

## RESEAU DE SUIVI ET D'EXPERTISE DES MICROPOLLUANTS DU BASSIN D'ARCACHON

### MESURER LES DÉBITS DES COURS D'EAUX



#### PORTEURS DU PROJET

BASSIN D'ARCACHON<sup>SM</sup>  
SYNDICAT INTERCOMMUNAL

EPOC

université  
de BORDEAUX



#### RÉSEAU



PÔLE DE SANTÉ  
D'ARCACHON  
GROUPEMENT DE COOPÉRATION SANITAIRE





1 • POURQUOI ET COMMENT MESURER LE DÉBIT D'UN COURS D'EAU ?

---

2 • LA MESURE DES HAUTEURS D'EAU

---

3 • LA RÉALISATION DES JAUGEAGES PÉRIODIQUES

---

4 • RÉSULTAT : LA COURBE DE TARAGE

---

5 • EN PRATIQUE, LES COURS D'EAU SUIVIS PAR LE SIBA

---

6 • UN PETIT AVANT-GOÛT DES RÉSULTATS ?

---

7 • QUELQUES DERNIÈRES NOTIONS À GARDER EN MÉMOIRE

---

# 1 • POURQUOI ET COMMENT MESURER LE DÉBIT D'UN COURS D'EAU ?



## Parole d'expert :

*“ Prédire et gérer les débits des cours d'eau est une nécessité pour la maîtrise des crues, l'alimentation en eau, l'agriculture et la production d'énergie. Savoir mesurer ces débits est cependant un préalable. Ceci constitue l'hydrométrie, science distincte et complémentaire de l'hydrologie (science de l'eau dans son environnement naturel) et de l'hydraulique (physique des écoulements) “.*

*Christian Lallement  
(Lallement 2017)*

## POURQUOI ?

### Pourquoi mesurer les débits des cours d'eau sur le Bassin d'Arcachon ?

Sur le **Bassin**, la mesure et la connaissance des débits des cours d'eau affluents au plan d'eau complète avantageusement les **schémas directeurs assainissement eaux pluviales**<sup>1</sup> réalisés par les communes.

Différents objectifs sont poursuivis :

**Des objectifs en lien avec la gestion des cours d'eau [FIGURE 1] et des eaux pluviales comme :**

- La prévention des risques liés aux inondations ;
- le suivi des crues, notamment celles liées au ruissellement pluvial ;

- leur limitation par le dimensionnement et la gestion d'ouvrages hydrauliques (comme des réservoirs d'écrêtement des crues) ;
- la constitution de séries d'observations de longue durée, indispensables pour connaître les évolutions des régimes des cours d'eau.

**Des objectifs en lien avec la qualité du milieu récepteur comme le suivi des apports potentiels de flux de matière (nutriments) et de micropolluants au Bassin par l'intermédiaire des cours d'eau.**

[ FIGURE 1 ]



## LA LEYRE



## LE RUISSEAU DU BOURG



<sup>1</sup> Le schéma directeur assainissement des eaux pluviales constitue par commune le document de référence qui, sur la base d'un état des lieux précis, permet de cibler les travaux à réaliser pour améliorer la gestion des eaux et anticiper les conséquences de l'évolution de l'urbanisation.



QUOI ?

### C'est quoi un débit au fait ?

Si l'on s'intéresse à un cours d'eau, le débit correspond à un volume d'eau passant à un endroit donné par unité de temps. **Le débit s'exprime souvent en m<sup>3</sup>/s (mètres cubes par seconde).**

COMMENT ?

### Comment mesure-t-on un débit ?



#### ♦ Une mesure pas si triviale

Comme le rappelle **Christian Lallement**, *“la mesure directe du débit est une opération complexe qui ne peut être réalisée que ponctuellement. Sauf cas d'espèce très particulier, on ne peut pas réaliser un suivi direct et continu du débit. C'est la hauteur d'eau que l'on mesure en continu, après l'avoir au préalable reliée au débit par une courbe de tarage”*.

Le suivi des débits repose donc sur la réalisation de ce que l'on appelle une courbe de tarage, courbe qui permet, par simple lecture de la hauteur d'eau, d'estimer le débit d'un cours d'eau à un instant donné (en convertissant les hauteurs d'eau en débit).

#### ♦ Les différentes étapes de la mesure de débit

La réalisation de cette courbe de tarage nécessite la réalisation des étapes suivantes :

- La mesure continue des hauteurs d'eau ;
- La réalisation de jaugeages périodiques pour construire la courbe. C'est l'opération la plus longue ;
- Le tracé de cette courbe de tarage.

## 2 • LA MESURE DES HAUTEURS D'EAU

Pour mesurer les hauteurs d'eau, le SIBA recourt à deux approches :

### L'UTILISATION DE CAPTEURS DE HAUTEUR À ULTRASONS.

[FIGURE 2]

Ces capteurs qui ne sont pas en contact avec la rivière reposent sur un principe de fonctionnement simple.

Le capteur envoie des ondes acoustiques qui vont se réfléchir sur la surface de l'eau. Le temps mis par les ondes pour faire un aller-retour (on appelle ce temps le « temps de transit ») entre le capteur et la surface de l'eau permet de déterminer la distance qui les sépare : plus la hauteur d'eau est faible plus il faudra longtemps pour que le signal revienne.

Le capteur doit être installé sur un ouvrage fixe (souvent un pont ou un pylone) et sa hauteur par rapport au fond du cours d'eau ( $H_0$ ) doit être déterminée.

À partir du temps de transit, on détermine la distance entre le capteur et la surface de l'eau ( $H$ ) et on en déduit la hauteur d'eau qui est égale à  $(H_0 - H)$ .

Plusieurs capteurs ont été placés sur différents cours d'eau du territoire qui permettent donc de connaître en temps réel la hauteur de ces cours d'eau.

## [ FIGURE 2. CAPTEURS DE HAUTEUR À ULTRASON ]

### LA LEYRE



### LE CANAL DES LANDES



En complément des capteurs de hauteur, le SIBA recourt à l'utilisation d'échelles limnimétriques (en fait une règle graduée) ancrée à un support fixe et dont la lecture permet la détermination de la hauteur d'eau.

## L'UTILISATION DES ÉCHELLES LIMNIMÉTRIQUES

[FIGURE 3]

Contrairement à l'emploi des capteurs de hauteurs, la détermination de la hauteur ne peut être faite en continu.

Le positionnement de l'échelle limnimétrique [Figure 3] doit respecter certaines conditions : le zéro doit être placé au-dessous des plus basses eaux possibles et à un endroit où le lit de la rivière est stable : on évitera donc les fonds sableux.

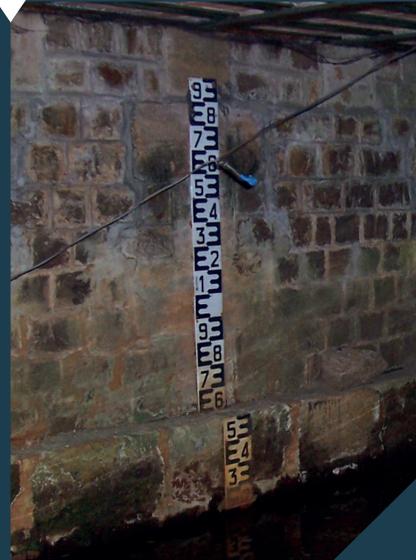
## [ FIGURE 3. ECHELLES LIMNIMÉTRIQUES ]



LE LACANAU



LE TAGON



## 3 • LA RÉALISATION DES JAUGEAGES PÉRIODIQUES

Il s'agit de la partie la plus longue et la plus complexe à mettre en œuvre, c'est de la qualité et de la fréquence de ce jaugeage que dépendent la précision et l'exactitude de la courbe de tarage. Pour un endroit donné, le jaugeage est établi

en mesurant la vitesse de l'écoulement du cours d'eau. Cette mesure de vitesse doit être effectuée à différentes périodes de l'année couvrant toute la **gamme des débits** que peut atteindre la rivière (étiage, moyennes eaux, crues).

Les jaugeages peuvent être réalisés soit par **traçage**, soit par **mesure des champs de vitesse**. Les agents du SIBA recourent principalement à la seconde approche et utilisent deux méthodes complémentaires en fonction de la taille des cours d'eau.

### CAS DES COURS D'EAUX À FAIBLE HAUTEUR D'EAU

#### LE RUISSEAU DU BOURG

Dans ce cas on utilise un **courantomètre « perche »** à **effet Doppler [Figure 4]** pour explorer le champ de vitesse sur la section du cours d'eau.

Le courantomètre envoie des ondes ultra-sons qui sont réfléchies par les particules en suspension dans l'eau qui se déplacent avec le courant.

Du fait de leur vitesse, les particules réfléchissent les ondes vers le courantomètre avec une fréquence décalée (**effet Doppler**). A partir de la variation de fréquence, l'appareil déduit la vitesse de l'écoulement dans la zone de mesure et calcule une vitesse moyenne.

## [ FIGURE 4 ]

### COURANTOMÈTRE PERCHE



L'appareil recalcule ensuite le débit à partir de la vitesse moyenne, de la profondeur du cours d'eau et de la section (largeur) de la rivière.

### JAUGEAGE SUR LE RUISSEAU DU BOURG



#### *L'effet doppler kezako ?*

L'effet Doppler est le changement apparent de la fréquence d'un signal sonore ou électromagnétique reçu par un observateur mobile par rapport à une source émettrice fixe ou bien par un observateur fixe par rapport à une source émettrice mobile.

#### *Mais encore ?*

Cet effet peut être illustré par l'exemple du véhicule de pompiers se déplaçant sirène en fonctionnement. Pour un spectateur, le son produit par la sirène semblera devenir plus aigu (la fréquence du signal augmente) lorsqu'il se rapproche de lui. À l'inverse, le son devient plus grave (il diminue en fréquence) quand le véhicule s'éloigne.

## CAS DES COURS D'EAUX À FORTE HAUTEUR D'EAU

### LA LEYRE

Quand la hauteur d'eau est trop importante, lors des crues ou lorsque le jaugeage concerne une rivière, on utilise un profileur **ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler)**.

L'**ADCP** fonctionne sur la même base que le courantomètre perche.

La différence réside dans le fait que l'**ADCP** utilise simultanément plusieurs faisceaux ultrasons : ainsi l'**ADCP** n'effectue pas une mesure ponctuelle de la vitesse mais celle-ci est reconstituée à partir de mesures de vitesses projetées sur quatre faisceaux distincts et

orientés différemment ; l'**ADCP** réalise en quelque sorte une mesure du courant en « 3 dimensions ».

Les émetteurs récepteurs de l'**ADCP** sont montés sur un flotteur [Figure 5] que l'on va faire circuler plusieurs fois d'une rive à l'autre du cours d'eau, le plus lentement possible.

L'**ADCP** calcule ensuite le débit en combinant la vitesse et le profil (profondeur et largeur) du cours d'eau, également enregistré par ses capteurs [Figure 6].

#### • UNE CONTRAINTE SUPPLÉMENTAIRE LIÉE AU BASSIN

L'ensemble des mesures doit être réalisée à marée basse.

En effet, la marée haute entrave l'écoulement de l'eau des cours d'eau vers le Bassin et entraîne une augmentation des hauteurs d'eau sans rapport avec leur débit.

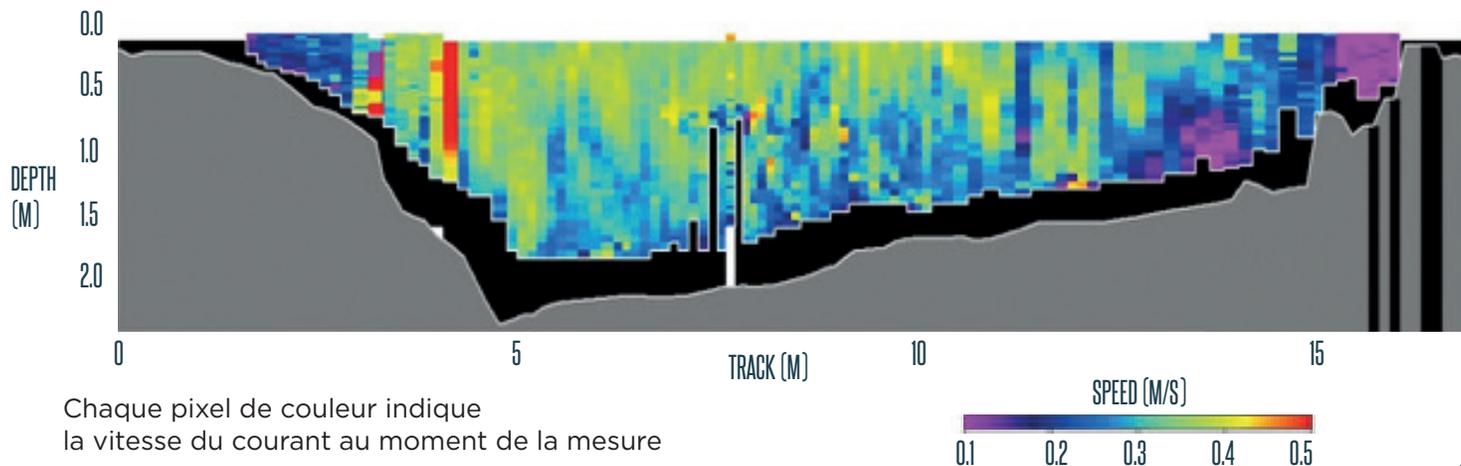
[ FIGURE 5 ] ADCP



## JAUGEAGE SUR LA LEYRE À L'AIDE DE L'ADCP



[ FIGURE 6. RÉSULTATS D'UNE MESURE ADCP SUR LA LEYRE ]



Chaque pixel de couleur indique la vitesse du courant au moment de la mesure

## 4 • RÉSULTAT : LA COURBE DE TARAGE

---

L'ensemble des données de mesures de débits et de hauteurs d'eau est ensuite mise en relation par informatique.

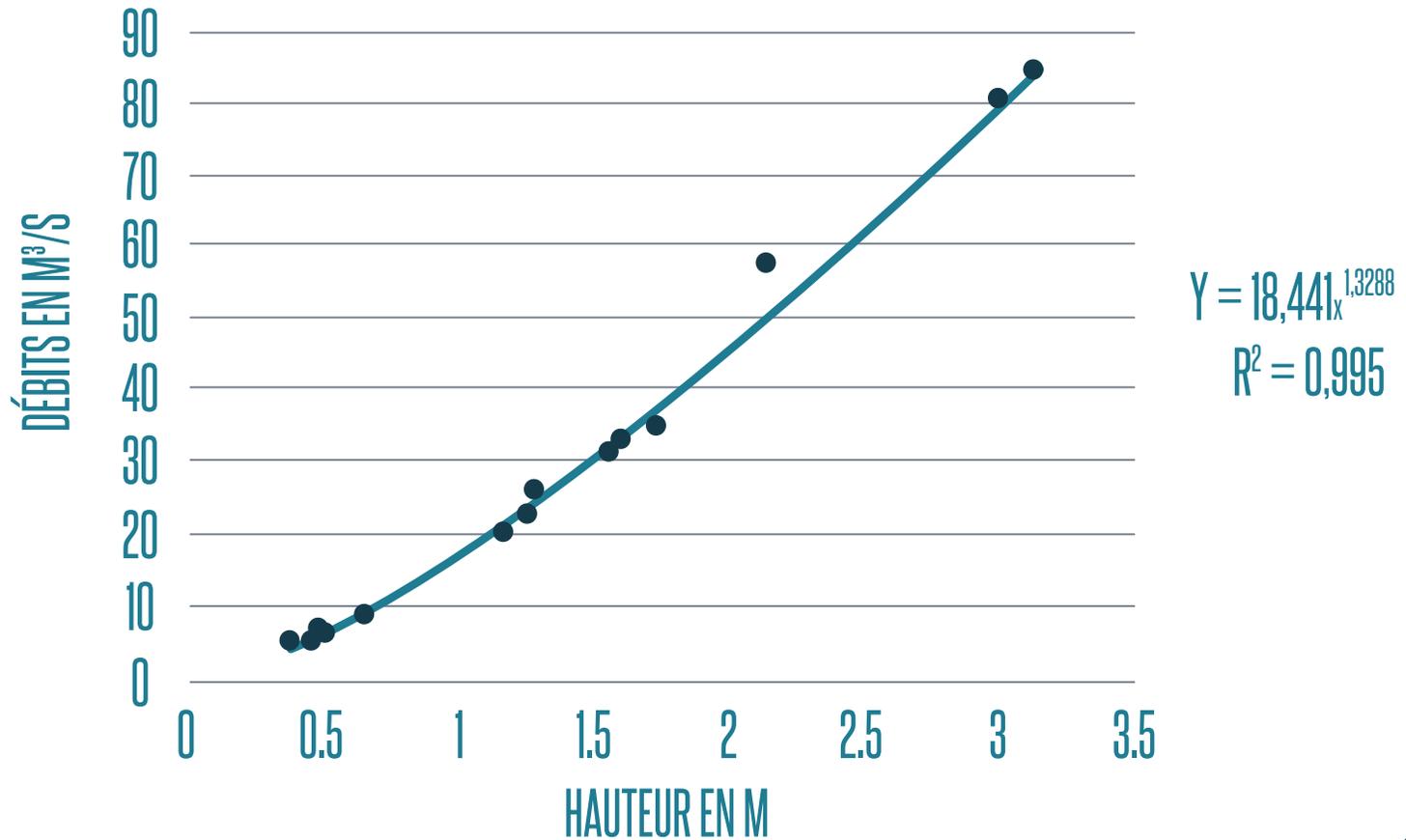
Il est possible de s'aider d'outils statistiques et/ou d'aide à la décision.

**La courbe de tarage** synthétise la relation arithmétique qui s'établit dans un cours d'eau entre **la hauteur d'eau** (millimètres) et **le débit** (litres/secondes).

Une fois cette courbe établie, il devient aisé en mesurant la hauteur d'eau (que ce soit à l'aide des capteurs de hauteur ou des échelles limnimétriques) et d'en déduire le débit **[Figure 7]**.

[ FIGURE 7 ]

EXEMPLE DE COURBE DE TARAGE POUR LA LEYRE, EN COURS DE RÉALISATION PAR LE SIBA.



## 5 • EN PRATIQUE, LES COURS D'EAU SUIVIS PAR LE SIBA

### ◦ LES COURS D'EAU ÉTUDIÉS

Le **SIBA** réalise des tarages sur 10 cours d'eau du Bassin [FIGURE 8], dans l'ordre chronologique de leur instrumentation et de la mise en place de leur suivi : le ruisseau du Bourg, la Leyre, le Ponteils, le Cirès, le canal des Landes, le Renet, l'Ayguemorte, le Tagon, le ruisseau du Milieu et le Lacanau. Le suivi d'autres cours d'eau supplémentaires est en cours de réflexion.

Le canal des Etangs est suivi dans le cadre du **SAGE Lacs médocains**. Le canal des Landes est également suivi dans le cadre du **SIRIL** (Système d'Information Relai Interlacs), mis en place par la **Communauté de Commune des Grands Lacs** et auquel participent le **SIBA** et la **COBAS**.

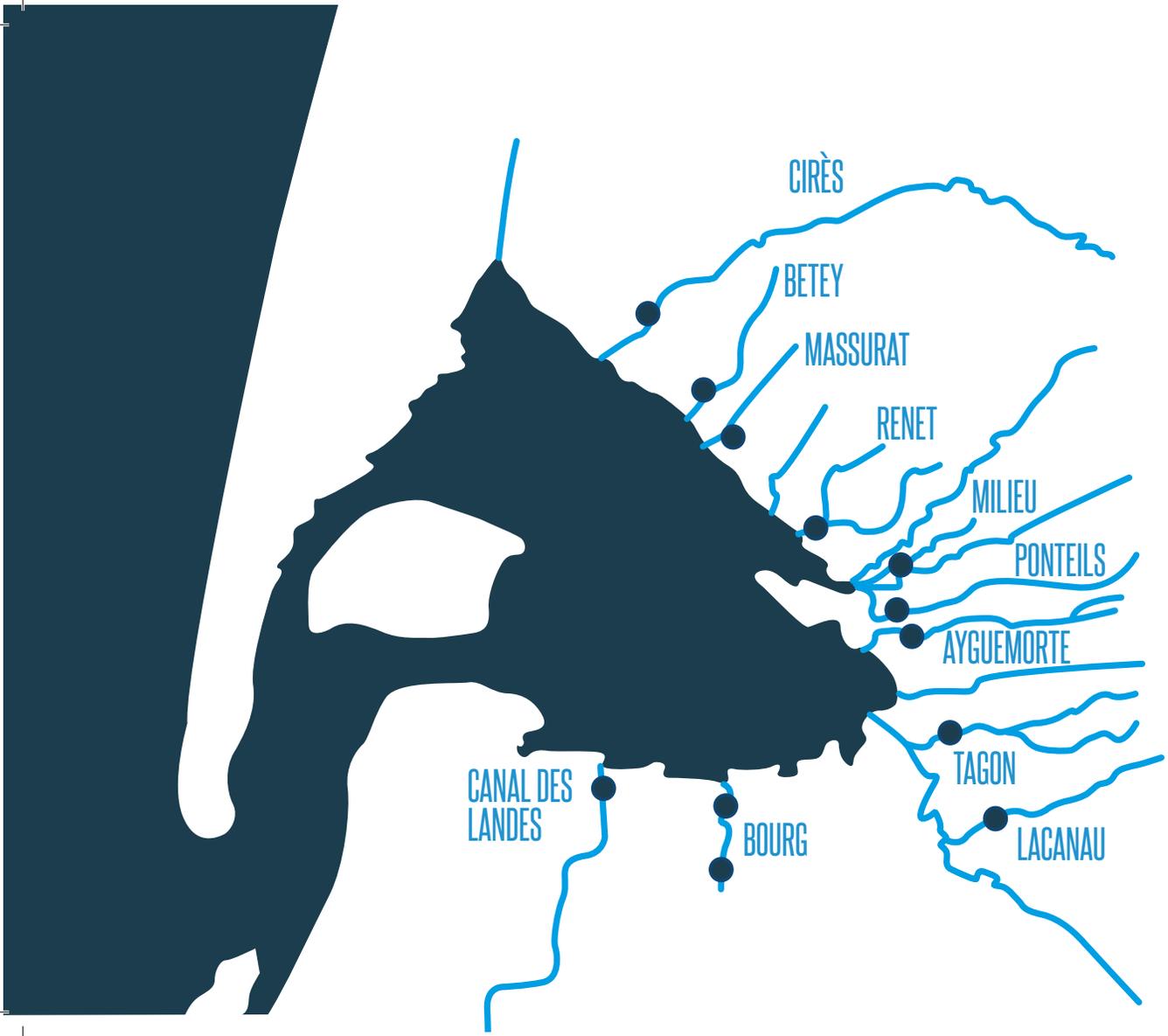
### ◦ ETAT DES LIEUX / CE QUI RESTE À FAIRE

En pratique **les agents du SIBA** visent entre 20 et 30 mesures par cours d'eau. Les jaugeages ont démarré en décembre 2014 sur le ruisseau du Bourg.

Depuis cette date, des cours d'eau ont été rajouté en fonction des objectifs recherchés et des contraintes techniques et logistiques. A l'heure actuelle, près de **200 sorties** sur le terrain ont été effectuées, notamment pour la réalisation des jaugeages [Tableau 1].



[ FIGURE 8. COURS D'EAU INSTRUMENTÉS ET SUIVIS DANS  
LE CADRE DE LA MESURE DES DÉBITS PAR LE SIBA. ]



## 6 • UN PETIT AVANT-GOÛT DES RÉSULTATS ?

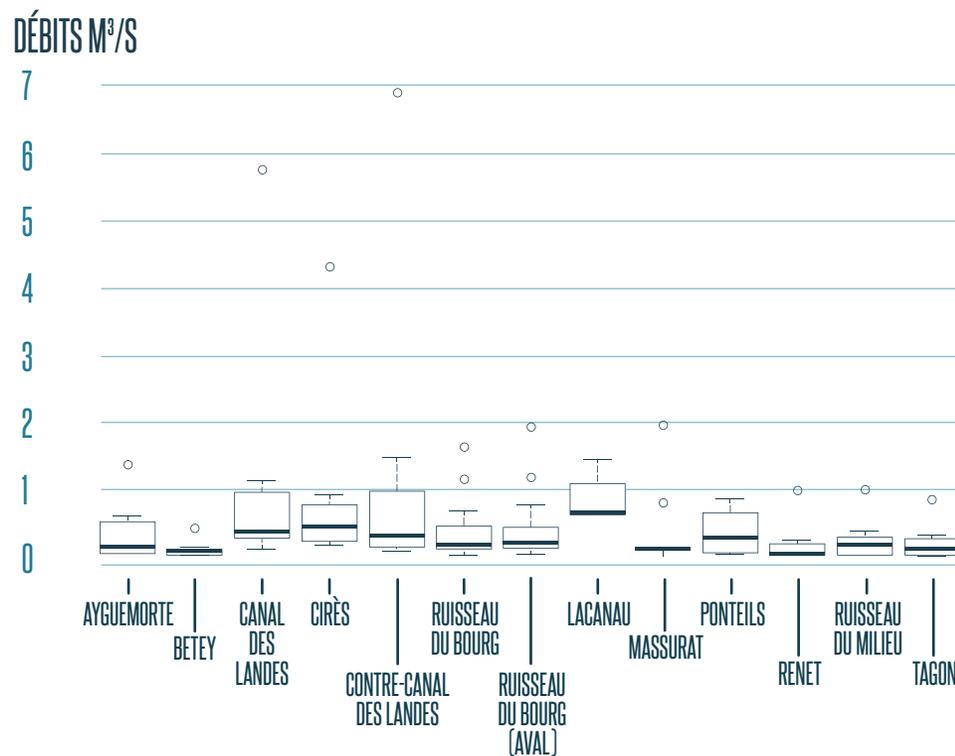
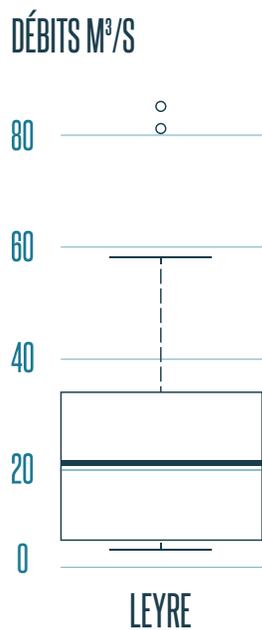
### AVERTISSEMENT :

Les résultats qui suivent ne sont donnés **qu'à titre indicatif** afin d'illustrer la démarche présentée ici : il reste nécessaire de les compléter, et de vérifier et consolider des données acquises.

### QUELQUES DÉBITS MESURÉS

La **[FIGURE 9]** illustre bien la large prédominance de la Leyre en termes d'apports d'eau au Bassin, avec un débit médian de 20 m<sup>3</sup>/s quand les autres cours d'eau affichent un débit médian inférieur à 1 m<sup>3</sup>/s. En période de crue, le débit de la Leyre peut atteindre 80 m<sup>3</sup>/s, le contre-canal et le canal des Landes arrivent en seconde et troisième position avec des débits maximums mesurés de 7 et 6 m<sup>3</sup>/s respectivement.

## [ FIGURE 9. EXEMPLES DE DÉBITS MESURÉS ]



## 7 • QUELQUES DERNIÈRES NOTIONS À GARDER EN MÉMOIRE

### TOUT EST INCERTITUDE EN CE BAS MONDE

Toute mesure d'une grandeur est entachée d'erreur : elle peut être liée à l'erreur humaine bien sûr, mais aussi à la précision limitée des appareils de mesures : quel qu'il soit, aucun appareil ne permet de déterminer la mesure exacte d'une grandeur.

Ainsi, les mesures de débit effectuées par l'ADCP sont assorties d'une erreur systématique estimée à 10%.

Ainsi le débit d'un cours d'eau est une grandeur dite « composée » qui dépend d'autres paramètres comme la hauteur d'eau, la morphologie du cours d'eau à l'endroit de la mesure, la nature du lit du cours d'eau (sable, enrochements...).

Il est donc impossible de connaître la valeur exacte d'une grandeur physique et il est donc très important de connaître l'incertitude (erreur) associée à la mesure.

En conséquence, dans le cas qui nous intéresse ici, on cherche, en parallèle à la mesure des débits à :

- o Connaître l'incertitude associée à ces mesures ;
- o la réduire autant que faire se peut par exemple en corrigeant l'erreur dite « systématique » liée aux appareils de mesure lorsqu'elle est connue, ou en multipliant le nombre de mesures pour diminuer l'erreur dite « aléatoire ».

## UNE HISTOIRE SANS FIN

*“La réalisation des mesures de débit et des courbes de tarage est un processus de longue haleine et chaque nouvelle mesure peut conduire à remettre en cause la courbe de tarage en cours et donc redéfinir son tracé, voire la stratégie de jaugeage. Ainsi, il est courant d’admettre un délai de dix-huit mois à deux ans pour la consolidation de l’information”.*

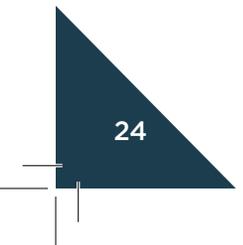
Lallement 2017

**Une courbe de tarage ne doit jamais être considérée comme définitive** et des vérifications doivent être réalisées constamment.

**La relation hauteur-débit, peut varier dans le temps** : la végétation, l’intervention humaine, les crues, l’érosion, les dépôts... peuvent entraîner une modification du profil d’écoulement de la rivière.

Ainsi, des informations obtenues longtemps après la réalisation de la courbe peuvent amener à modifier les résultats obtenus.

Le **SIBA** poursuit donc le suivi des cours d’eau et la réalisation de mesures de débits pour voir si les courbes de tarage sont toujours valides.

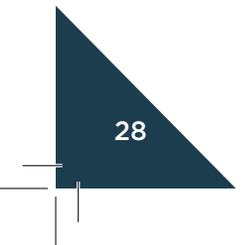


## CRÉDITS

La réalisation de ce fascicule est basée sur un article en ligne écrit par Christian Lallement, Ingénieur Hydraulicien, en retraite d'EDF. LALLEMENT Christian (2017), Hydrométrie : mesurer les débits d'une rivière, pourquoi et comment ?, Encyclopédie de l'Environnement, [en ligne ISSN 2555-0950] url : <http://www.encyclopedie-environnement.org/eau/hydrometrie-mesurer-debits-dune-riviere/>









# Innovations & changements de pratiques

Lutte contre les micropolluants des eaux urbaines



AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ  
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

## PORTEURS DU PROJET



université  
BORDEAUX



## RÉSEAU





16 Allée Corrigan, CS 40002 | Tél. 05 57 52 74 74 - fax 05 57 52 74 75  
33 311 Arcachon Cedex | [administration@siba-bassin-arcachon.fr](mailto:administration@siba-bassin-arcachon.fr)  
[www.siba-bassin-arcachon.fr](http://www.siba-bassin-arcachon.fr)