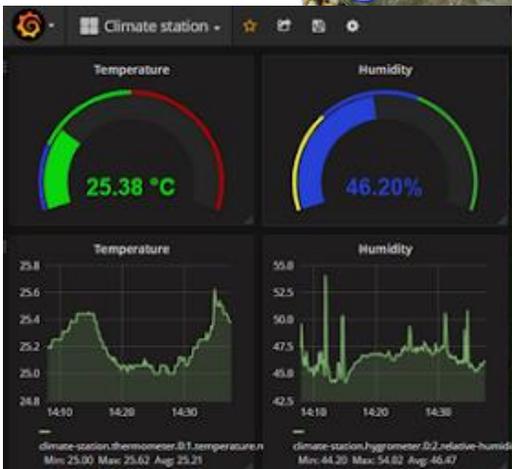
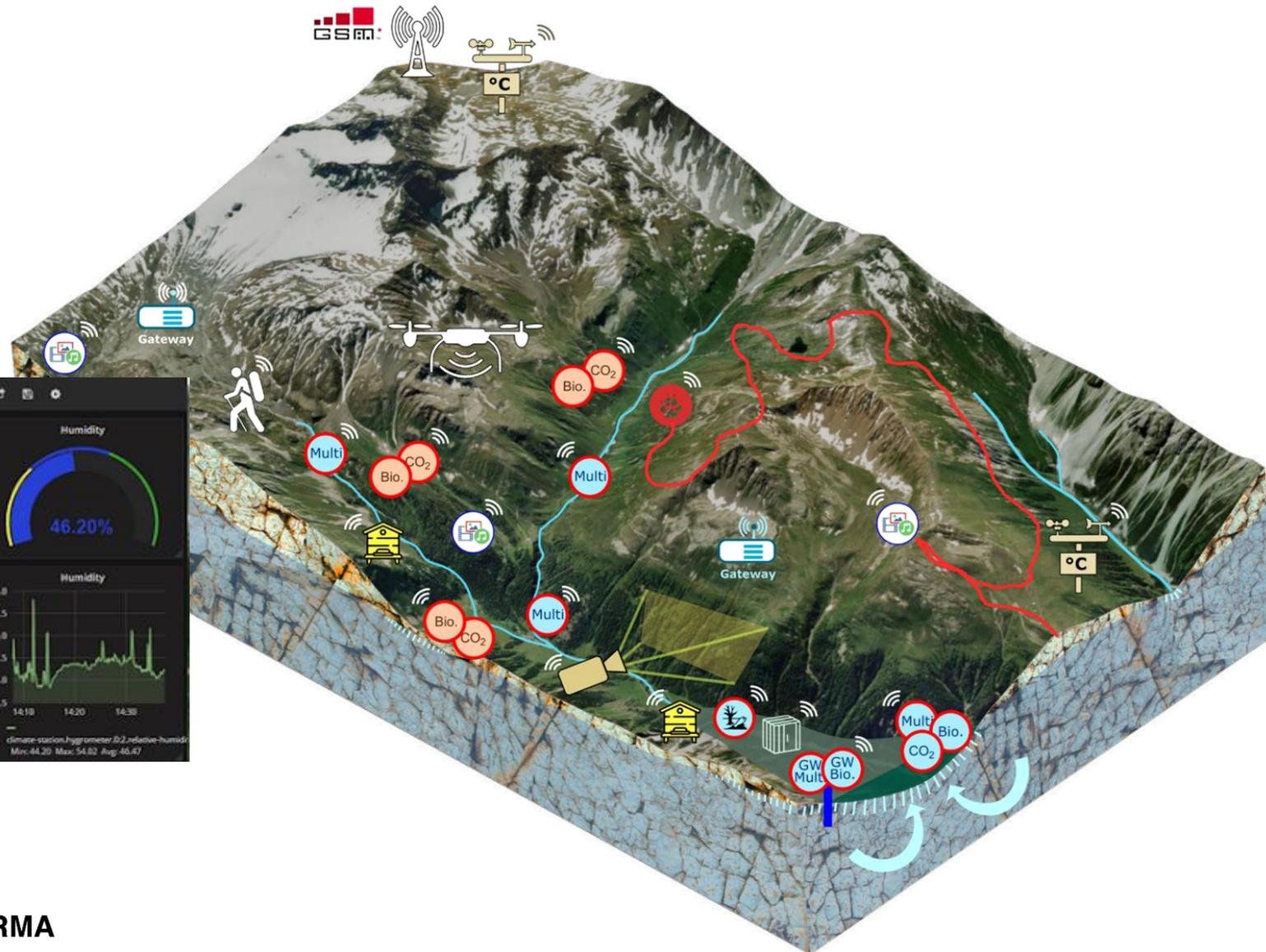
**Modules optionnels :**

- ✓ Caméra intelligente open-source
- ✓ Module IA avancée (e.g. identification des espèces au sein des communautés)
- ✓ Habillage pour utilisations spécifiques (e.g. mangeoire à oiseaux)
- ✓ Hydrophone

**Prix : 75 à 950 €**  
(selon options)



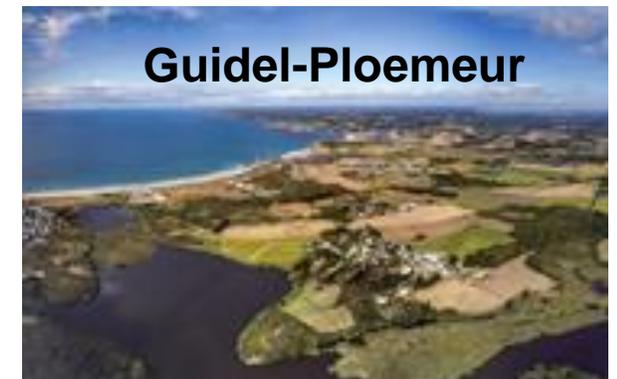
# Implémentation in situ



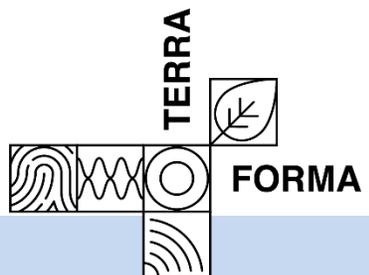
Lautaret-Oisans



Auradé



Guidel-Ploemeur



***Merci pour votre  
attention...***

