

## Développement et implémentation d'une solution compacte et non-intrusive de surveillance de la température de surface des cours d'eau

### *Development and Implementation of a Compact, Non-Intrusive Water Surface Temperature Monitoring Station for River Ecosystems*

**E. Lesnard-Evangelista, Y. Riou, J.-C. Poisson, T. Féret, J.-P. Rebillard, G. Morin**

[eliot@vortex-io.fr](mailto:eliot@vortex-io.fr) (vorteX-io) ; [yannick@vortex-io.fr](mailto:yannick@vortex-io.fr) (vorteX-io) ;  
[jeanchristophe@vortex-io.fr](mailto:jeanchristophe@vortex-io.fr) (vorteX-io) ; [thibaut.feret@eau-adour-garonne.fr](mailto:thibaut.feret@eau-adour-garonne.fr) (Agence de l'Eau Adour Garonne) ; [jean-pierre.rebillard@eau-adour-garonne.fr](mailto:jean-pierre.rebillard@eau-adour-garonne.fr) (Agence de l'Eau Adour Garonne) ; [guillaume.morin@magellium.fr](mailto:guillaume.morin@magellium.fr) (Magellium)

## RÉSUMÉ

La température de l'eau est un indicateur clé de la santé des écosystèmes aquatiques. Ce projet, mené par vorteX-io en collaboration avec l'Agence de l'eau Adour-Garonne, présente une station innovante, compacte et non intrusive de mesure en continue de la température de surface et de la hauteur de l'eau. Spécialement conçue pour s'adapter à des environnements fluviaux variés, avec un impact écologique minimal, cette station est équipée d'un capteur à haute fréquence permettant un suivi précis de la température sans perturber les habitats naturels.

Notre objectif principal était de développer une solution peu coûteuse, facilement déployable sur des ponts surplombant les cours d'eau. Des tests sur plusieurs sites ont confirmé la précision, la durabilité et l'adaptabilité de la station dans des conditions environnementales variées. Les premiers résultats montrent une bonne corrélation avec des capteurs thermiques de référence, ouvrant la voie à la densification du réseau avec 150 stations. Si les résultats atteignent les objectifs du projet, une surveillance à grande échelle sera envisagée.

Cette présentation mettra en lumière les principaux enseignements, les aspects pratiques et les contributions potentielles de cet outil à la gestion des rivières, aux efforts de restauration et à l'adaptation au changement climatique. Notre approche promeut une surveillance continue et pérenne des écosystèmes fluviaux à grande échelle, dans un objectif d'une meilleure prise en compte de la dynamique hydrologique.

## ABSTRACT

Water temperature is a key indicator of river health, affecting both aquatic ecosystems and water quality. This project is led by vorteX-io in collaboration and with the support of the Agence de l'eau Adour-Garonne. We introduce an innovative, compact, and non-intrusive station for continuous multi-parameter measurements, such as surface water temperature monitoring, specifically designed for diverse river settings and with limited ecological impact. Equipped with a high-temporal-resolution temperature sensor, this station enables precise temperature tracking without disrupting natural habitats and combines the assessment of water quantity and quality.

Our main objective was to create an affordable, portable solution that can be easily deployed on bridges over watercourses. Field tests at multiple sites confirmed the station's accuracy, durability, and adaptability under varying environmental conditions. Preliminary results showed strong agreement with immersed thermal sensors, leading to the ongoing network densification with 150 stations. If the results meet the project expectations that are rather ambitious, we will consider a large-scale deployment.

This presentation will share key findings, practical insights, and the device's potential contributions to river management, restoration efforts, and climate adaptation. Our approach promotes cost-effective, sustainable monitoring, providing valuable localized data for continuous assessment of river ecosystems on a large scale.

---

## MOTS CLÉS

Infrarouge, qualité, surveillance, température de surface, temps réel

Infrared, monitoring, quality, real time, surface temperature

## 1 INTRODUCTION

### 1.1 Contexte et enjeux

L'analyse de la température de l'eau représente un enjeu majeur pour le maintien d'usages (eau potable, centrales nucléaires de production d'électricité, industrie, hydroélectricité, agriculture ...) mais également dans la préservation de la biodiversité des écosystèmes aquatiques (espèces migratrices ou exotiques, efflorescences algales). Le contexte de changement climatique actuel implique des modifications rapides de ces environnements fragiles, dont il convient de suivre les évolutions avec des données nouvelles et à haute fréquence.

Afin de mieux estimer et monitorer en direct la température de l'eau, l'Agence de l'eau Adour-Garonne sollicite l'expertise de la société vorteX-io afin d'améliorer grandement les systèmes déjà mis en place jusqu'alors, en termes de fiabilité, de facilité de déploiement et de fréquence des mesures.

vorteX-io dispose d'un réseau de micro-stations développées pour mesurer, entre autres, des hauteurs d'eau. Dans le cadre de ce projet de recherche et développement, des solutions ont été imaginées pour permettre à ces micro-stations de mesurer la température de la surface de l'eau à partir de tous les instruments déjà à bord et l'ajout de nouveaux capteurs.



Station installée à Cours-de-Pile en Dordogne

### 1.2 Définition des objectifs

Ce projet s'axe sur la mesure de la température de surface.

**Les incertitudes et les fréquences de mesures cibles arrêtées sont les suivantes :**

	<b>Erreur quadratique moyenne</b>	<b>Pas de temps</b>
Température	<b>&lt; 1,0 °C</b>	<b>1 heure</b>

## 2 METHODE

### 2.1 Calibration

Afin d'améliorer la précision, il convient de calibrer le capteur de température embarqué sur chaque station. En effet, celui-ci présente un biais inconstant entre les différents capteurs en sortie d'usine, qu'il n'est donc pas possible d'évaluer sans un protocole approprié.

Le protocole retenu consiste à placer la station au-dessus d'une cuve d'eau de température connue et supposée uniforme. L'eau de la cuve est brassée et mesurée avec une sonde immergée à thermocouple d'une précision de 0,1 °C. Une série de mesures rapide est lancée durant une période pendant laquelle la température de la cuve est constante.

La moyenne des températures mesurées par la station est comparée aux mesures de la sonde référence. La valeur obtenue est considérée comme le biais du boîtier testé et sera prise en compte lors du traitement habituel des mesures.

### 2.2 Déploiement des stations

Sur la base d'échanges avec l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, 150 sites sur l'ensemble du grand bassin versant de l'Adour Garonne ont été identifiés comme étant pertinents pour l'étude.

Sur certains des sites, des capteurs immergés de température (Tinytag®), sont également positionnés en tant que contrôle. Cette sonde immergée pourra éventuellement être déplacée vers un autre site lorsqu'une série temporelle suffisamment étendue pour une comparaison correcte est obtenue.

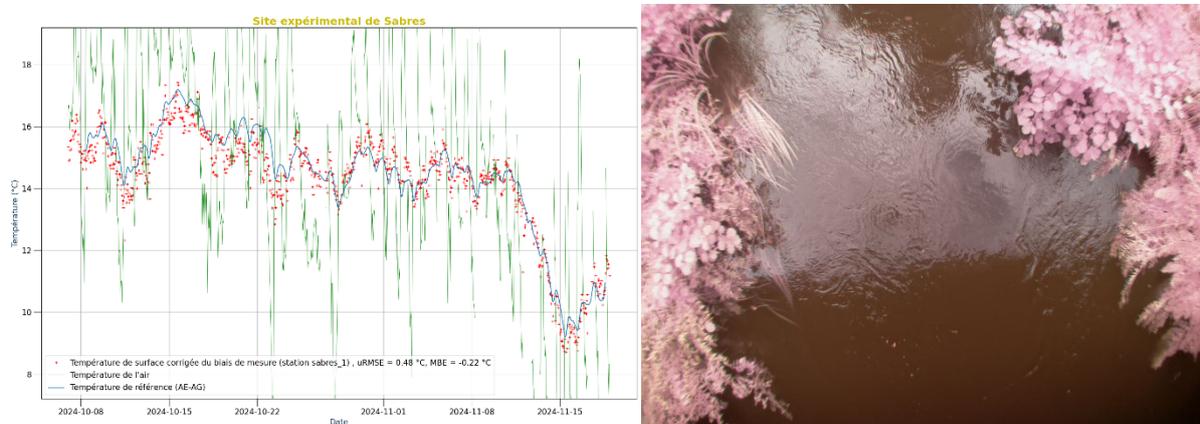
### 2.3 Traitement des données

Le traitement des données est entièrement automatisé.

Les stations envoient les données via le réseau de données mobiles, la température subit alors un contrôle de qualité (on vérifie que la température n'est pas trop différente des dernières températures connues pour cette même station), le biais mesuré lors de la phase de calibration (partie 2.1) est appliqué, et la mesure est rendue disponible sur la plateforme de visualisation Internet de vorteX-io.

## 3 PREMIERS RESULTATS

A ce jour, quelques séries temporelles des sondes immergées ont été récupérées et permettent d'ores et déjà plusieurs observations. Ci-dessous un exemple de graphiques montrant des comparaisons entre les données de vorteX-io et les données de référence.



Exemple d'une station donnant de très bons résultats. Lieu : Sabres (Landes)  
 Comparaison à gauche, point de vue de la station à droite

---

Les résultats montrent une bonne conformité entre la température mesurée par la station et la sonde immergée. Dans cette situation, la présence d'un cours d'eau de plutôt petite taille et visiblement la présence de remous participent à homogénéiser l'eau qui induisent une bonne correspondance entre la température de surface avec la température mesurée par la sonde immergée.

A ce jour, il existe également des sites pour lesquels les résultats montrent une moins bonne corrélation avec les capteurs immergés. Par exemple, le Lot, bien plus large que le cours d'eau à Sabres, présente une eau plus calme et peu agitée. Ainsi un gradient de température se forme et demeure stable au sein de la colonne d'eau, contrairement au cas des ruisseaux où les remous permettent d'uniformiser la température sur la section complète.

Pour le site situé à Clairac (sur le Lot) on observe une amplitude diurne très forte sur la température mesurée par la station vortex-io, amplitude qu'on ne retrouve pas dans les données de la sonde immergée. On peut observer parfois que la température de surface mesurée par la station est temporellement calée sur la température de l'air, ce qui conforte l'idée que la surface, très influencée par la température de l'air, est très différente de la température typique du fleuve.

## 4 DISCUSSIONS

Les résultats obtenus sont encourageants mais réaffirment la fondamentale différence entre température de surface et température moyenne de la section. Pour l'heure, la solution de vortex-io se prête bien à l'exercice pour les zones où l'eau est correctement mélangée. Pour les autres situations, il faudra trouver des méthodes permettant de valoriser la donnée de la micro-station et estimer une température bien plus comparable à celle des capteurs immergés.

## BIBLIOGRAPHIE

- Zhang, K.; Wang, X. High-Precision Measurement of Sea Surface Temperature with Integrated Infrared Thermometer. *Sensors* 2022, 22, 1872. <https://doi.org/10.3390/s22051872>