

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

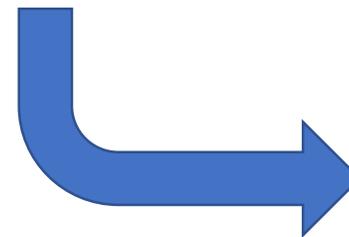
¹ LEFE, ² LAAS, ³ IRIT



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...)

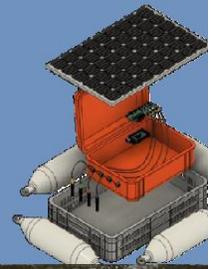
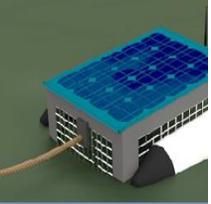
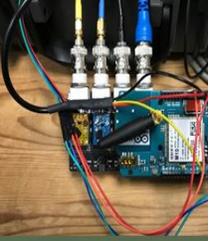


Attente de systèmes automatisés... si possible à bas coût (cf. ~ 4000 stations de suivi DCE en France)

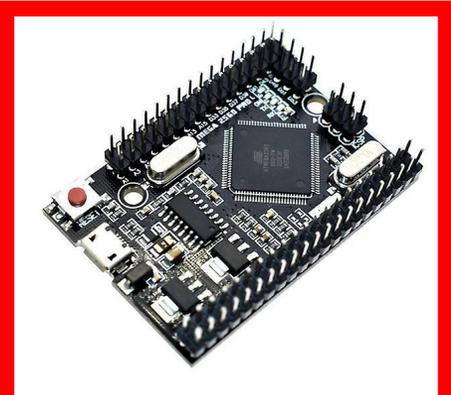
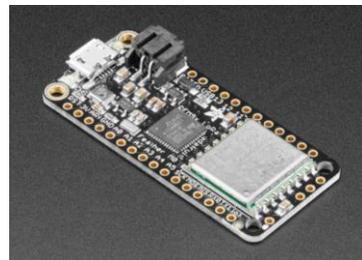
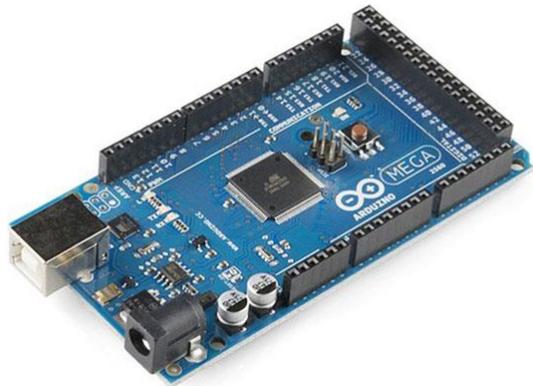
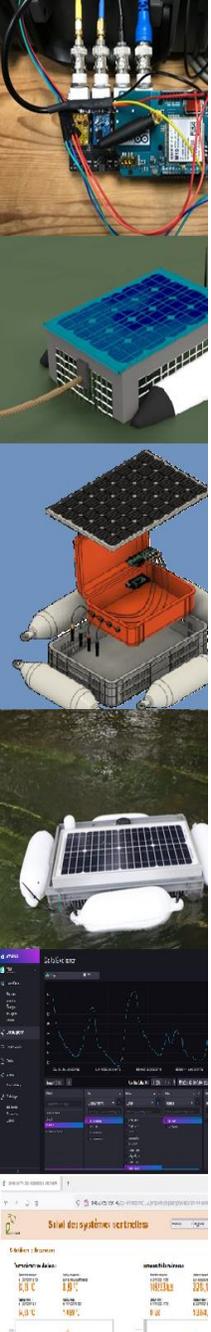
Objectifs de développement

- ✓ 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)

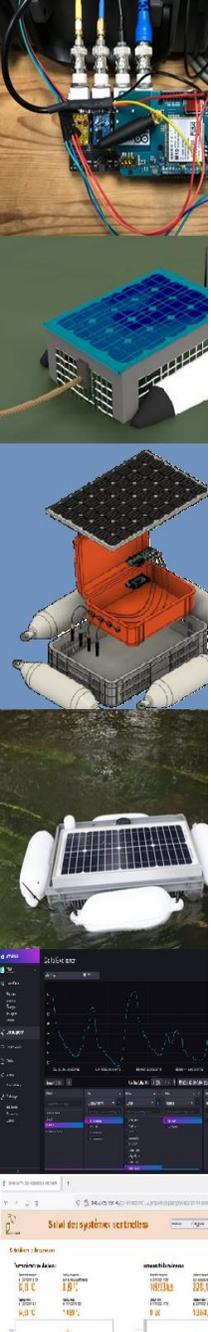
+ possibilité de faire évoluer les fonctionnalités
(capteurs/paramètres mesurés)



Matériel



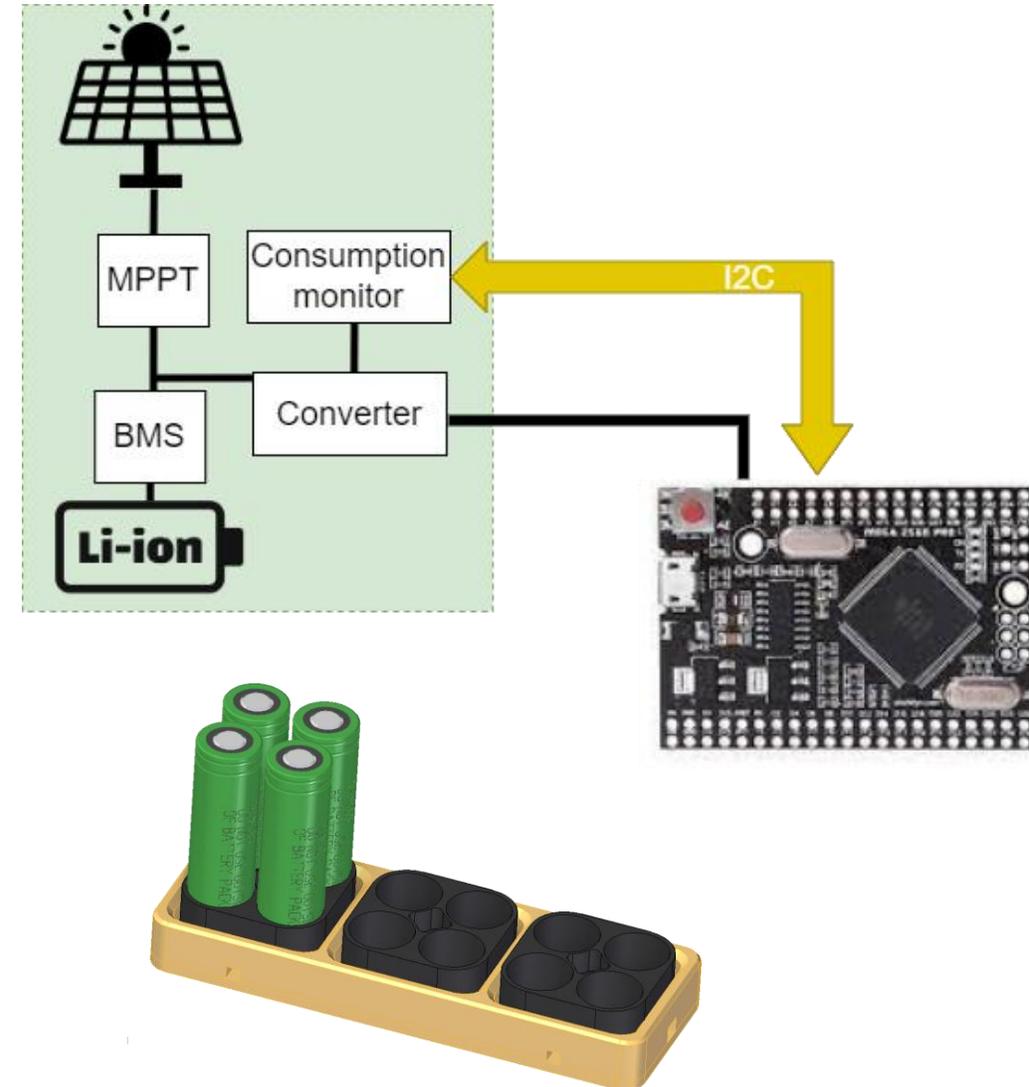
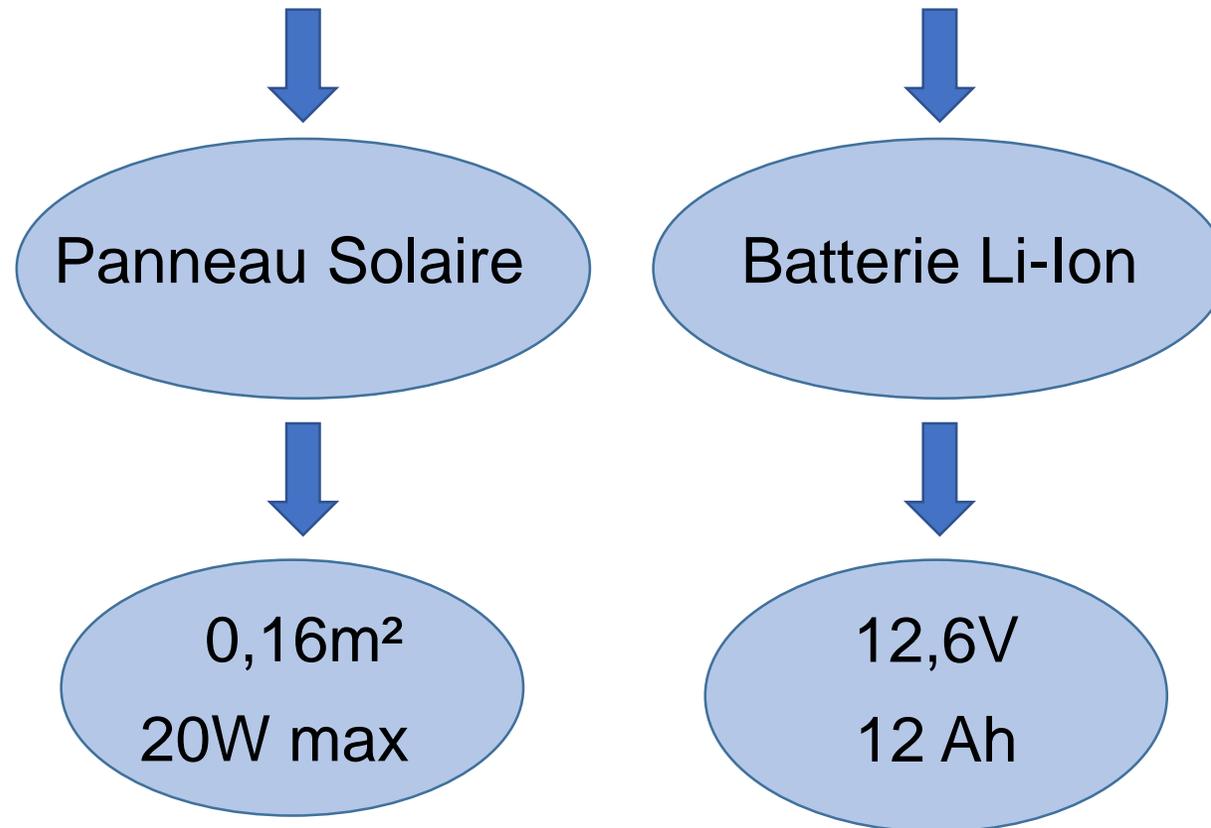
Cartes	Arduino Mega	Adafruit feather	Heltec cubecell	Arduino mega 2560 pro
Alimentation	5V	3,3V	3,3V – 5V	5V
Entrées/sorties	54 GPIO	20 GPIO	16 GPIO	70 GPIO
Dimensions	101,5 × 53,3 mm	51 × 23 mm	51,9 × 25 mm	54 × 38 mm
Connectivité LoRa	non	oui	oui	non



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

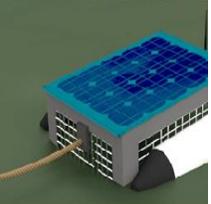
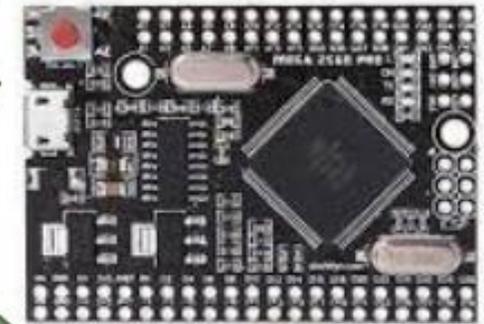
- ✓ Modules de communication:
 - ✓ Bluetooth (maintenance)
 - ✓ GPRS (envoi de données)



Modem GPRS



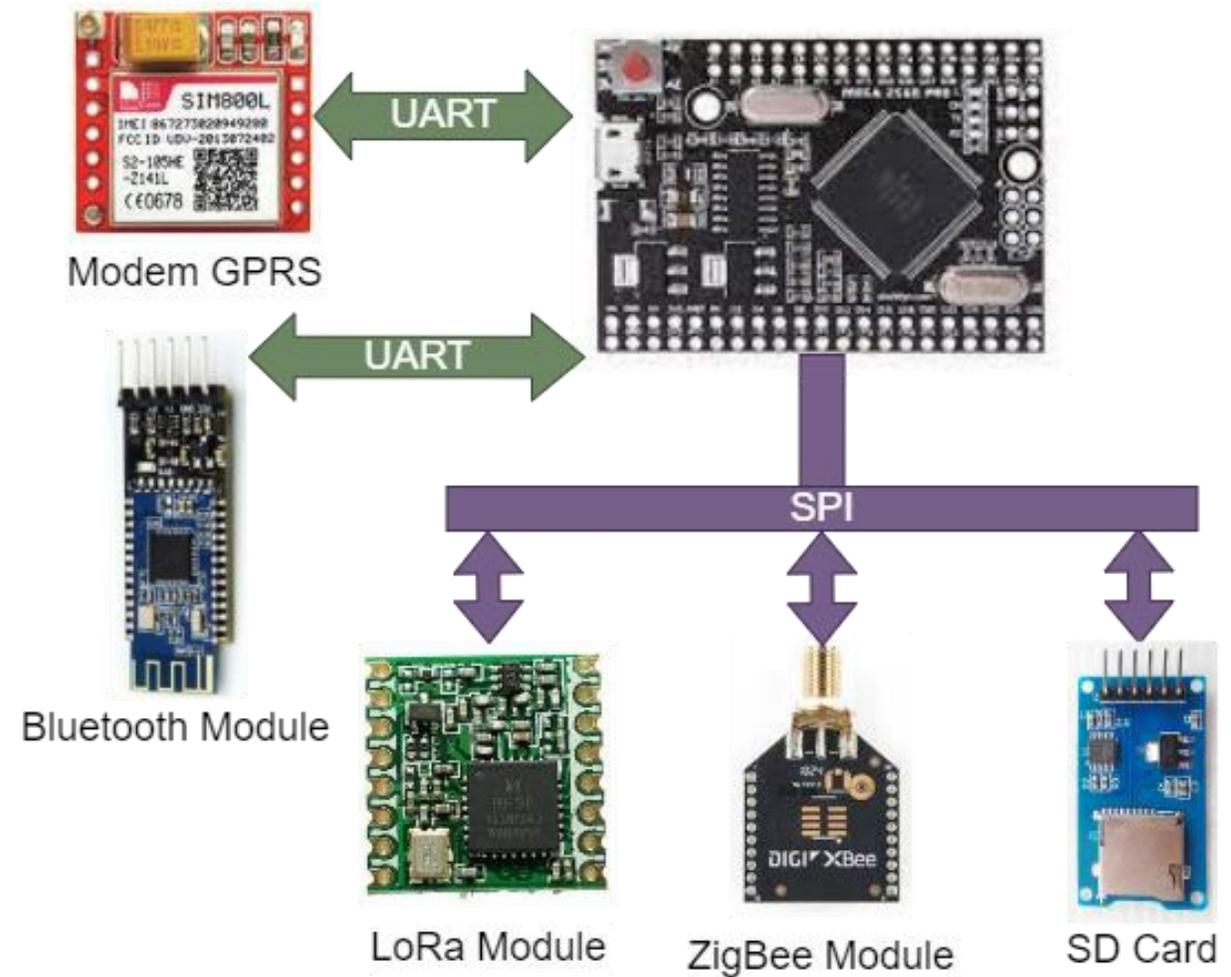
Bluetooth Module



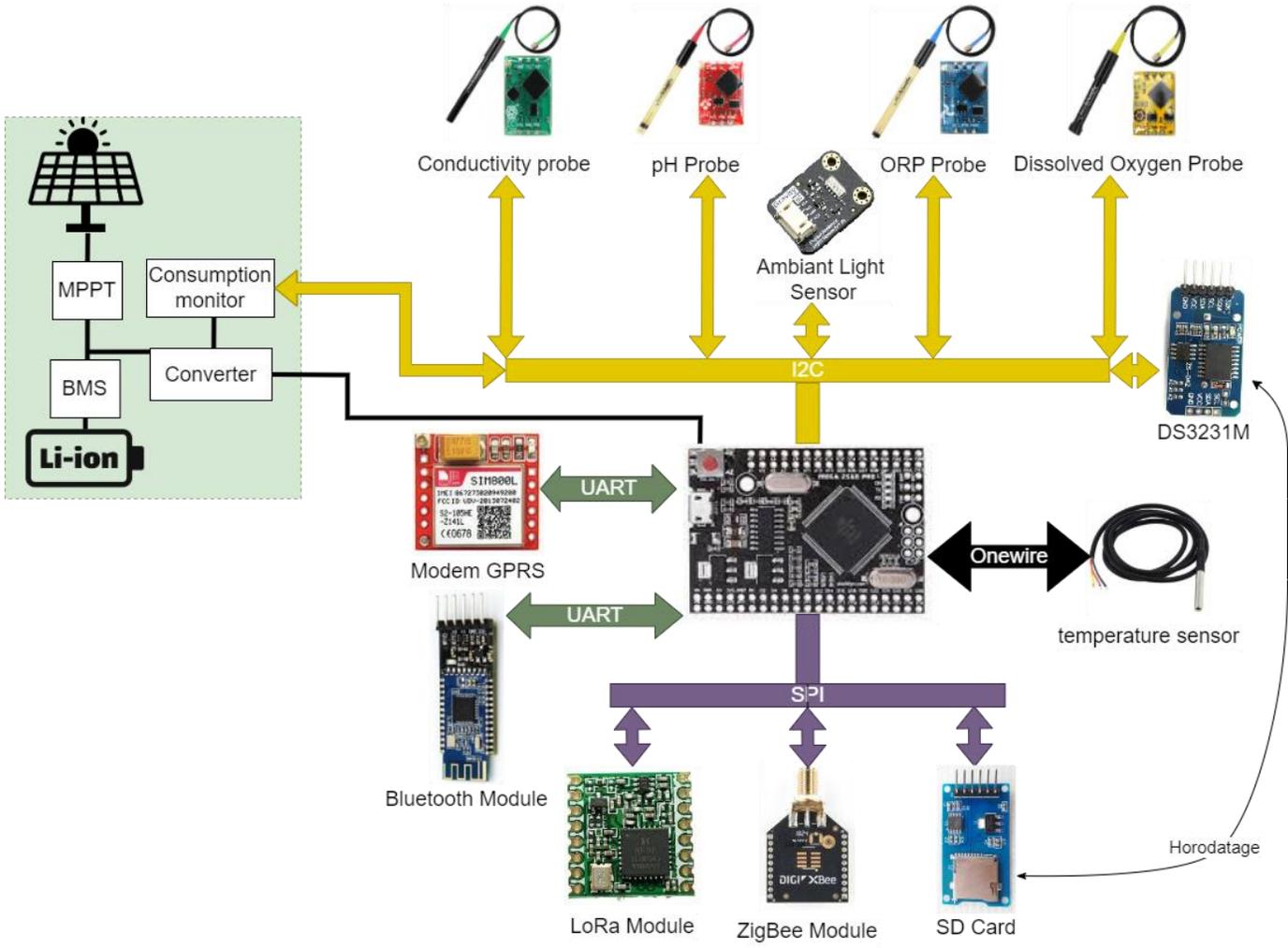
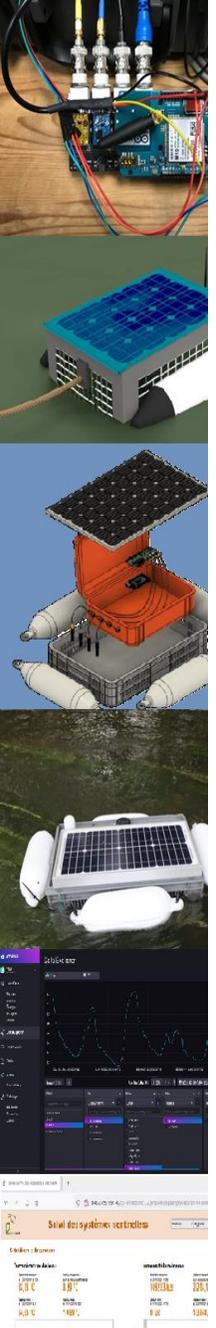
Communications

✓ Modules de communication:

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

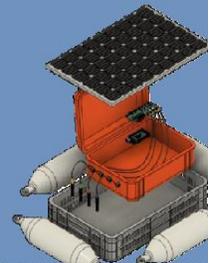
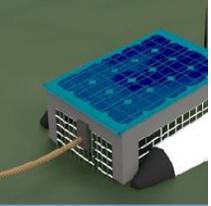
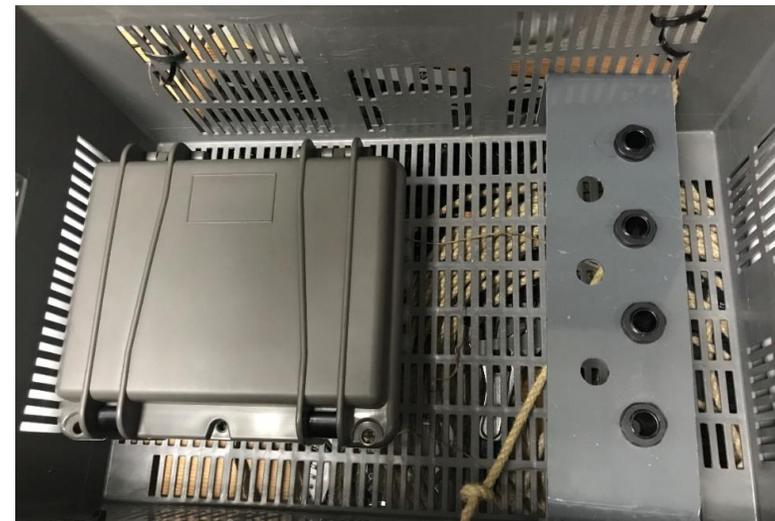


De l'intégration et packaging...

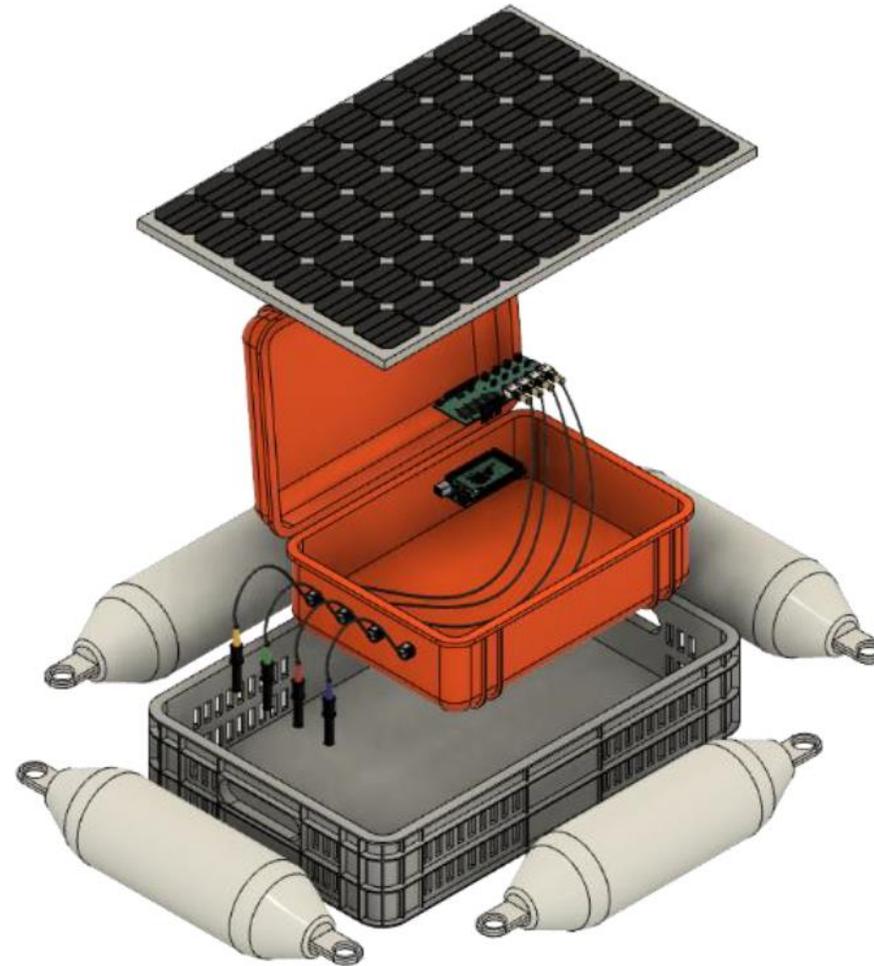
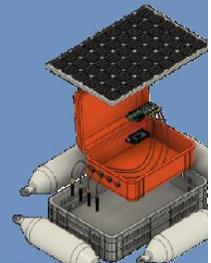
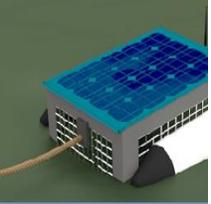
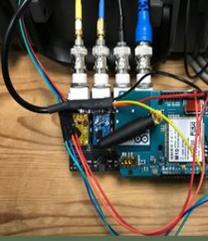


De l'intégration et packaging...

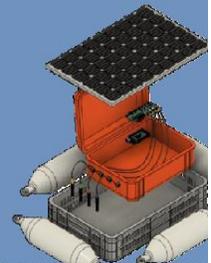
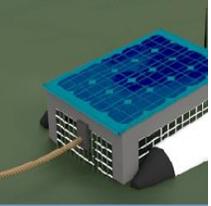
- ✓ Un boîtier étanche (IP67) type pellicase contient l'électronique
- ✓ Une caisse en polypropylène avec couvercle encastrable (60 × 40 × 23,5 cm)
- ✓ 4 flotteurs de 12 × 42cm (pare-battages en PVC souple)



De l'intégration et packaging...

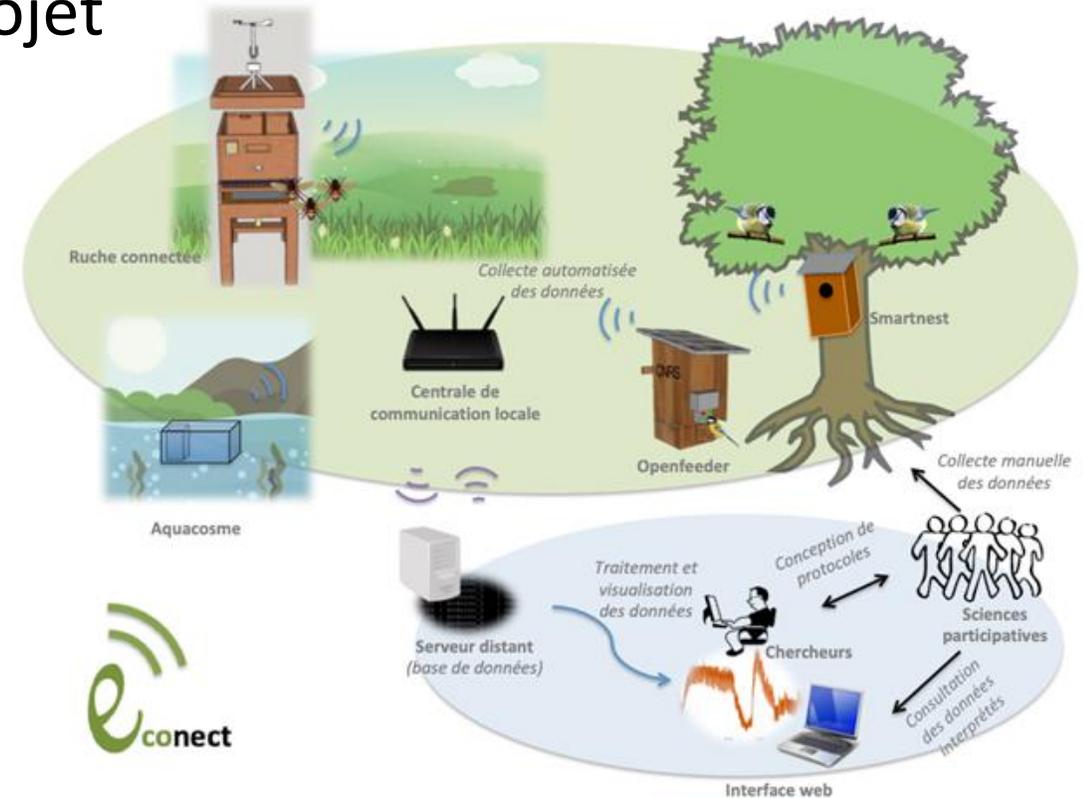


...au déploiement terrain

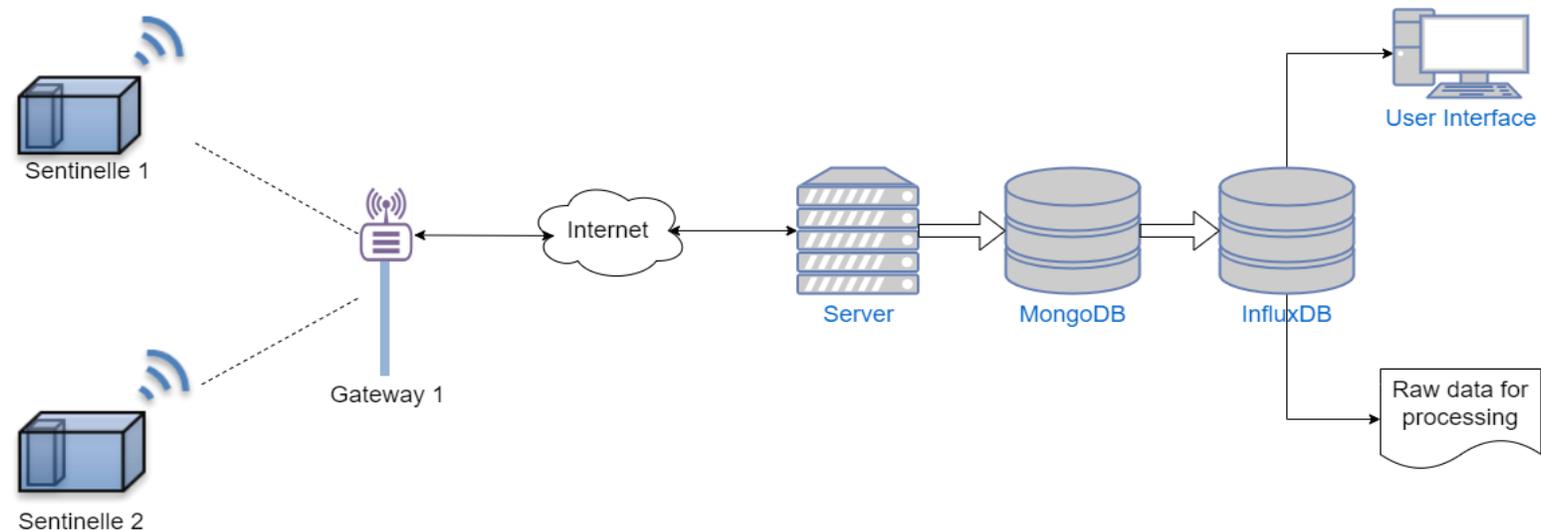


Déploiement dans le projet Econect

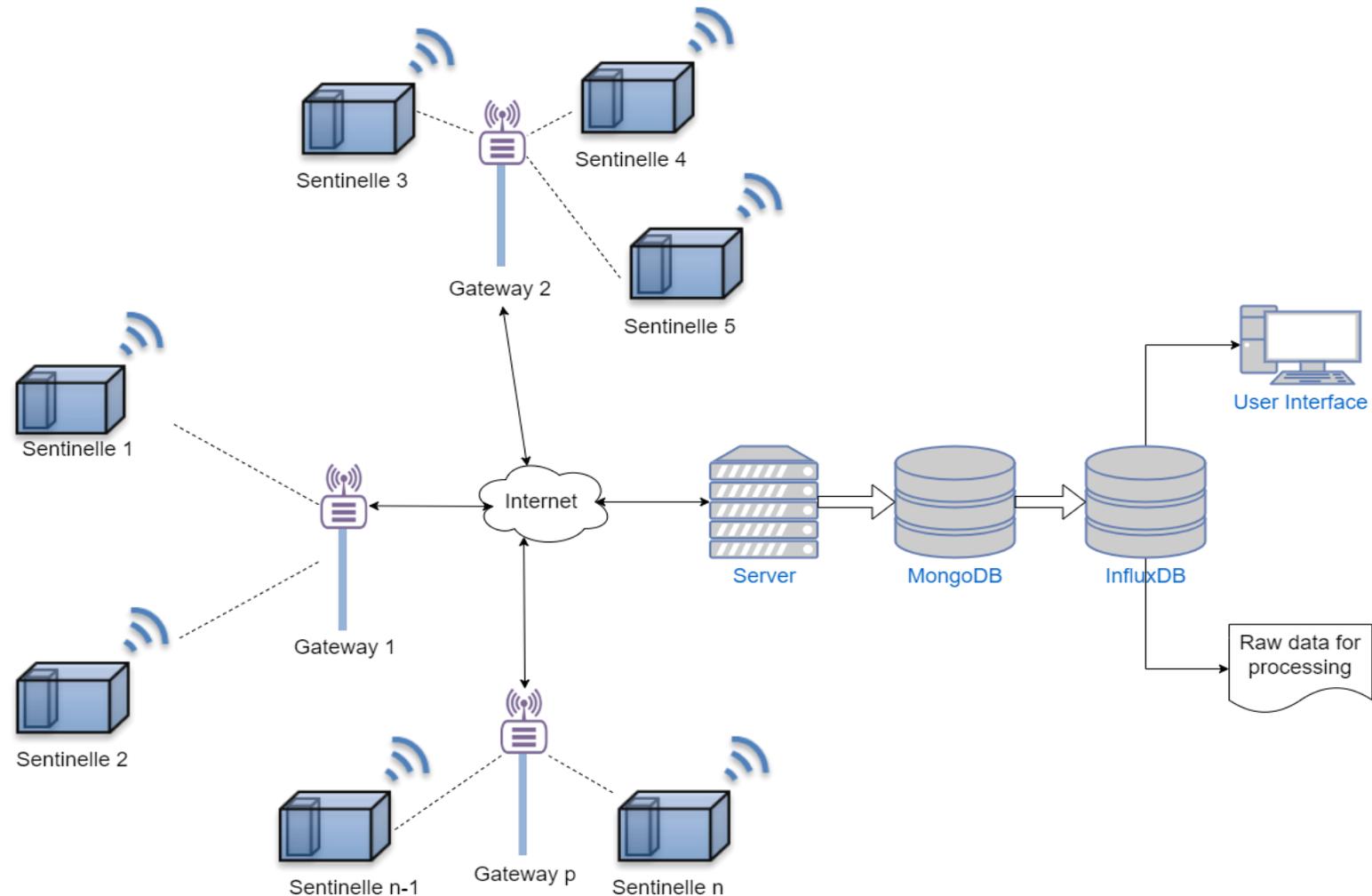
- ✓ Un des systèmes sentinelles du projet
- ✓ Intégration dans un réseau de capteurs communicants
- ✓ Traitement et visualisation des données sur un serveur



Architecture réseau



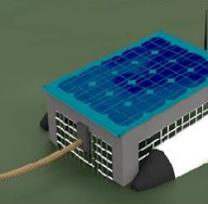
Architecture réseau



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 €



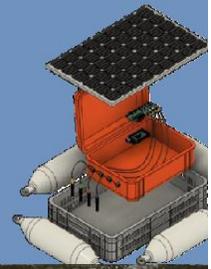
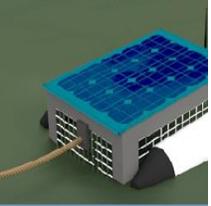
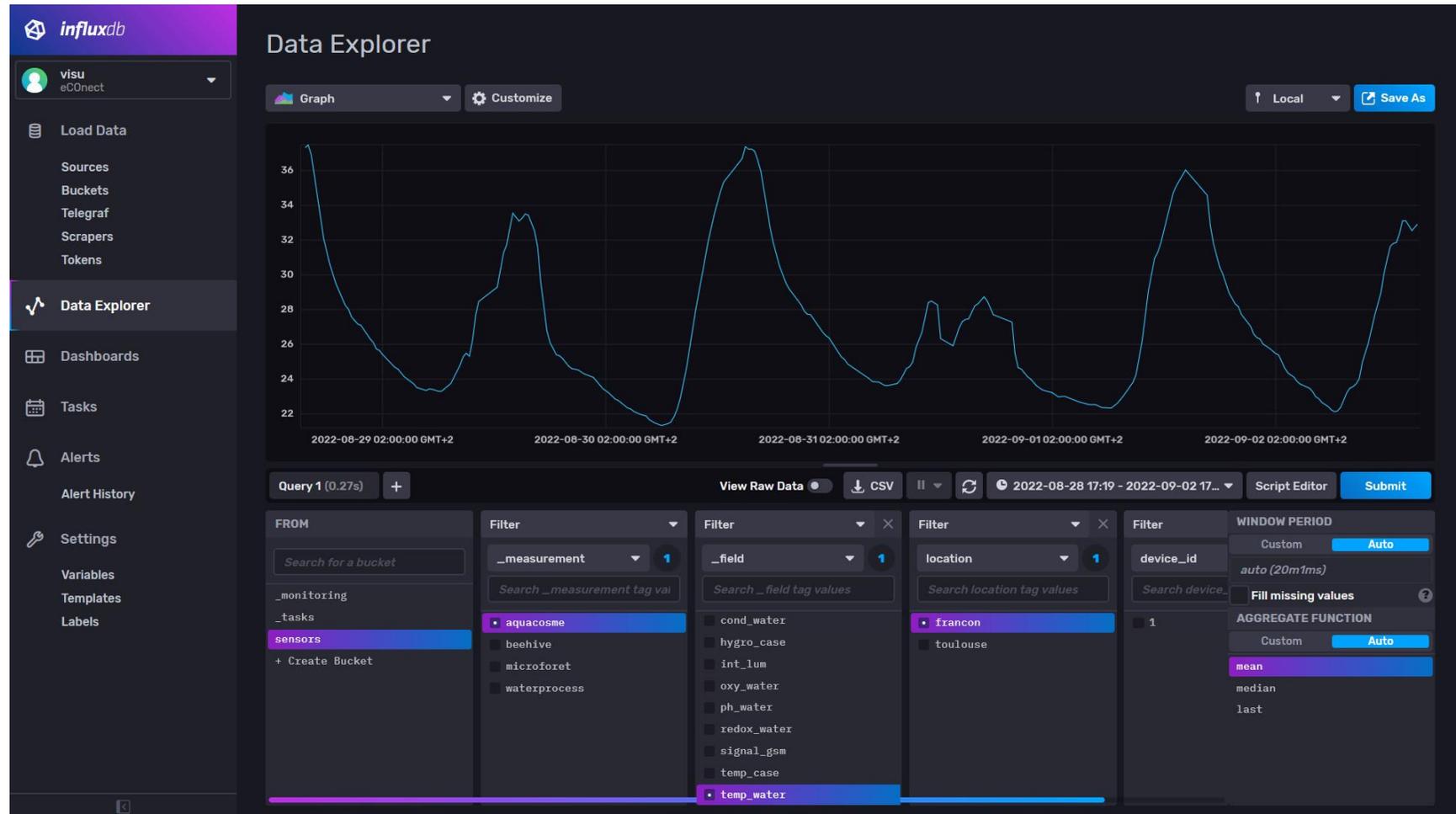


Tableau de bord des systèmes connectés

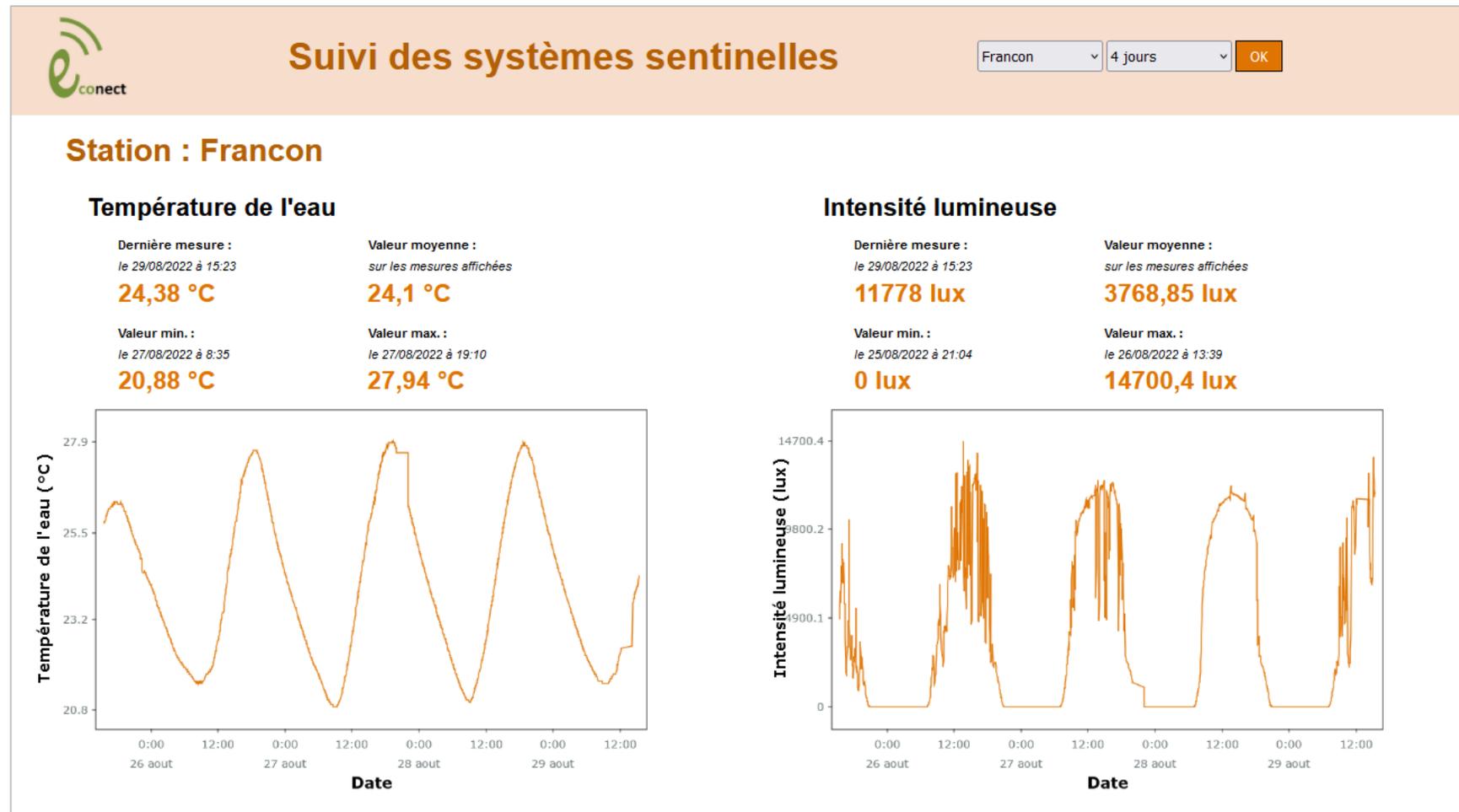
Système 1 (Kronos)		Système 2 (Kronos)	
Température	18.5°C	Température	19.2°C
Humidité	75%	Humidité	78%
Niveau	1.2m	Niveau	1.1m
Qualité de l'air	140 µg/m³	Qualité de l'air	135 µg/m³

Mise en œuvre

De la visualisation InfluxDB...



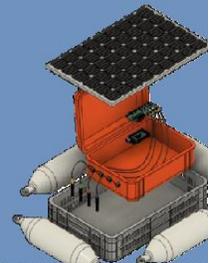
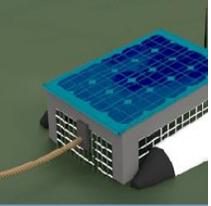
...à un affichage personnalisé



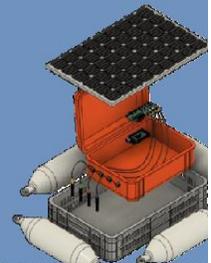
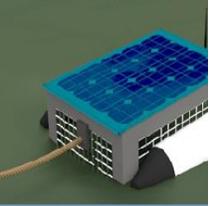
Consommation électrique

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

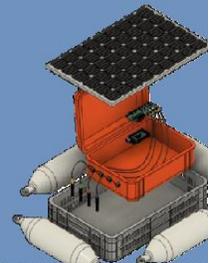
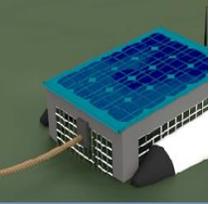
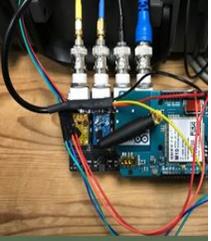
✓ Autonomie : 8 à 10 jours sans apport solaire



Système 1 (Buoy)		Système 2 (Buoy)	
Température	18.5°C	Température	19.2°C
Humidité	75%	Humidité	78%
Pression	1013 hPa	Pression	1012 hPa
Altitude	1.5m	Altitude	1.5m



Conclusion et perspectives

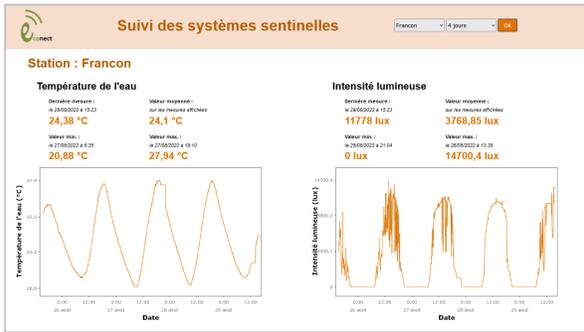
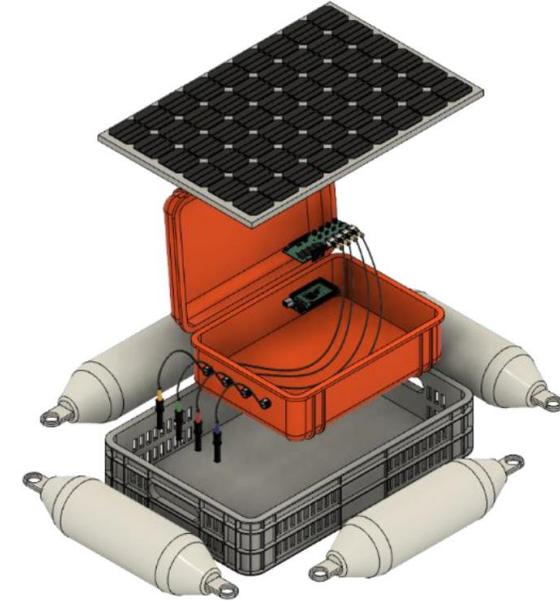
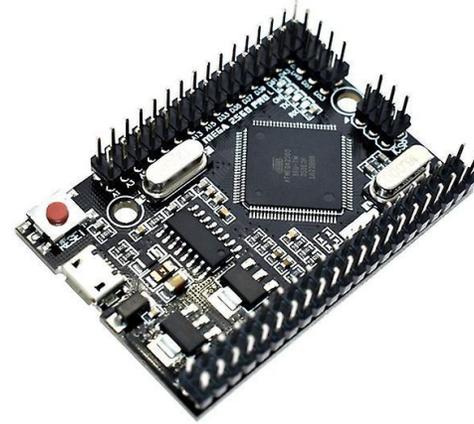
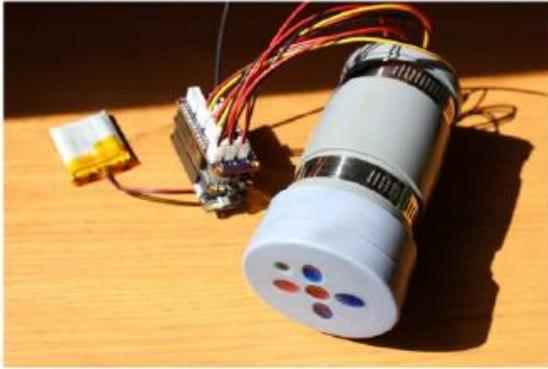


- ✓ La sentinelle aquatique est un logger multi-paramètres
- ✓ Le système est autonome en énergie avec son panneau solaire
- ✓ Les données collectées sont envoyées à un serveur
- ✓ Le choix des capteurs peut être modifié en fonction du besoin

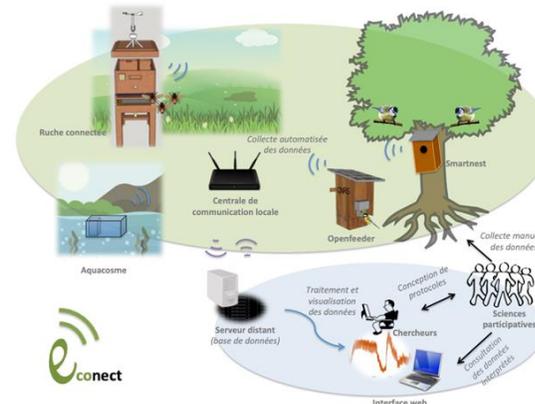
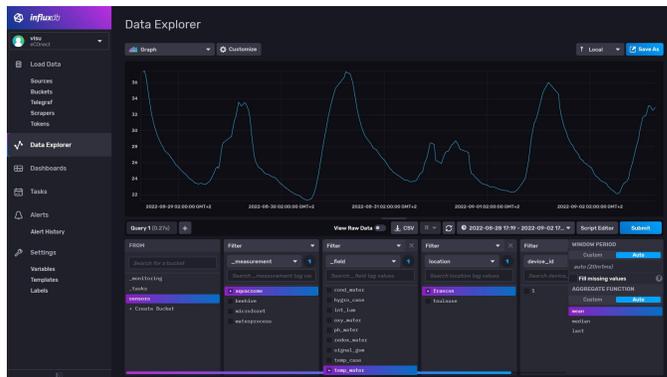
- ✓ Évolution vers PSoC (architecture reconfigurable, optimisation d'énergie, implémentation directe de capteurs...)
- ✓ Ajout de nouveaux capteurs, notamment optiques
- ✓ Algorithme de traitement des séries temporelles
- ✓ Adaptation de la sentinelle à d'autres applications



*[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

