

Développement d'un système sentinelle autonome et connecté

Application au suivi des paramètres physico-chimique des milieux aquatiques

Josselin Simion^{1,2}, Vincent Raimbault², Rahim Kacimi³, Jean-Louis Druilhe¹, Jérôme Silvestre¹, Nicolas Brodu¹, Christophe Escriba², Arnaud Elger¹

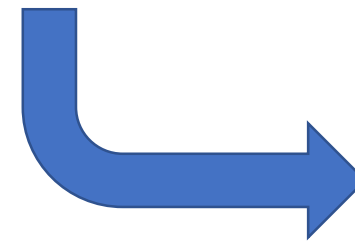
¹ LEFE, ² LAAS, ³ IRIT



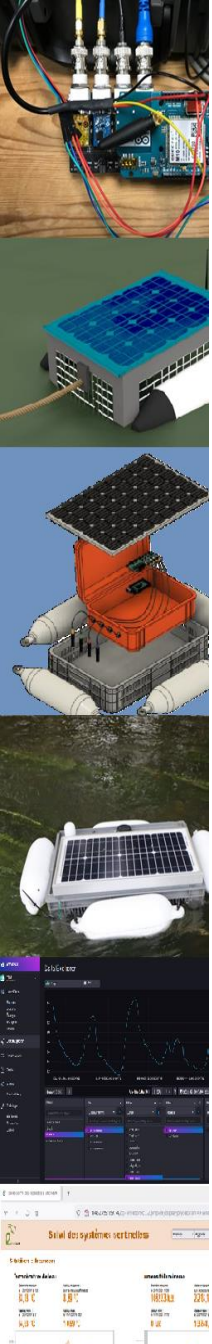
Projet cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional

Surveillance des environnements aquatiques

- ✓ Élément vital pour les êtres vivants et pour nos sociétés
- ✓ Soumis à de multiples pressions anthropiques
- ✓ Enjeux de suivi :
 - De nombreuses questions fondamentales sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques
 - Attente des gestionnaires ; suivi imposé par la législation (DCE, DCSMM...)



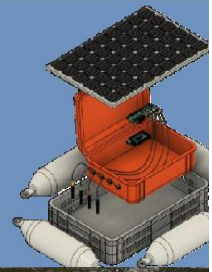
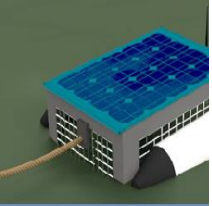
Attente de systèmes automatisés... si possible à bas coût (cf. ~ 4000 stations de suivi DCE en France)



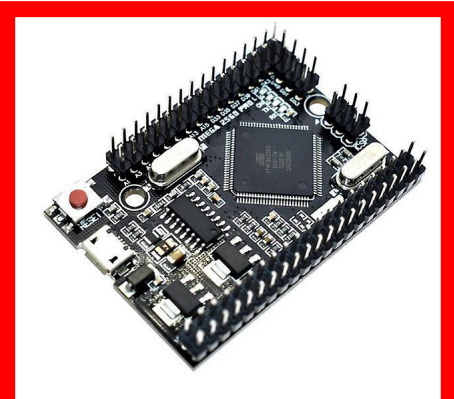
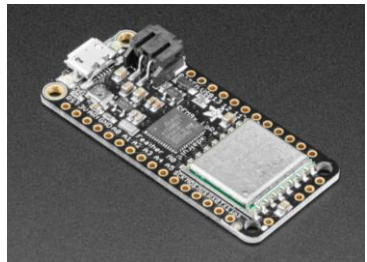
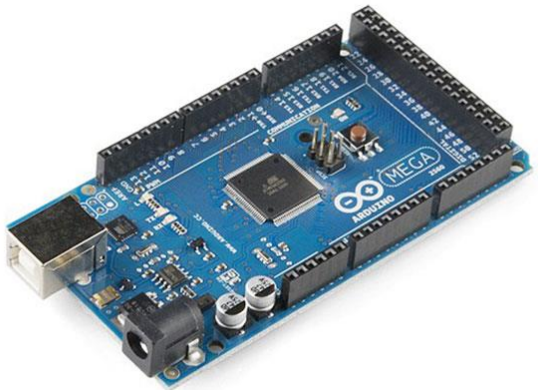
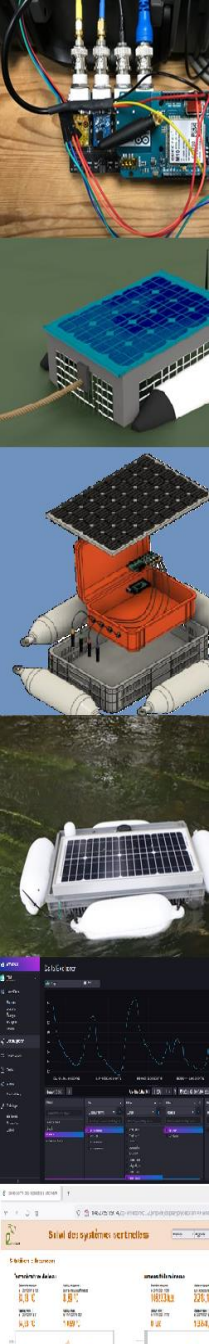
Objectifs de développement

- ✓ Instrument pour le suivi à haute fréquence des milieux aquatiques
- ✓ Système autonome en énergie et connecté (télétransmission des données)
- ✓ Bas coût (cf. Open Hardware/Software, approche modulaire)
- ✓ Paramètres mesurés :
 - Température ($^{\circ}\text{C}$)
 - Oxygène dissous (mg.L^{-1})
 - pH
 - Conductivité ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)
 - Potentiel d'oxydo-réduction (mV)
 - Intensité lumineuse en surface (Lux)

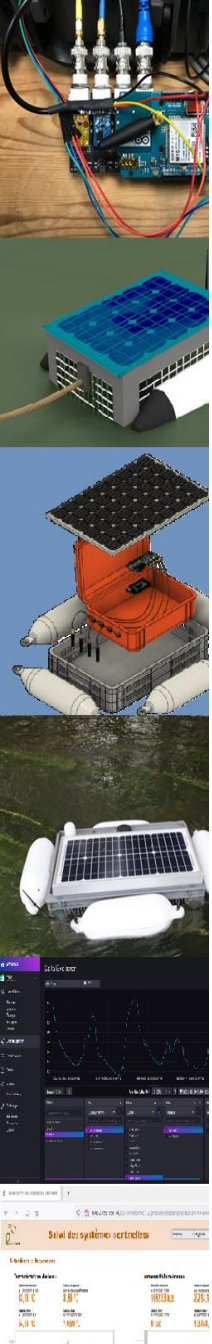
+ possibilité de faire évoluer les fonctionnalités
(capteurs/paramètres mesurés)



Matériel



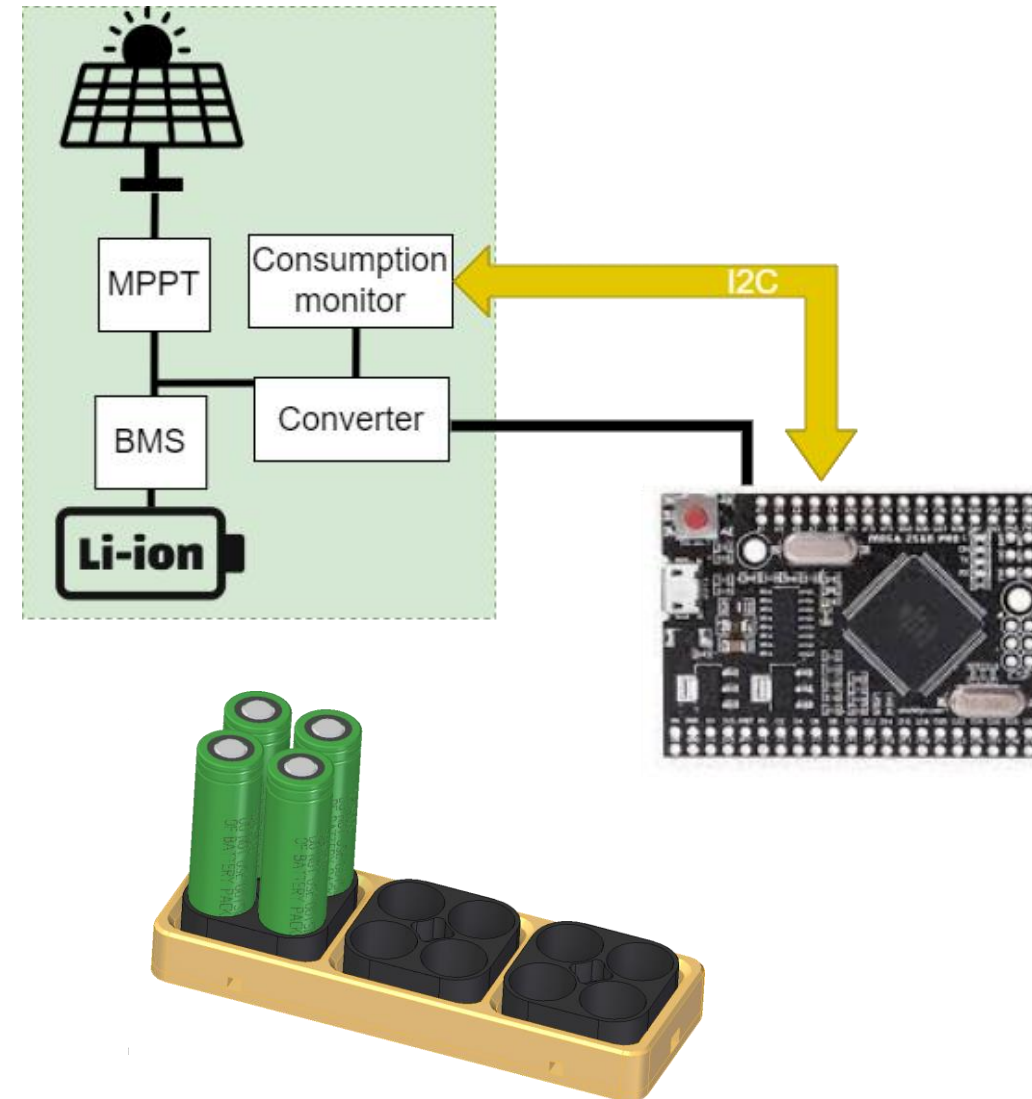
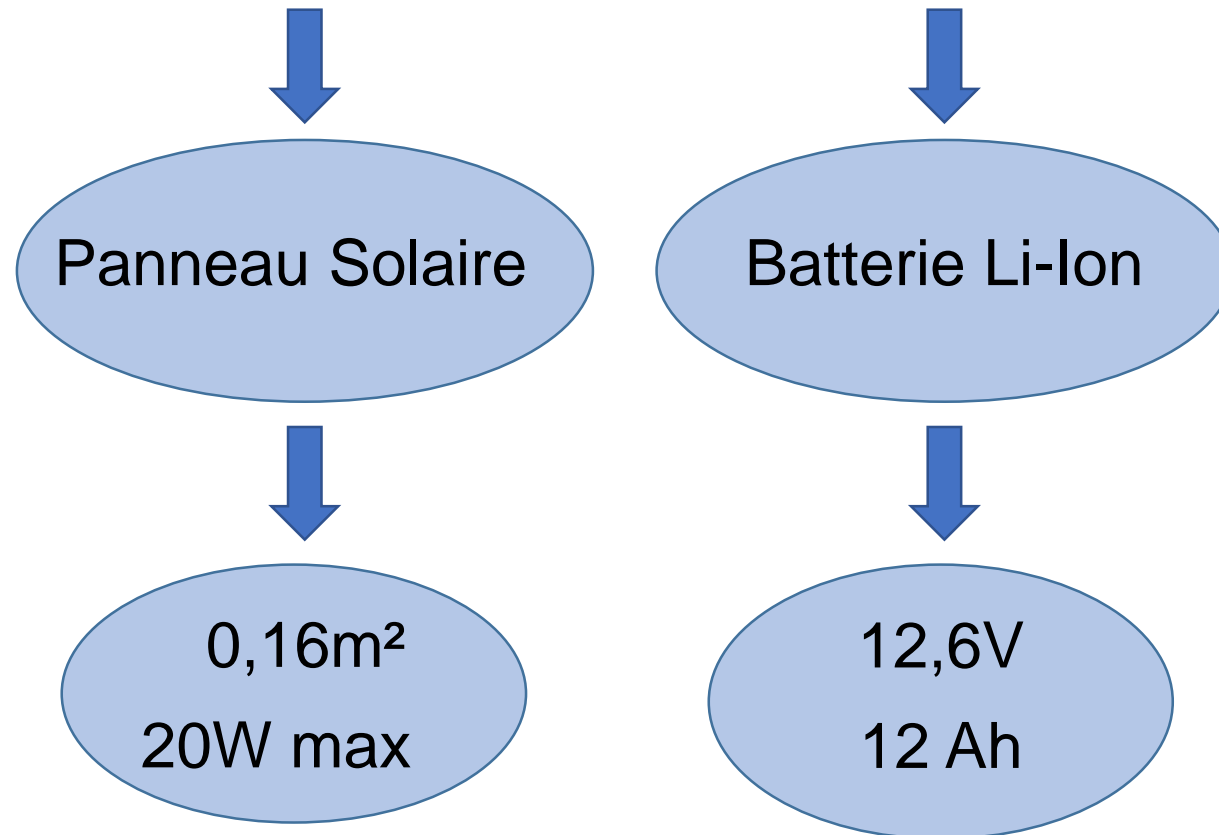
Cartes	Arduino Mega	Adafruit feather	Heltec cubecell	Arduino mega 2560 pro
Alimentation	5V	3,3V	3,3V – 5V	5V
Entrées/sorties	54 GPIO	20 GPIO	16 GPIO	70 GPIO
Dimensions	101,5 × 53,3 mm	51 × 23 mm	51,9 × 25 mm	54 × 38 mm
Connectivité LoRa	non	oui	oui	non



Sonde pH	Sonde Conductivité	Sonde potentiel redox	Sonde Oxygène dissous	Capteur luminosité	Sonde température
3,3V – 5V				3,3V	3,3V – 5V
0,001 – 14,000	0,07 – 500 000+ μ S/cm	-1019,9mV – 1019,9mV	0,01 – 100+ mg/L	0 – 120 kLx	-55°C - 125°C
+/- 0,002	+/- 2%	+/- 1mV	+/- 0,05mg/L	+/- 0,0036 Lx	+/- 0,5 °C
UART/I2C				I2C	OneWire

Gestion de l'énergie

✓ Système autonome



Communications

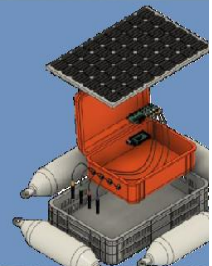
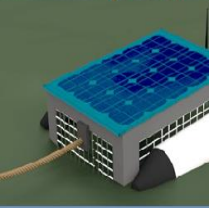
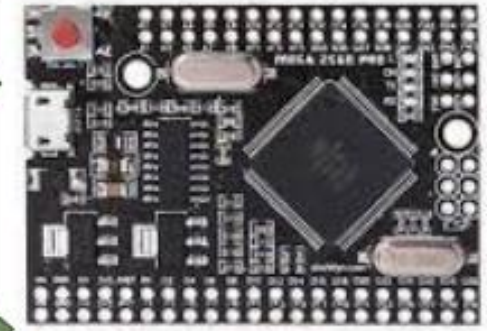
- ✓ Modules de communication:
 - ✓ Bluetooth (maintenance)
 - ✓ GPRS (envoi de données)



Modem GPRS



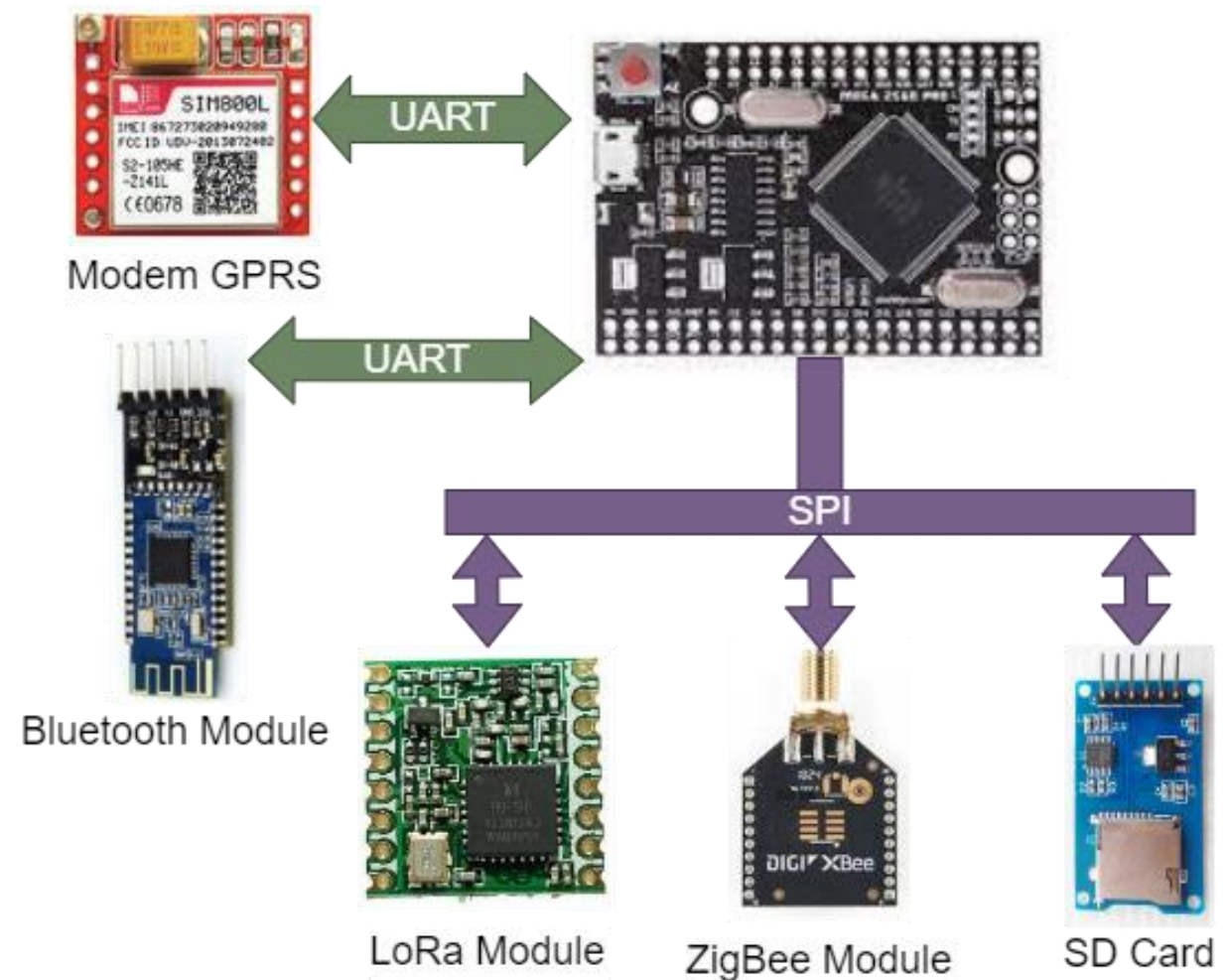
Bluetooth Module

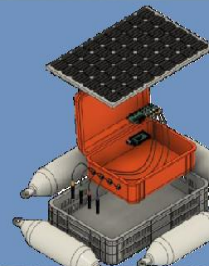
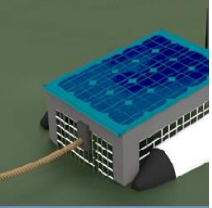


Communications

✓ Modules de communication:

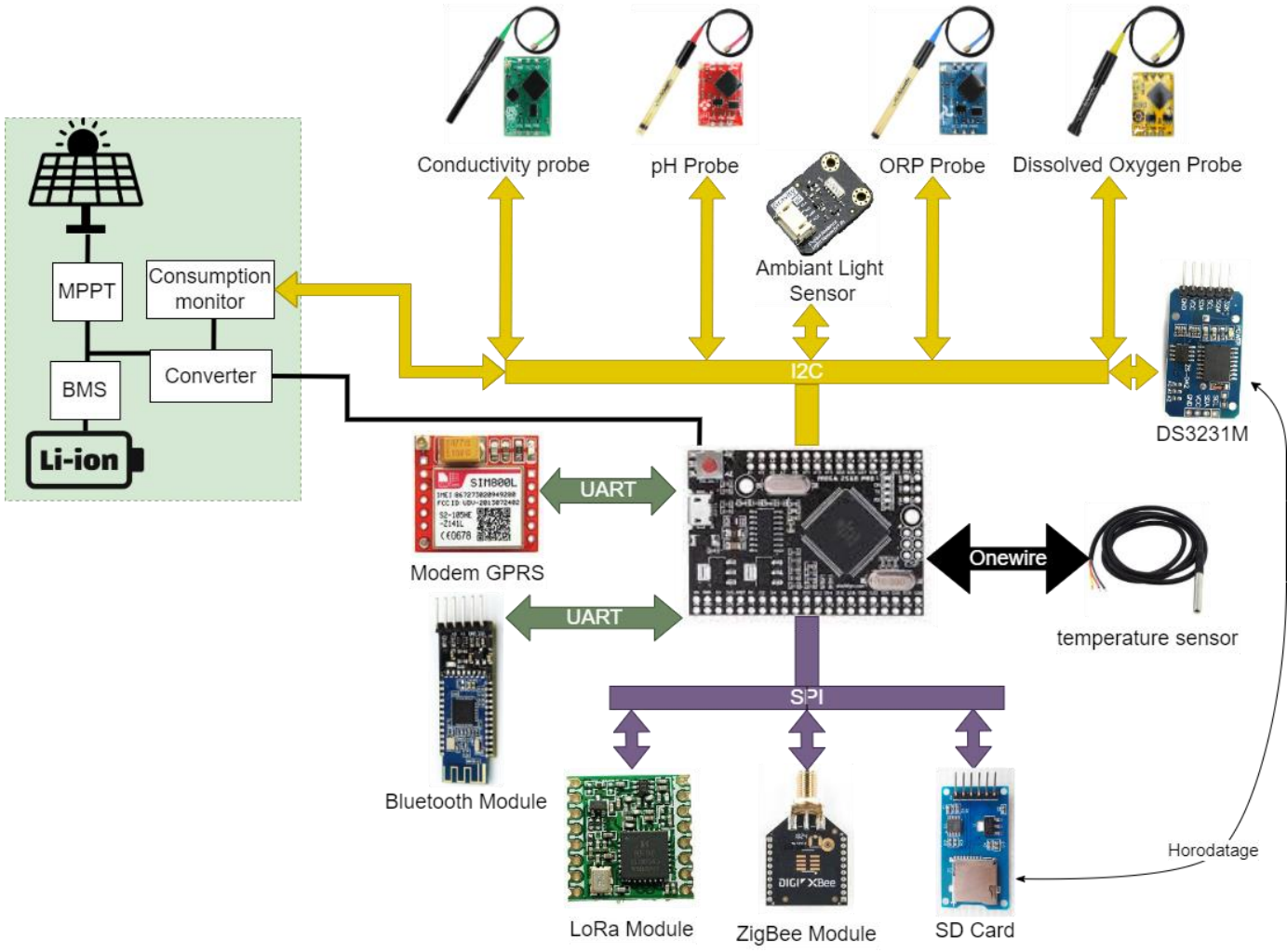
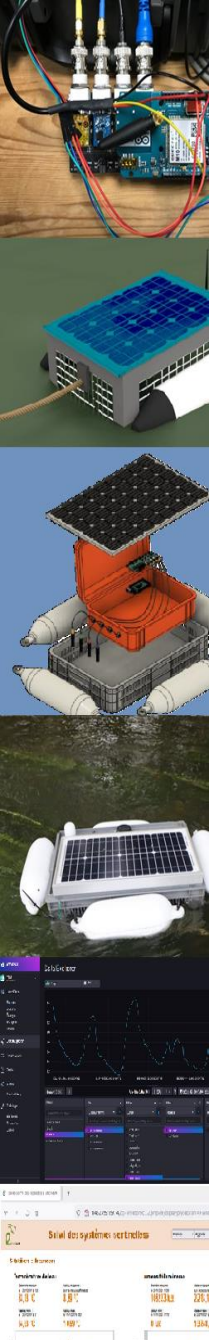
- ✓ Bluetooth (maintenance)
- ✓ GPRS (envoi de données)
- ✓ ZigBee
- ✓ LoRa (envoi de données)





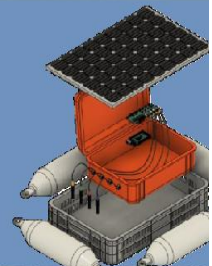
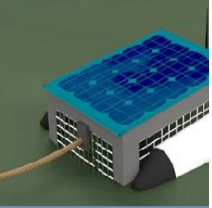
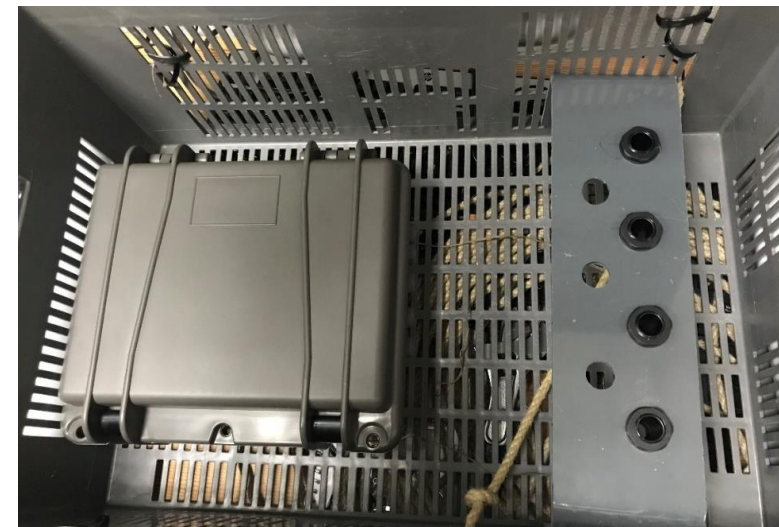
Intégration et packaging

De l'intégration et packaging...

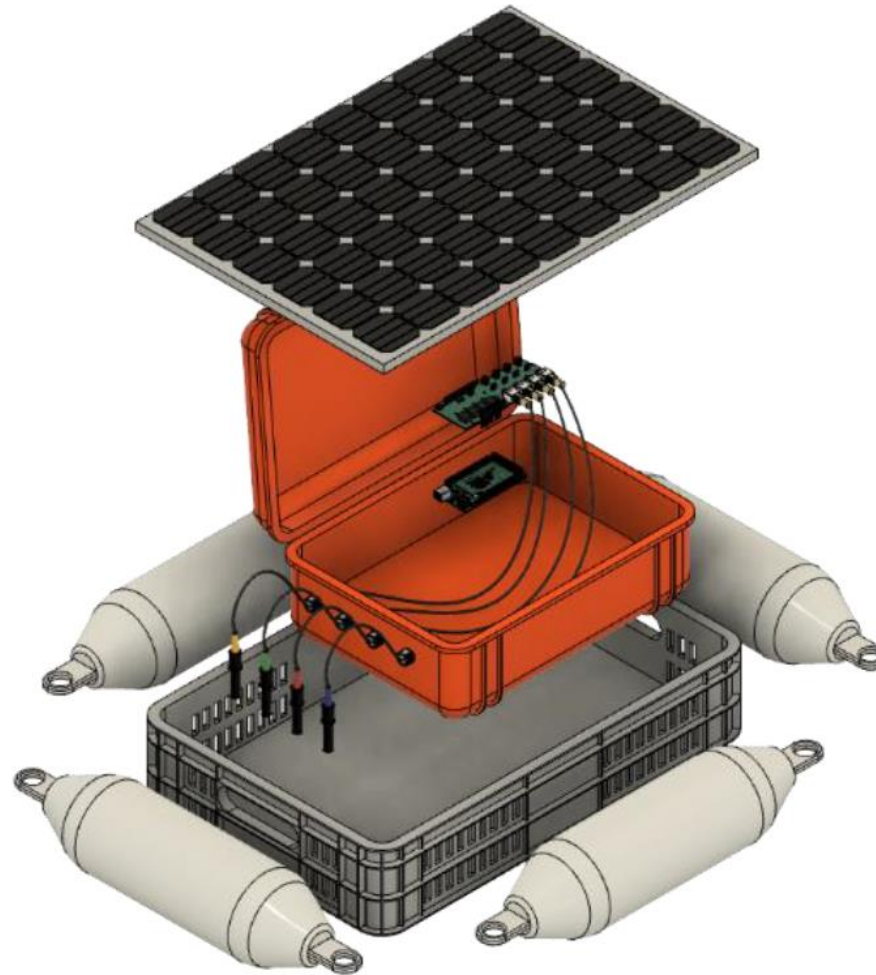
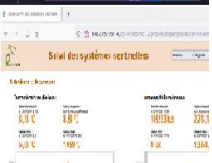
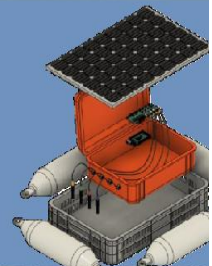
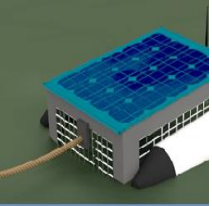


De l'intégration et packaging...

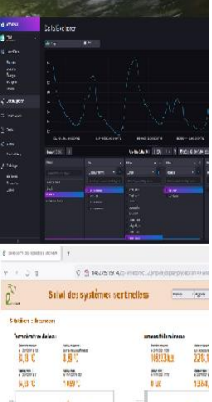
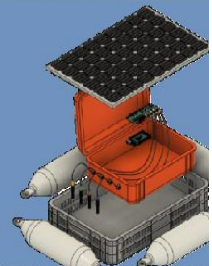
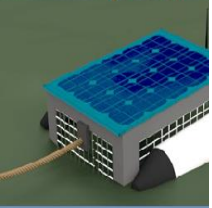
- ✓ Un boîtier étanche (IP67) type pellicase contient l'électronique
- ✓ Une caisse en polypropylène avec couvercle encastrable (60 × 40 × 23,5 cm)
- ✓ 4 flotteurs de 12 × 42cm (pare-battages en PVC souple)



De l'intégration et packaging...

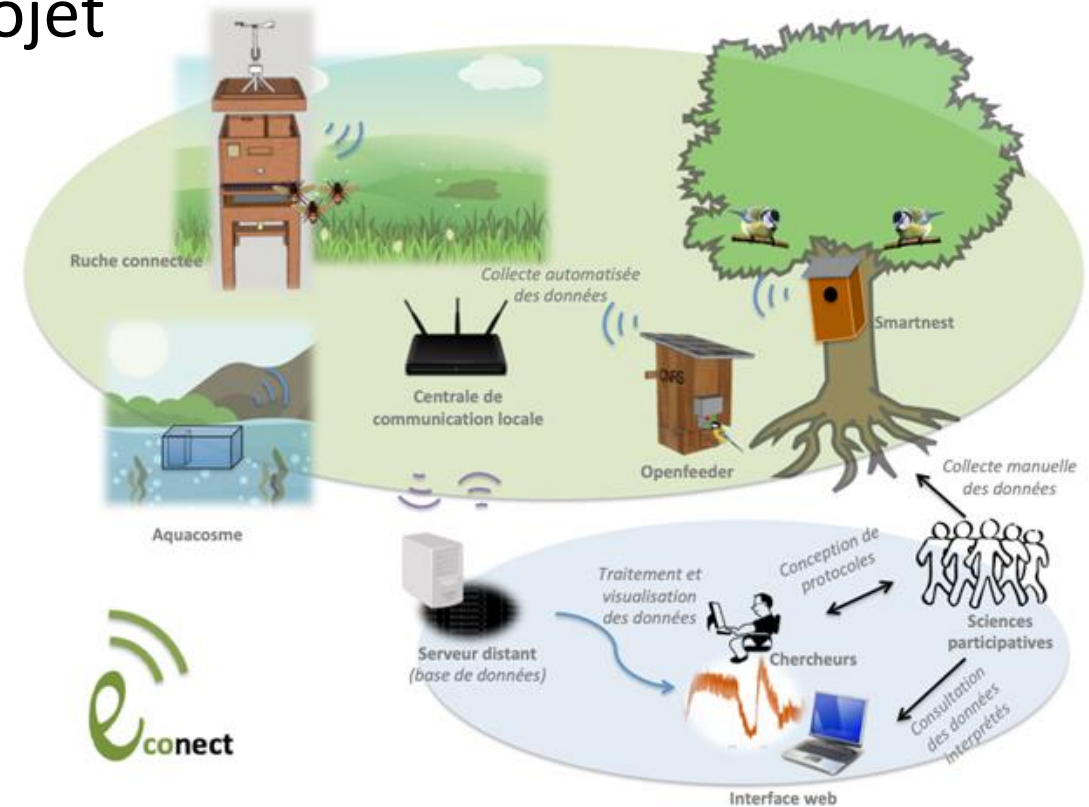


...au déploiement terrain

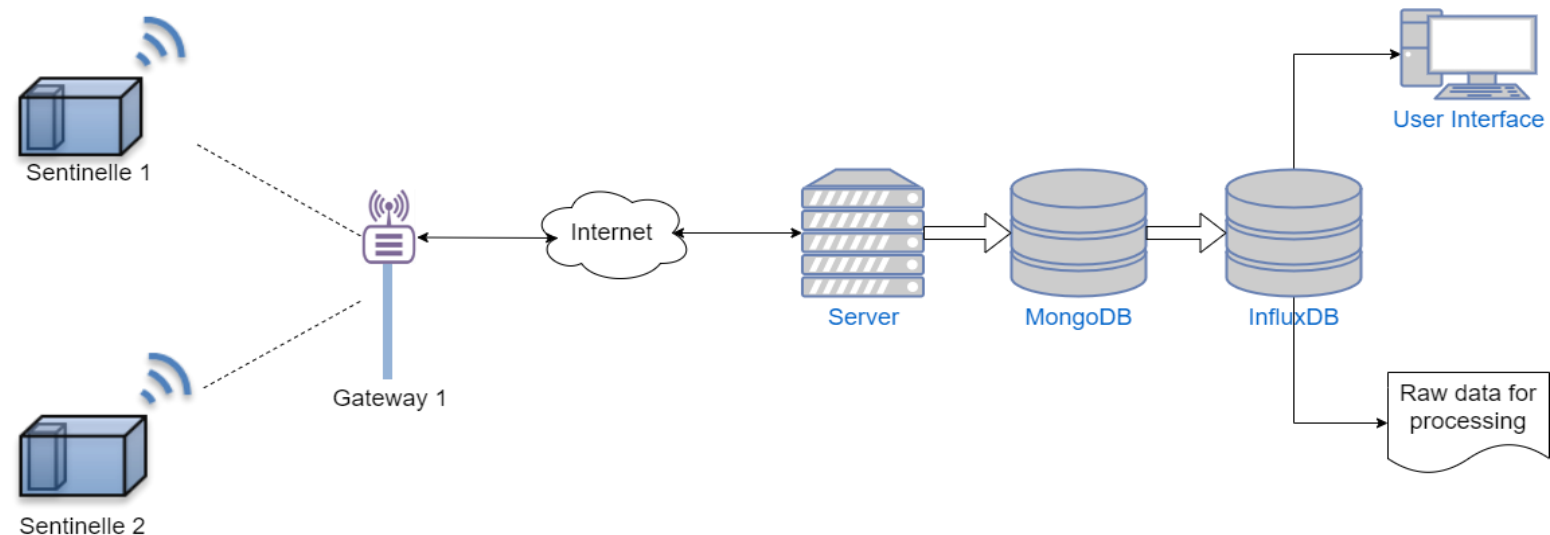


Déploiement dans le projet Econect

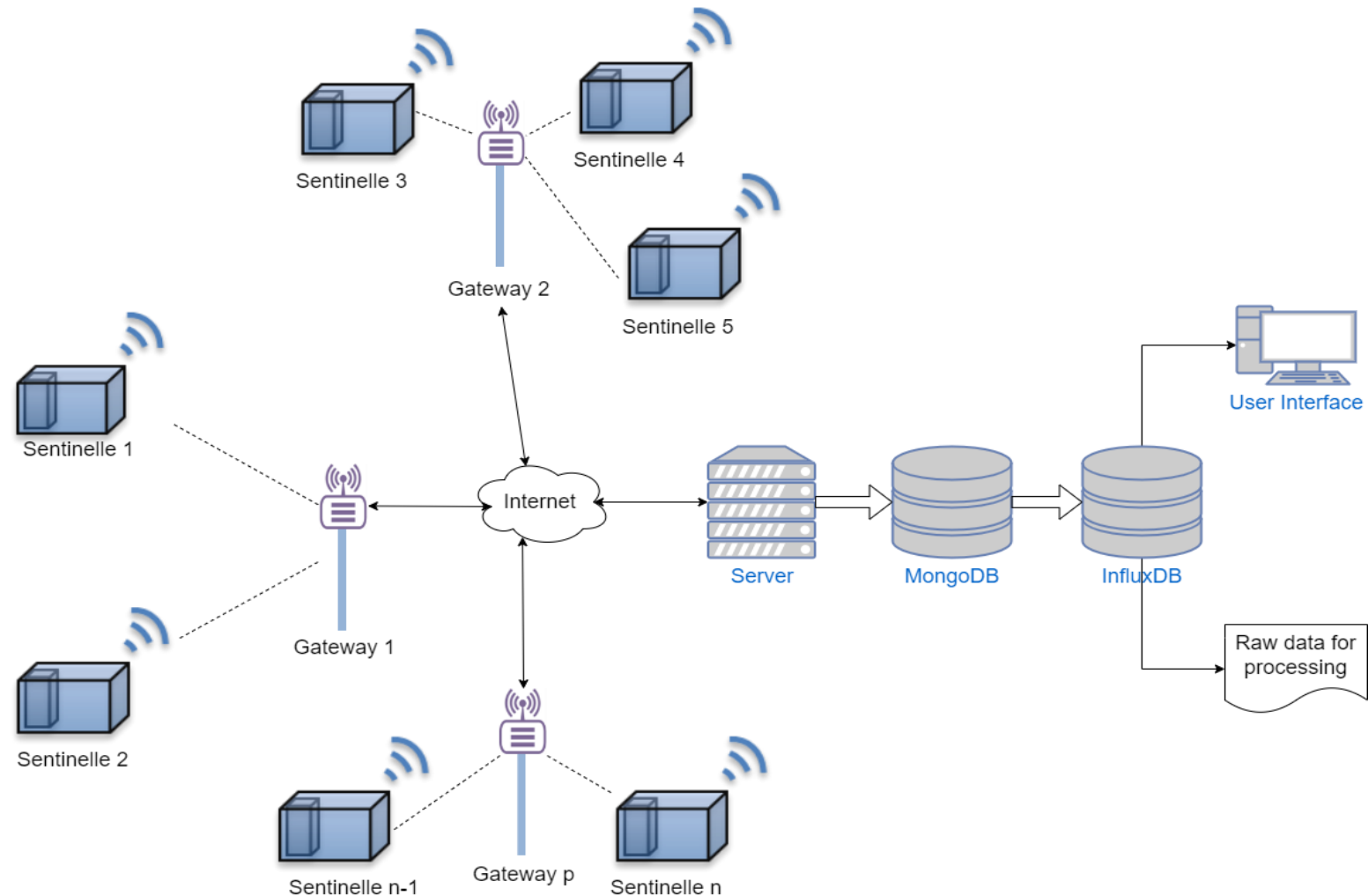
- ✓ Un des systèmes sentinelles du projet
- ✓ Intégration dans un réseau de capteurs communicants
- ✓ Traitement et visualisation des données sur un serveur



Architecture réseau



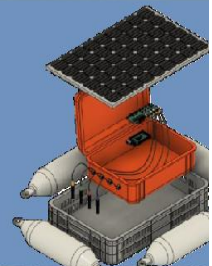
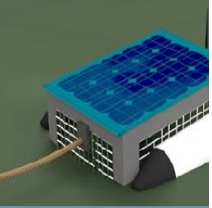
Architecture réseau



Coût de revient

✓ Pour 1 unité : 1368 €

Composants	Prix
Arduino	24 €
Capteurs	861 €
Gestion de l'énergie	222 €
Modules de communication	66 €
Slot SD et autres composants	82 €
Packaging	113 €
Total	1368 €



Système 1 (Kronos)		Système 2 (Kronos)	
Température	18.5 °C	Température	18.5 °C
Humidité	75%	Humidité	75%
Pression	1013 hPa	Pression	1013 hPa
Niveau	1.50 m	Niveau	1.50 m

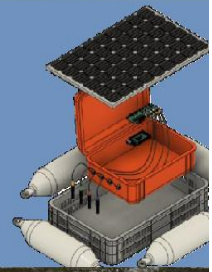
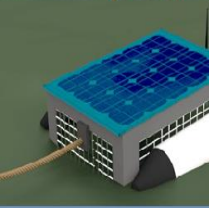
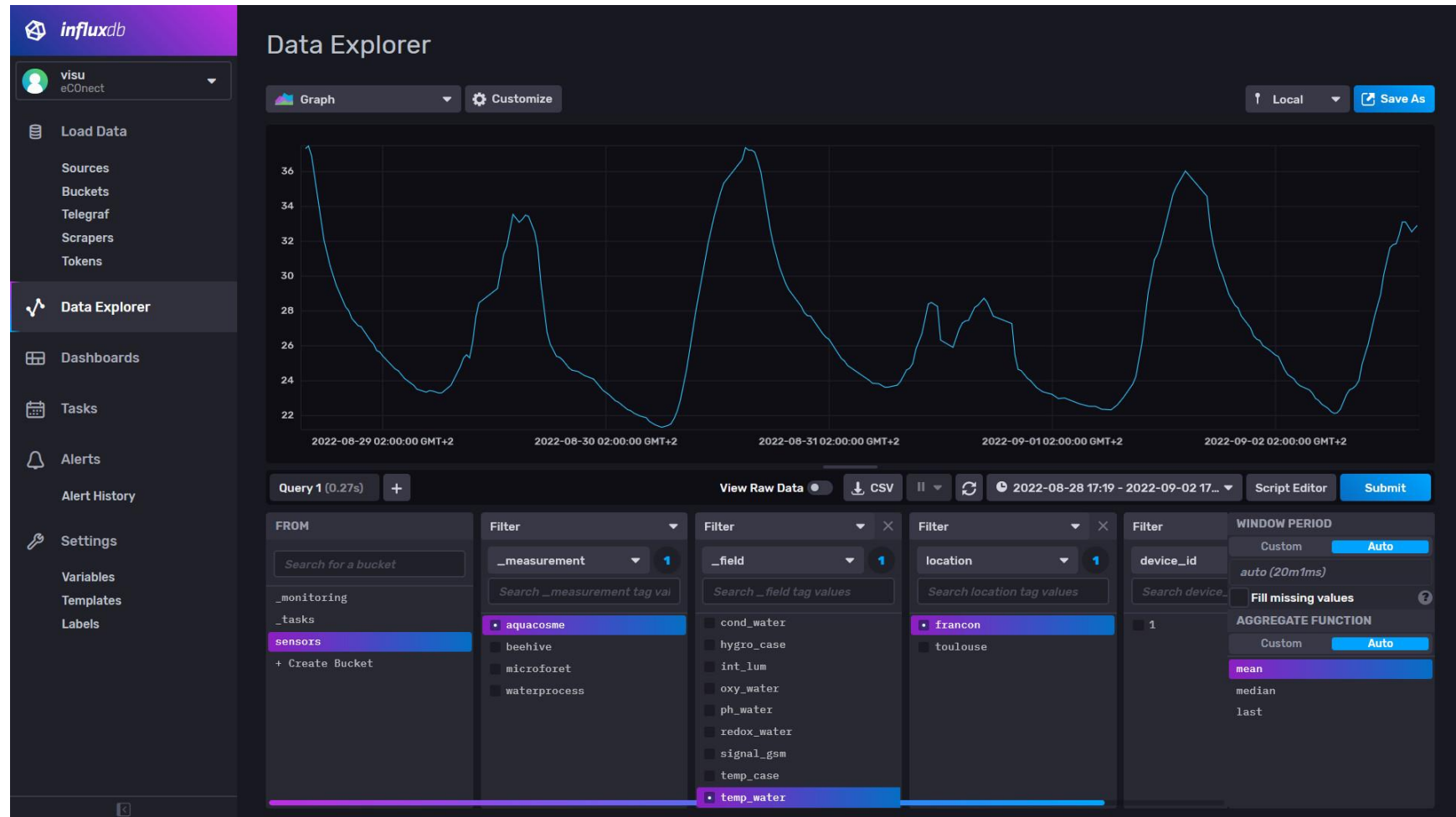


Tableau de bord des systèmes embarqués

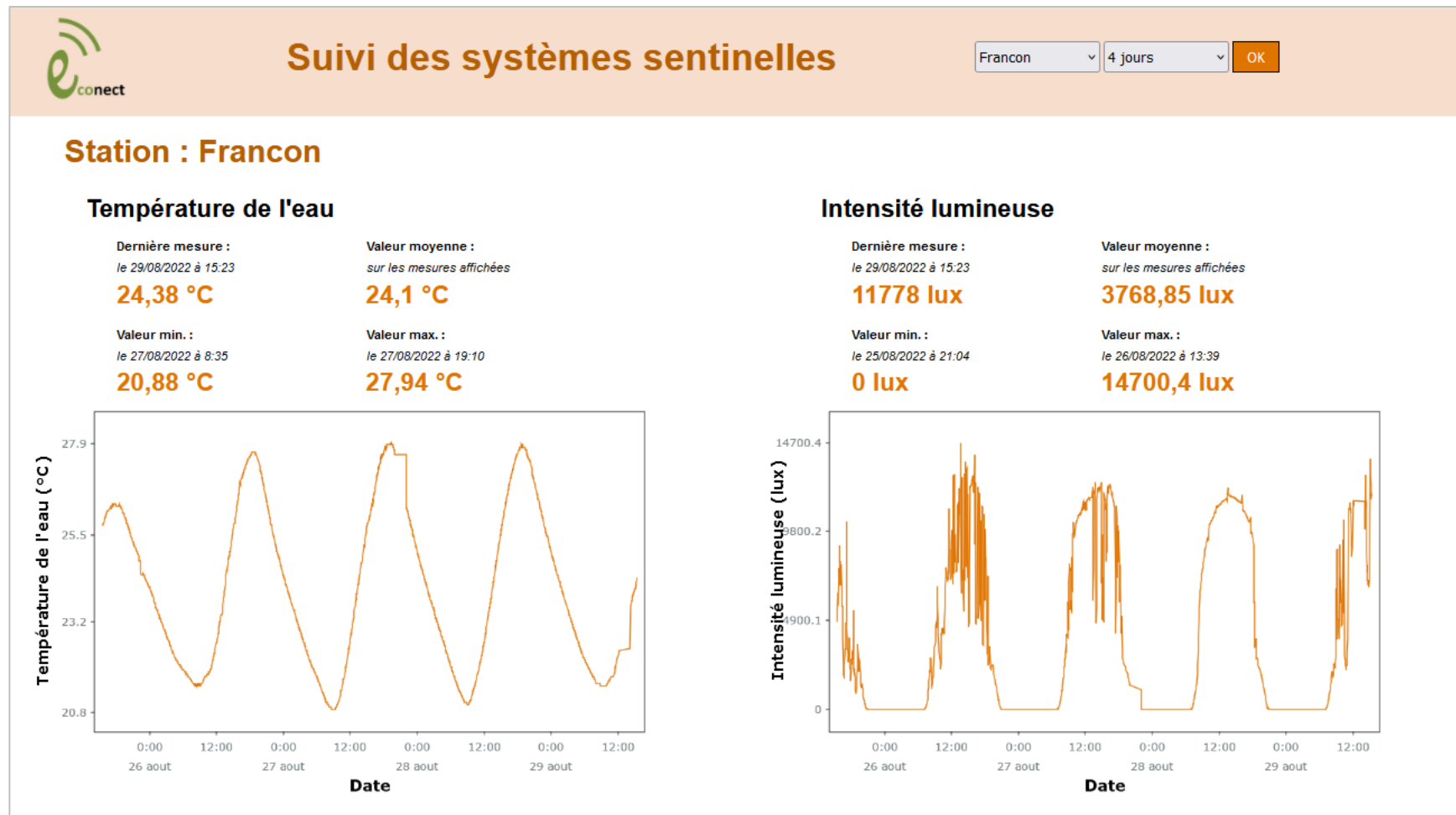
Système 1 (Bouée)		Système 2 (Station)	
Température	15.2°C	Température	22.5°C
Humidité	78%	Humidité	65%
Niveau	1.2m	Niveau	0.5m
Pression	1013 hPa	Pression	1015 hPa

Mise en œuvre

De la visualisation InfluxDB...



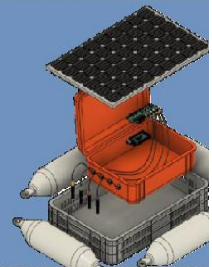
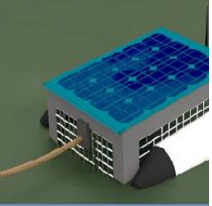
...à un affichage personnalisé



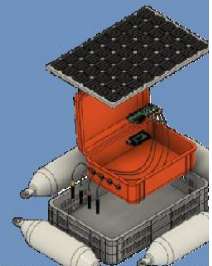
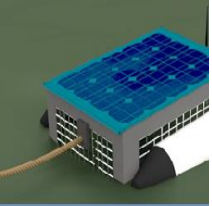
Consommation électrique

Configuration	Consommation
Conso de base	105 mA
Arduino + capteurs	235 mA
Arduino + modem GPRS	135mA à 240 mA
Conso moyenne	120 mA

✓ Autonomie : 8 à 10 jours sans apport solaire



Conclusion et perspectives

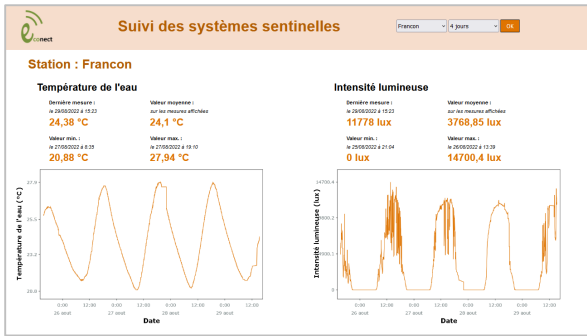
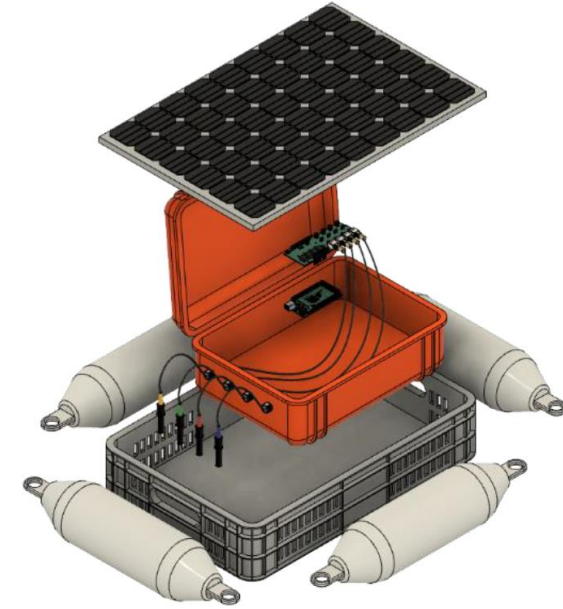
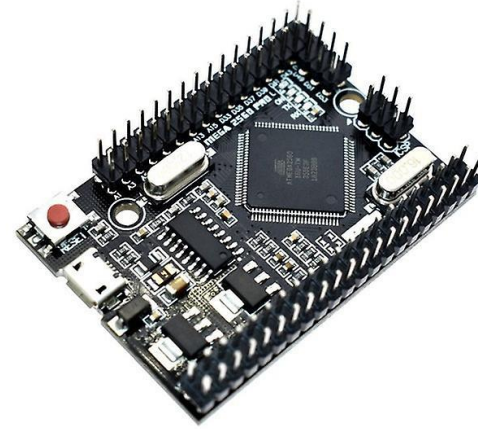
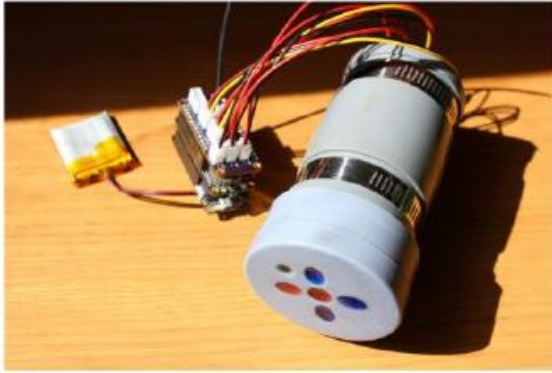


- ✓ La sentinelle aquatique est un logger multi-paramètres
- ✓ Le système est autonome en énergie avec son panneau solaire
- ✓ Les données collectées sont envoyées à un serveur
- ✓ Le choix des capteurs peut être modifié en fonction du besoin

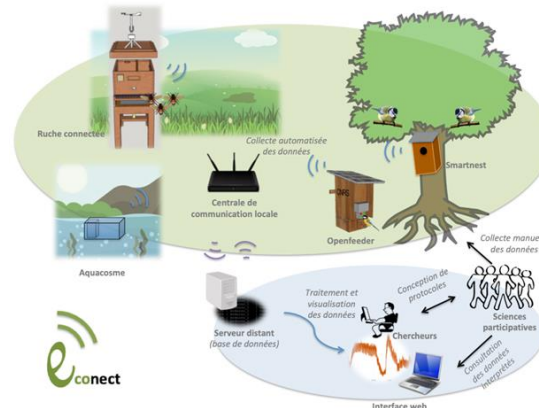
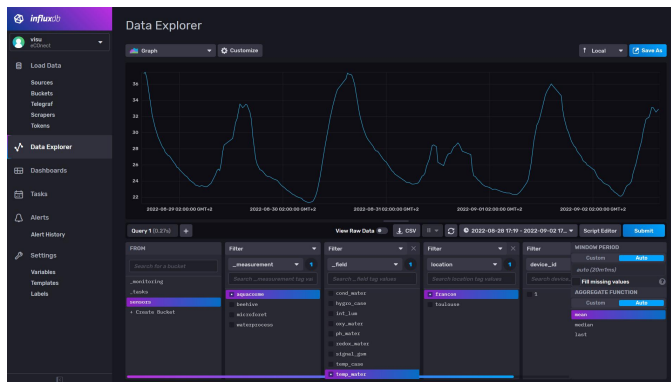
- ✓ Évolution vers PSoC (architecture reconfigurable, optimisation d'énergie, implémentation directe de capteurs...)
- ✓ Ajout de nouveaux capteurs, notamment optiques
- ✓ Algorithme de traitement des séries temporelles
- ✓ Adaptation de la sentinelle à d'autres applications



*[source : V,Raimbault
LAAS-CNRS]*



Merci de votre Attention!



Contact : josselin.simion@univ-tlse3.fr

Développement d'un système sentinelle autonome et connecté

Application au suivi des paramètres physico-chimique des milieux aquatiques

Josselin Simion^{1,2}, Vincent Raimbault², Rahim Kacimi³, Jean-Louis Druihle¹, Jérôme Sylvestre¹, Nicolas Bordu¹, Christophe Escriba², Arnaud Elger¹

¹ Laboratoire écologie fonctionnelle et environnement,

² Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes,

³ Institut de Recherche en Informatique de Toulouse



09/09/2022

