



Groupe Doppler France (utilisateurs ADCP)
Rapport d'essais – Régate ADCP 1

3-4-5/02/2009, Vézère au pont de Garavet (Allasac, Corrèze)

Version définitive, J. Le Coz, Gérard Sayset, G. Pierrefeu, le 26/10/2009



Table des matières

Résumé.....	3
Abstract.....	4
<u>1. Introduction.....</u>	<u>5</u>
<u>2. Organisation.....</u>	<u>6</u>
2.1. Participants.....	6
2.2. Matériels.....	8
Profileurs.....	8
Supports.....	9
Modes de traction.....	9
Modes de communication.....	10
Ordinateurs.....	10
Techniques pour traversée corde.....	11
Logiciels.....	11
2.3. Logistique.....	12
Site.....	12
Durée.....	12
Constitution des séries.....	12
Sécurité.....	13
<u>3. Protocole</u>	<u>14</u>
3.1. Aménagement des transects.....	14
3.2. Débits de référence.....	16
3.3. Mesures complémentaires.....	20
Niveau d'eau.....	20
Température.....	21
Matières en suspension (MES).....	21
3.4. Essais, séries, synchronisation des mesures.....	21
3.5. Analyse des résultats en temps réel et après la régates.....	23
<u>4. Résultats.....</u>	<u>24</u>
4.1. Débits moyens par série.....	29
4.2. Variabilité des transects individuels.....	31
4.3. Cas particulier du Qliner OTT (PRO).....	31
4.4. Influence du paramétrage.....	33
4.5. Influence du déploiement.....	33
<u>5. Conclusions et perspectives</u>	<u>33</u>
5.1. Conclusions générales.....	33
5.2. Recommandations pour les régates suivantes.....	34
5.3. Dissémination des résultats.....	35
<u>6. Références.....</u>	<u>36</u>

Résumé

Les 3-4-5 février 2009, une régata (ou essais simultanés) de mesure de débit par Profileur de Courant (vitesse de l'eau) Acoustique Doppler (ADCP) s'est déroulée sur la Vézère au pont de Garavet, à Allasac (Corrèze). Ces essais multi-organismes ont été organisés par le Groupe Doppler, groupe de travail réunissant les utilisateurs français d'ADCP et constitué en 2005. Les ADCP, utilisés en France à partir de 1994 pour mesurer le débit des cours d'eau, ont révolutionné les pratiques hydrométriques. Dans les bonnes conditions d'utilisation, il est admis généralement que l'incertitude sur le débit obtenu est de l'ordre de 5%, ce qui correspond à une bonne précision en hydrométrie.

La régata ADCP inter-organismes sur la Vézère a permis de comparer les débits mesurés par 35 appareils déployés par 21 équipes, soit 7 modèles d'ADCP commercialisés par 4 constructeurs concurrents et émettant des ultrasons à des fréquences comprises entre 600 et 3000 kHz selon les appareils. Le site de la Vézère au pont de Garavet présente de nombreux avantages en termes logistiques (accès, sécurité, pont, mise à l'eau, salle de réunion) comme en termes hydrométriques (tronçon rectiligne à section uniforme, écoulement régulier et surface calme, grâce au contrôle exercé par un seuil en aval du pont). De plus, à travers le barrage du Saillant situé 4 km en amont, EDF a assuré un débit constant pendant les séries de mesure. Les mesures de débit (ou "jaugeages") ont été effectuées simultanément sur 11 sections parallèles espacées de 18 m en amont du pont, plus 1 section correspondant à un déploiement depuis le pont. Les supports flottants permettant de déployer les appareils ont été très variés : bras métallique depuis une embarcation légère, mini-catamaran ou mini-trimaran, radio-commandé ou tracté manuellement grâce à une corde tendue en travers de la rivière.

Les débits fournis par les différents appareils sont comparés entre eux, ainsi qu'aux débits de référence issus de la station hydrométrique du Saillant, qui s'appuie sur un enregistrement des niveaux d'eau, et sur une "courbe de tarage" (relation stable entre niveau et débit, établie à partir de nombreux jaugages). Le troisième jour, la DTG de Brive a également pratiqué un jaugage par dilution chimique, à l'aide d'un traceur chimique inoffensif (Rhodamine WT, rouge). Les conclusions provisoires sont qu'en moyenne tous les débits obtenus sont en très bon accord entre eux (écarts de 5% ou moins). Des écarts ponctuels plus importants, jusqu'à 10% (ce qui reste assez acceptable), ont été observés, et leur cause sera analysée pour savoir s'il s'agit d'appareils biaisés (défectueux) ou d'erreurs dues à un paramétrage ou à un protocole inadaptés. Ces très bons résultats sont à replacer dans le contexte de mesure très favorable (site, régime hydraulique constant, météo radieuse!), et ne doivent pas être extrapolés à tout jaugage ADCP.

Cette première régata ADCP inter-organisme française a été appréciée par l'ensemble des participants, qui ont pu également bénéficier d'échanges techniques avec d'autres hydromètres parfois éloignés géographiquement, dans une ambiance très conviviale. Le Groupe Doppler envisage de réitérer ce type d'essais, sur d'autres types de cours d'eau, plus torrentiels, ou plus grands comme le Rhône par exemple (déploiement par bateau à moteur).

Abstract

On February 3-4-5, 2009, a national ADCP « regatta » was organized in the Vézère River by the French ADCP user group (Groupe Doppler). 35 ADCPs were simultaneously deployed by 21 hydrometry teams, representing 7 ADCP models from 4 manufacturers (Teledyne RDI, mainly) with operating frequencies ranging from 600 to 3000 kHz. The river reach offered appropriate conditions in terms of both logistics (access, security, infrastructure) and hydrometry, due to the straight reach with uniform section, regular flow with smooth free-surface, hydraulic control by a sill, constant flow rate released by an upstream dam.

The reference discharge values were provided by a well-rated gauging station, located 4 km upstream of the experimental site. A tracer-dilution gauging performed on the last day confirmed the validity of the rating curve outputs (deviation -0.8%). Mean flow rate and velocity were 30m³/s and 0.3m/s, respectively. During each test series, ADCP transects were simultaneously performed along 12 parallel 18m-spaced cross-sections. A range of mounts and deployment methods were used: swings on non-powered boats, and remotely controlled or tethered launches, from the river sides or from the bridge.

The main objectives of these tests were to:

- 1) evaluate the variability and accuracy of ADCP discharges with each team using their own method, and also with imposed procedure, to compare individual ADCP performances
- 2) determine the influence of deployment parameters such as boat speed, measurement duration, number of crossings, etc.
- 3) enhance technical and informal exchanges between users
- 4) provide some guidelines for organizing ADCP regattas

The following instructions were successively given to the competitors:

- 1) conduct 12 successive transects according to each team's standard procedure
- 2) conduct 12 successive transects with imposed configuration and synchronised displacements
- 3) conduct the maximum number of transects in a 30 minute timespan.

On average, the repeatability of individual discharges was good (<5%, typically), even for fast crossings. The agreement of transect-averaged discharges with the reference values was usually very good (typically <3%). Some isolated problems occurred due to configuration or deployment. However, it was found that one StreamPro consistently provided biased results, with an underestimation of roughly 8%. Temperatures measured by the ADCPs were in good agreement ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, typically). While the discharges measured using a variety of instruments and methods compared favorably, it must be kept in mind that the testing conditions were ideal. Similar ADCP regattas are planned in more torrential streams or in larger sections.

1. Introduction

La qualité des mesures du débit des cours d'eau revêt une importance croissante, que ce soit en termes de partage de la ressource en eau (pour des usages tels que : irrigation, eau potable, industrie, électricité, navigation), de risque naturel (prévision des crues et prévention des inondations), et d'habitat écologique (débits minimaux, étiages).

Les Profileurs de Courant (vitesse de l'eau) Acoustique Doppler (ADCP), utilisés en France à partir de 1994 pour mesurer le débit des cours d'eau, ont révolutionné les pratiques hydrométriques. Lors d'une traversée de la rivière d'une rive à l'autre, l'appareil, immergé en surface de l'écoulement, mesure les profondeurs et les vitesses d'écoulement, qui permettent de calculer le débit d'eau s'écoulant à travers la section de mesure. Rapide, nouvelle, et en apparence plus "boîte noire" que les traditionnels courantomètres à hélice ("moulinets"), cette technique a fait l'objet de vérifications au sein des équipes d'hydrométrie. Dans les bonnes conditions d'utilisation, il est admis généralement que l'incertitude sur le débit obtenu est de l'ordre de 5%, ce qui correspond à une bonne qualité en hydrométrie.

Le groupe Doppler est un groupe de travail réunissant des utilisateurs français d'ADCP et constitué en 2005, à l'initiative de la CNR¹, d'EDF², du Cemagref³, de l'IRD⁴, et des services hydrométriques d'Etat (Diren⁵ et SPC⁶). En 2008, le groupe Doppler se fixe pour objectif d'organiser quatre régates ADCP multi-organismes en 2009-2010, réparties dans la France continentale, sur des sections variées. Une régate ADCP est constituée d'essais simultanés sur le même tronçon de rivière, en présence d'une ou de plusieurs mesures de référence. Des régates internes à certains services avaient déjà été organisées (EDF, CNR par exemple). L'agence de l'Environnement britannique en organise régulièrement dans le but de tester l'ensemble de son parc d'ADCP (Iredale 2006, Everard 2007).

Les 3-4-5 février 2009, une première régate ADCP inter-organismes s'est déroulée sur la Vézère au pont de Garavet, à Allasac (Corrèze). Cette régate ADCP a permis de comparer les débits mesurés par 35 appareils déployés par 21 équipes, soit 7 modèles d'ADCP commercialisés par 4 constructeurs concurrents et émettant des ultrasons à des fréquences comprises entre 600 et 3000 kHz selon les appareils.

1 Compagnie Nationale du Rhône

2 Electricité de France

3 Institut de Recherche pour l'Ingénierie de l'Agriculture et de l'Environnement

4 Institut de Recherche pour le Développement (ex-ORSTOM)

5 Directions régionales de l'Environnement

6 Services de Prévision des Crues

Les objectifs de ces essais étaient les suivants:

- 1) Evaluer la variabilité des débits ADCP jaugés en protocole libre, selon les équipes
- 2) Evaluer la variabilité des débits ADCP jaugés en protocole identique (configuration identique ou très proche, déplacement synchronisé lent/rapide), selon les appareils
- 3) Tester l'influence de paramètres tels que la vitesse de déplacement, la durée de mesure, le nombre de traversées
- 4) Evaluer la cohérence des débits moyens ADCP par rapport aux mesures de référence
- 5) Permettre des échanges techniques au sein du réseau d'utilisateurs sur les différents matériels et leur mise en oeuvre
- 6) Disposer d'un premier retour d'expérience (REX) sur le protocole d'organisation des régates ADCP, en vue des suivantes.

Les sections suivantes rapportent les résultats de la régata Vézère 2009, ainsi que les éléments de retour d'expérience correspondants.

Avertissement: les conclusions à tirer de ces essais doivent être considérées dans le contexte favorable de mesure, en particulier le site de jaugeage idéal (contrôle hydraulique par seuil, écoulement et tronçon réguliers, section symétrique régulière, régime hydraulique quasi-permanent).

2. Organisation

2.1. Participants

Vingt-et-une équipes de jaugeage ont assuré le déploiement des appareils pendant les essais (cf. photos des équipes en Annexe 1). Ces équipes, identifiées par un trigramme, ont été constituées par :

- des Directions Régionales de l'Environnement :
 - Diren Aquitaine (AQU)
 - Diren Auvergne (AUV)
 - Diren Bretagne (BRE)
 - Diren Centre Le Puy (PUY)
 - Diren Centre Orléans (ORL)
 - Diren Centre Tours (TRS)
 - Diren Limousin (LIM)
 - Diren Midi-Pyrénées (MID)

- Diren Pays-de-Loire Angers (ANG)
- Diren Pays-de-Loire Nantes (NAN)
- Diren Rhône-Alpes Lyon (LYO)
- des Services de Prévision des Crues
 - SPC Dordogne (DOR)
 - SPC Littoral Atlantique (ATL)
 - SPC Vienne Thouet (VTH)
- des producteurs d'électricité :
 - Compagnie Nationale du Rhône (2 équipes, CNR)
 - EDF-DTG Brive (BRI)
 - EDF-DTG Grenoble (GRE)
 - EDF-DTG Toulouse (TLS)
- des sociétés d'aménagement régional :
 - Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne (GAS)
 - Société du canal de Provence (PRO)

Le SPC Grand-Delta (Nîmes) n'a finalement pas pu participer aux essais, en raison d'une vigilance crues en cours sur son territoire. Le RioGrande 1200 kHz du Cemagref Lyon (CEM) a été déployé par l'équipe CNR. Les Diren Franche-Comté et Bourgogne ont délégué des observateurs. Le nombre de personnes sur site (environ 70) était sans doute proche du maximum possible sur un site très bien adapté.

Une fiche d'inscription (modèle présenté Figure 1) a été transmise aux abonnés de la liste de diffusion du groupe Doppler, à retourner renseignée aux organisateurs deux semaines avant les essais. Les renseignements synthétiques fournis ont permis de préparer la logistique, en fonction du matériel et du nombre de participants. Un minimum de 3 opérateurs par équipe est requis pour assurer un déroulement optimal des essais.

L'équipe d'organisation comportait 4 organisateurs et 3 adjoints, ce qui constitue un minimum pour des essais de cette dimension. Outre l'organisation générale, les rôles des organisateurs étaient spécialisés sur la logistique générale (Gérard SAYSSET), la coordination des mesures (Gilles Pierrefeu), la centralisation des données (Jérôme Le Coz), les échanges d'information (Claire Godayer). Les adjoints ont permis un relais entre les organisateurs et les opérateurs lors des séries synchronisées (Daniel Brigand, Yves Moreau, Noël Watrin).

GROUPE DOPPLER

Fiche d'inscription pour la régate ADCP Vézère à Allasac (Corrèze), les 3-4-5 février 2009

A retourner avant le 9 janvier 2009, par courriel à gerard.saysset [at] edf.fr, g.pierrefeu [at] cnr.tm.fr, jerome.lecoz [at] cemagref.fr

Organisme Equipe

Arrivée prévue

date	heure
<input type="text"/>	<input type="text"/>

 Départ prévu

date	heure
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Indiquer pour chaque agent s'il est Sauveteur Secouriste du Travail (SST)
Prévoir obligatoirement 1 gilet de sauvetage par participant et 1 gilet de signalisation par inscrit

	Nom	Prénom	SST? (O/N)	courriel	n° tel fixe	n° tel portable
Correspondant	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Suppléant	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

	Nom	Prénom	SST? (O/N)	Nom	Prénom	SST? (O/N)	Nom	Prénom	SST? (O/N)
Participants (min 2, max 3)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Observateurs (max 2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

	Type profileur (+ marque)	fréquence (kHz)	n° de série	firmware (version)	soft (version)	type de liaison (si modem, fréquence?)	support (si bateau, préciser la taille)	type de manipulation (motorisé, depuis pont, depuis rives) ; si télécommandé, préciser la fréquence
Matériel 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Matériel 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Matériel 3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Matériel 4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

N.B. Il faudra peut-être limiter le nombre de matériel à tester. Classer le matériel par ordre de priorité décroissante.

Figure 1: Fiche d'inscription à la régate

2.2. Matériels

Profileurs

37 appareils ont été déployés, soit 7 modèles d'ADCP commercialisés par 4 constructeurs concurrents et émettant des ultrasons à des fréquences comprises entre 600 et 3000 kHz selon les appareils. SonTek, OTT et LinkQuest n'étaient représentés que par 1 appareil chacun, l'essentiel du parc testé étaient des produits Teledyne RDI à 600, 1200 et 2400 kHz. Même si cette distribution reflète l'équipement actuel des équipes hydrométriques françaises, il est important de pouvoir tester un panel d'appareils le plus diversifié possible.

code	modèle	fréquence	marque	nombre
RG600	RioGrande	600 kHz	Teledyne RDI	5
FQ1000	FlowQuest	1000 kHz	LinkQuest	1
BB1200	BroadBand	1200 kHz	Teledyne RDI	1
RG1200	RioGrande	1200 kHz	Teledyne RDI	12
QL2000	Q-Liner	2000 kHz	OTT	1
SP2400	StreamPro	2400 kHz	Teledyne RDI	16
ADP3000	ADP	3000 kHz	SonTek	1

Sont donnés en Annexe 2 la liste complète des 37 appareils déployés. Certains numéros de série n'ont pas été communiqués ni pu être trouvés avec les logiciels constructeurs.

Supports

Les supports permettant de déployer les ADCP à la surface de l'écoulement étaient divers. Des photos de différents supports sont fournies en Annexe 3.

Les bateaux VTH et CNR étaient équipés d'une potence latérale sur laquelle est fixé l'ADCP. La potence VTH est constituée d'un bras métallique coulissant, tandis que la potence CNR bascule par-dessus bord. Dans les deux cas, la profondeur d'immersion du capteur est réglable, et mesurée avec soin avant tout déploiement.

Les autres supports étaient constitués de mini-embarcations (planche mousse, trimaran, catamaran), inertes ou motorisées et radio-commandées. Une annexe (ou youyou CNR) a également été utilisée à couple d'une mini-embarcation, de manière à s'affranchir de la liaison par radio-modem.

Modes de traction

Les modes de déplacement des appareils représentaient également une large gamme de techniques, à l'exclusion du bateau à moteur. Des photos de différentes techniques, parmi celles listées ci-dessous, sont fournies en Annexe 3:

- drisse simple, opérateur depuis le pont
- drisse en travers simple, un opérateur de chaque côté de la section
- drisse en travers avec poulie, un opérateur en rive gauche
- drisse en travers motorisée radio-commandée, un opérateur en rive gauche

- catamaran motorisé, un opérateur en rive gauche

Relativement peu d'interférences entre radio-commandes de catamaran se sont produites, même si quelques incidents isolés ont été relevés.

Modes de communication

Les différents modes de communication entre l'ordinateur et le profileur étaient:

- liaison par câble (liaison série directe)
- modems radio
- modems bluetooth

Les interférences entre modems radio ont constitué le principal problème technique de ces journées de régates. Cela a résulté en une perte de temps pour l'organisation des séries de mesure, qui ont parfois dû être lancées en "sacrifiant" certaines équipes, ou en faisant participer deux équipes successivement à la moitié de la série. L'Essai 4 du troisième jour a finalement été utilisé comme rattrapage pour les équipes ayant raté des séries, principalement à cause de ce problème.

Les symptômes ont été soit une impossibilité à communiquer avec l'ADCP, soit des mesures très dégradées. Augmenter la distance entre équipes se perturbant mutuellement a été sans résultat, vu la portée des modems radio, de l'ordre du km. Le problème a parfois pu être résolu en recourant aux autres modes de communication (câble ou bluetooth, ce dernier n'ayant pas posé de problème d'interférences entre équipes).

Les fréquences des modems radio et autres systèmes de communication à distance avaient été recensées à l'inscription. Malgré l'espacement maximal prévu entre équipes, et le fait que les fréquences annoncées étaient légèrement différentes, les problèmes de communication ont été gênants. Dans le cas de régates sur petites sections, il faut absolument traiter ce problème en amont, en limitant au maximum, voire en interdisant les liaisons par radio-modems.

Ordinateurs

Les différents ordinateurs utilisés à l'acquisition des mesures ADCP par les équipes étaient :

- des PC portables normaux
- des PC portables durcis
- des ordinateurs de poche (palms), notamment pour le déploiement des SP

Techniques pour traversée corde

Dans le cas des modes de déplacement autres que le pont et les catamarans radio-

commandés, une drisse a dû être mise en place en travers de la section. Des photos de différentes techniques utilisées, parmi celles listées ci-dessous, sont fournies en Annexe 4:

- recours aux bateaux motorisés VTH et CNR
- recours aux supports radiocommandés
- lance-pierre
- arbalète
- lancer de canne-à-pêche

La présence du pont a été utile pour permettre la traversée d'opérateurs en rive droite.

Logiciels

Différents logiciels propriétaires ont dû être utilisés pour l'acquisition et le dépouillement des mesures, en fonction des types d'ADCP. La liste ci-dessous détaille les différents logiciels utilisés:

- Teledyne RDI
 - **StreamPro** (utilisé en acquisition pour certains SP)
 - **Winriver1** (utilisé en acquisition)
 - **Winriver2** : tous les transects Teledyne RDI ont été rejoués pour le dépouillement centralisé avec la version 2.03 de Winriver2, comme version de référence
- SonTek
 - **RiverSurveyor** (version 4.60)
 - **StationaryMeasurements** (version 1.20), utilisé pour les jaugeages verticale par verticale
- LinkQuest
 - **Discharge** (certaines difficultés d'exploitation sont apparues)
- OTT-Qliner
 - **QReview** (utilisé pour les jaugeage verticale par verticale)

Pour l'organisation des régates, il est utile de recenser les logiciels utilisés, et de définir des versions de référence. Pour homogénéiser le dépouillement des mesures issues de capteurs Teledyne RDI, il serait en particulier utile d'imposer la dernière version de Winriver2 pour que chaque équipe rejoue les mesures avant collecte centralisée.

2.3. Logistique

Site

Le site de la Vézère au pont de Garavet (cf. Fig. 2) a été proposé par l'équipe d'accueil, la Division Technique Générale d'EDF à Brive. Il présente un certain nombre d'avantages qui ont facilité l'organisation des essais avec un grand nombre d'équipes :

- **accès** : en tant que zone de loisirs attenante à un camping, le site présente un accès facile et sûr à la berge gauche, une grande capacité de stationnement des véhicules, et des aménagements utiles (tables de pique-nique, etc.)
- **tronçon** rectiligne et accessible sur 200m de chaque côté, avec des sections régulières et quasi-identiques, et un écoulement stabilisé par un seuil situé en aval
- **barrage** : à travers le barrage du Saillant situé 4 km en amont, EDF a assuré un débit constant pendant les séries de mesure
- **pont** : le pont offre une vue générale sur les équipes (coordination), et facilite les traversées pour les opérateurs et les cordes
- **mise à l'eau** aménagée pour les bateaux
- **salle adjacente**, permettant des accès au réseau électrique (chargeurs), réunion, analyse temps réel, stockage matériel, refuge en cas d'intempéries
- **restaurant sur place** permettant de prendre rapidement ensemble le repas du midi, sur menu unique, sans déplacement en voiture, et à proximité du matériel

Durée

Les essais ont été effectués sur 3 jours, c'est-à-dire au moins une journée pleine et deux demi-journées. La première matinée permet de lancer les premières séries avec les équipes déjà sur place.

Constitution des séries

Cette première régates ADCP a montré l'importance de disposer d'un bureau d'inscription pour constitution des séries : l'objectif est de disposer d'une grille de départ répartissant au mieux les équipes de jaugeage sur les différents profils parallèles, pour chaque série de la journée.

Une première version de cette grille a pu être fixée à l'avance, à partir des informations recueillies sur les fiches d'inscription. Cependant, des évolutions surviennent inévitablement, jusqu'au départ de chaque série, en raison des contraintes techniques, en particulier les problèmes de modems radio, dans le cas

présent.

Sur la Vézère, la communication aux participants de la grille de départ initiale, et de ses évolutions en temps réel n'a pas été optimale. Plusieurs recommandations sont proposées pour gagner en efficacité :

- les conventions pour les identifiants des séries, des équipes (trigramme), des appareils (code, fréquence, mode) et pour les noms de fichier, doivent être définies et expliquées à tous les participants avant la régata
- pour gérer les évolutions de la grille de départ, plutôt que d'imprimer des versions sans cesse périmées et de diffuser les consignes équipe par équipe, mieux vaut un affichage extérieur sur tableau effaçable, où chacun peut consulter la version « officielle » en vigueur, à proximité du bureau.
- Ce tableau (ou un deuxième) peut également servir à afficher au fur et à mesure les résultats de jaugeage « à chaud », dès qu'ils sont fournis par les équipes. L'affichage par vidéo-projecteur n'était pas assez lisible à cause de la luminosité extérieure, et le paper-board n'est pas pratique (corrections permanentes).

Sécurité

Quel que soit le degré de sécurité du site de régata, il convient de s'assurer que chaque équipe respecte les règles de sécurité élémentaires, et que la conduite générale des essais ne fait pas courir de risques aux opérateurs et aux observateurs.

Les consignes suivantes ont été données (cf. Fiche d'inscription) et suivies, sauf exception:

- recensement des Sauveteurs Secouristes du Travail (SST) parmi les participants
- port du gilet de signalisation (chasuble), et notamment prudence aux abords de la route
- port du gilet de sauvetage pour les opérateurs dans l'eau et sur les embarcations
- présence d'au moins un bateau motorisé sur l'eau, par sécurité

Aucun incident n'a été recensé lors de ces essais.

3. Protocole

3.1. Aménagement des transects

Les mesures de débit ont été effectuées simultanément sur 11 sections parallèles espacées de 18 m en amont du pont, plus 1 section en aval du pont (déploiement depuis le pont), cf. vue aérienne du site Figure 2, et photo Figure 3.

Le matin du premier jour, les sections ont été matérialisées en rive gauche par des piquets portant sur une affichette le n° section et le type de déploiement prévu (pont, bateau, corde, catamaran radio-commandé). Autant que possible, il est recommandé de réaliser cette préparation des sections dès la veille, de manière que les équipes sachent tout de suite se positionner, à partir de la grille de départ.

De même, l'installation dès la veille d'une drisse simple sur chaque section (hormis le pont) aurait facilité la mise en place des équipes.

Lors des essais, l'évaluation et le marquage des distances aux bords ont été laissés à l'appréciation des différentes équipes de jaugeage. De manière à homogénéiser les résultats, les distances aux bords auraient pu être mesurées au préalable, et les repères correspondant indiqués sur les drisses.

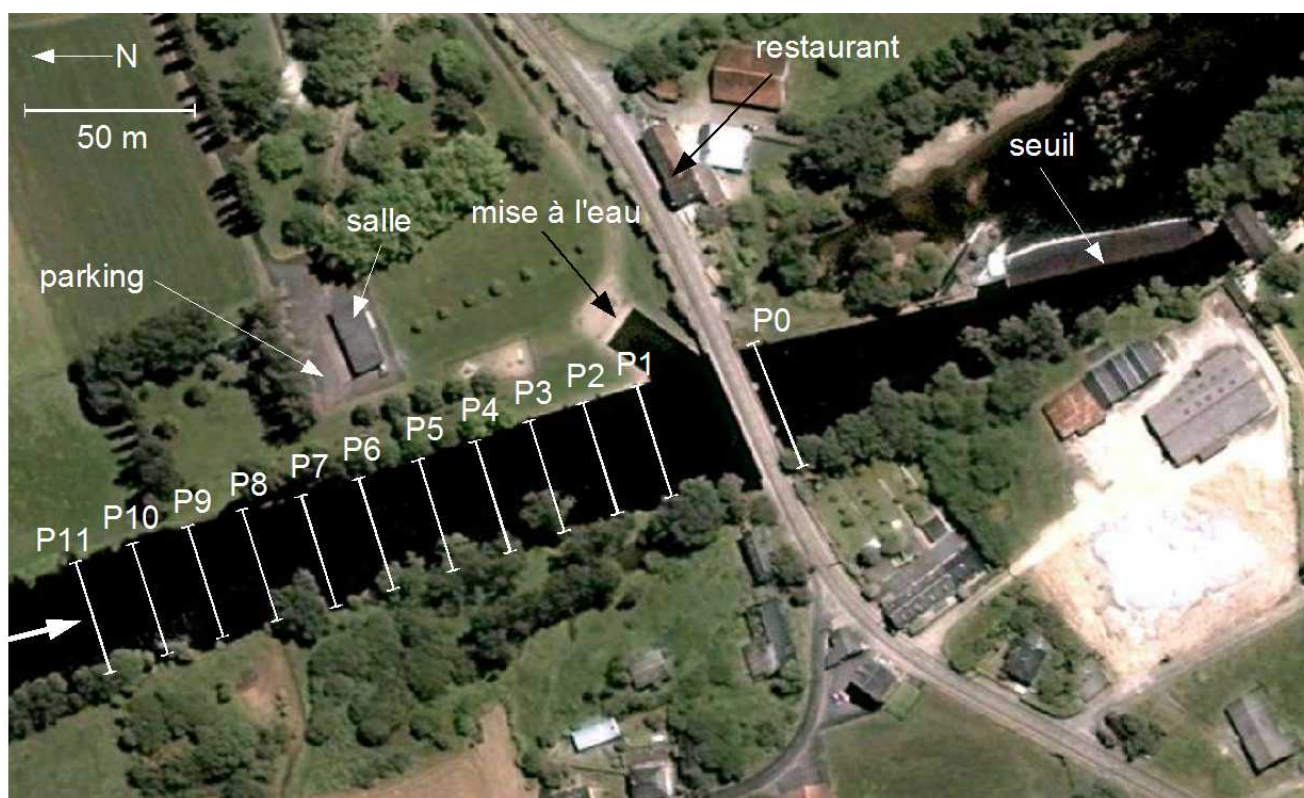


Figure 2: Vue aérienne de la Vézère au pont de Garavet (Google Earth)



Figure 3: Déploiement des ADCP sur les sections de mesure P1 à P11, vu depuis le pont vers l'amont

3.2. Débits de référence

Pour interpréter les résultats d'une régata ADCP, il est nécessaire de disposer d'une voire de plusieurs mesures de référence pour le débit. Les écarts des débits jaugés individuellement par chaque ADCP peuvent être calculés par rapport à différents types de mesures de débit considérées comme référence.

1er type : une station hydrométrique bien tarée. Ici nous disposons de la station hydrométrique du Saillant (EDF/SPC Dordogne, 950 km²), située environ 4 km en amont du site de régata (Figure 4), et dont la courbe de tarage est bien documentée (Figure 5). Pour les 10 jaugeages compris entre 20 et 40 m³/s, l'écart moyen à la courbe est +5,3%.

Le barrage du Saillant ayant assuré des débits constants sur les créneaux correspondant aux essais, il a été aisé de connaître le débit de référence à la station pour chaque essai.

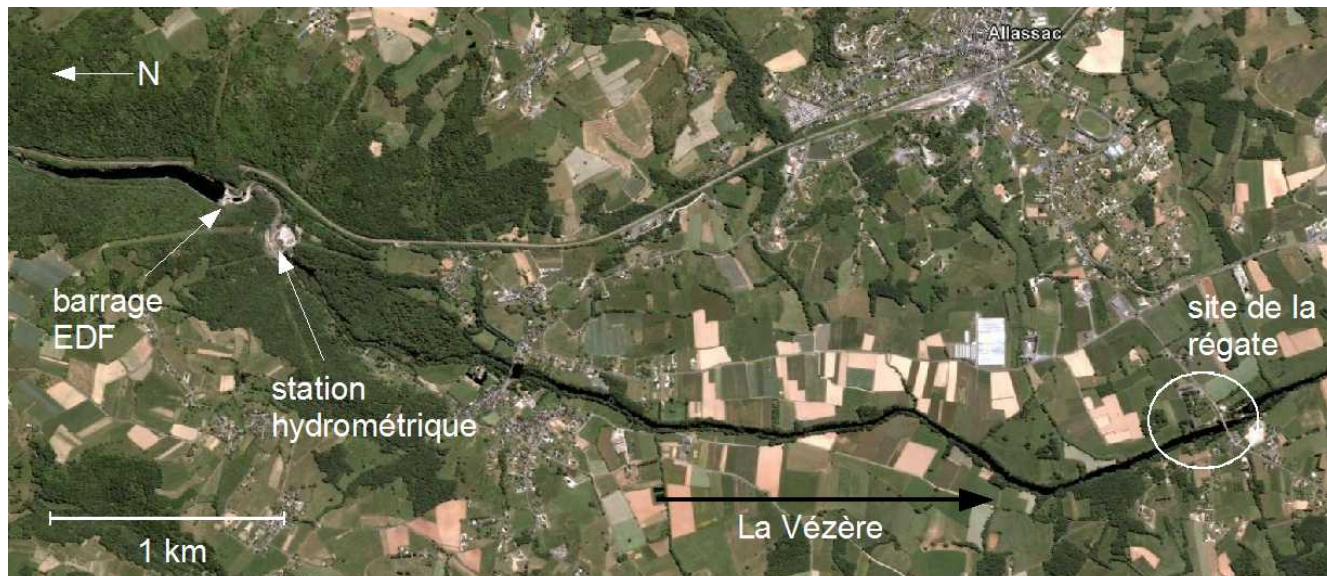


Figure 4: Vue aérienne de la Vézère à Allasac (Google Earth)

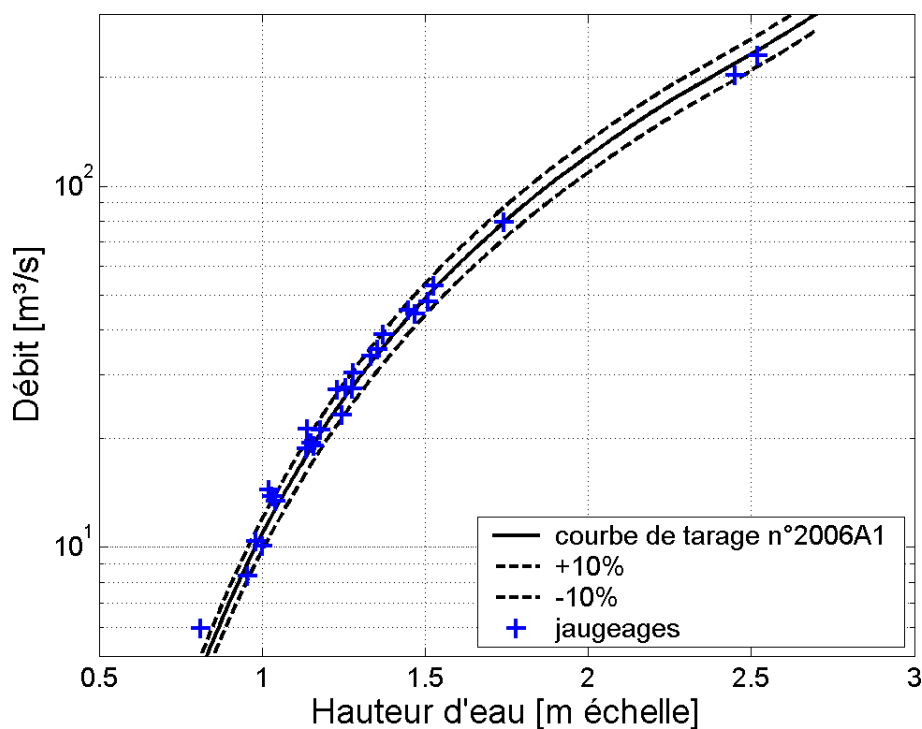


Figure 5: Courbe de tarage et jaugeages en vigueur à la station Le Saillant (Vézère, EDF-DTG/SPC Dordogne)

2ème type : des jaugeages suivant des méthodes indépendantes des profilers Doppler. Ici, le troisième jour, la DTG de Brive a pratiqué un jaugeage par dilution

chimique (cf. rapport de dépouillement et sortie graphique Figure 6), à l'aide d'un traceur conservatif (Rhodamine WT). Le jaugeage par dilution a été réalisé dans de bonnes conditions sur la Vézère (l'injection ponctuelle s'est faite au niveau de la station hydrométrique, assurant un bon mélange au pont de Garavet). Le débit ainsi obtenu par une méthode indépendante de l'exploration des vitesses, et a fortiori de la méthode par ADCP, est précieux, car il vient confirmer la justesse du débit issu de la courbe de tarage, elle-même établie essentiellement à l'aide d'un ADCP StreamPro. L'écart à la station est en effet insignifiant (+0,7%). Il aurait été utile de contrôler la courbe de tarage lors de chaque série, soit par dilution, soit par exploration des vitesses (moulinets, courantomètres EM, ADV), quitte à prévoir une équipe chargée uniquement de ces jaugeages indépendants.

Compte rendu du jaugeage par dilution :

2168	# station	
SAILLANT		Nom station
Global		Jaugeage
05-02-2009		Mesure et dépouillement fait le
1.275		Hauteur
Vézère		Cours d'eau
P. Vignon - G. SAYSSET		Operateurs de la mesure
27.7		Q bareme (m3/s)
P. Vignon - G. SAYSSET		Operateurs du depouillement
Globale		Méthode
RWT		Traceur
1.123		Masse volumique
0.026		Coefficient de temperature
1		Correction de T 0=non 1=oui
1		Dilution sol. intermédiaire
10.00000		dilution 1
4668.00000		dilution 2
918.50000		m (grammes)
817.89844		volume (ml)
6594		Temps de passage (s)
2.18437		Bruit de fond
0.00000		Ecart type
69.46651		Calibration ppb
0.00000		Ecart type
27.52934		Débit (m3/s)
0.00000		Ecart type
0.7		Ecart tarage %

Injection sortie usine à 8h 15mn en RD. Prélèvement amont immédiat pont GARAVET en RD. Distance environ 4kms.

* * *

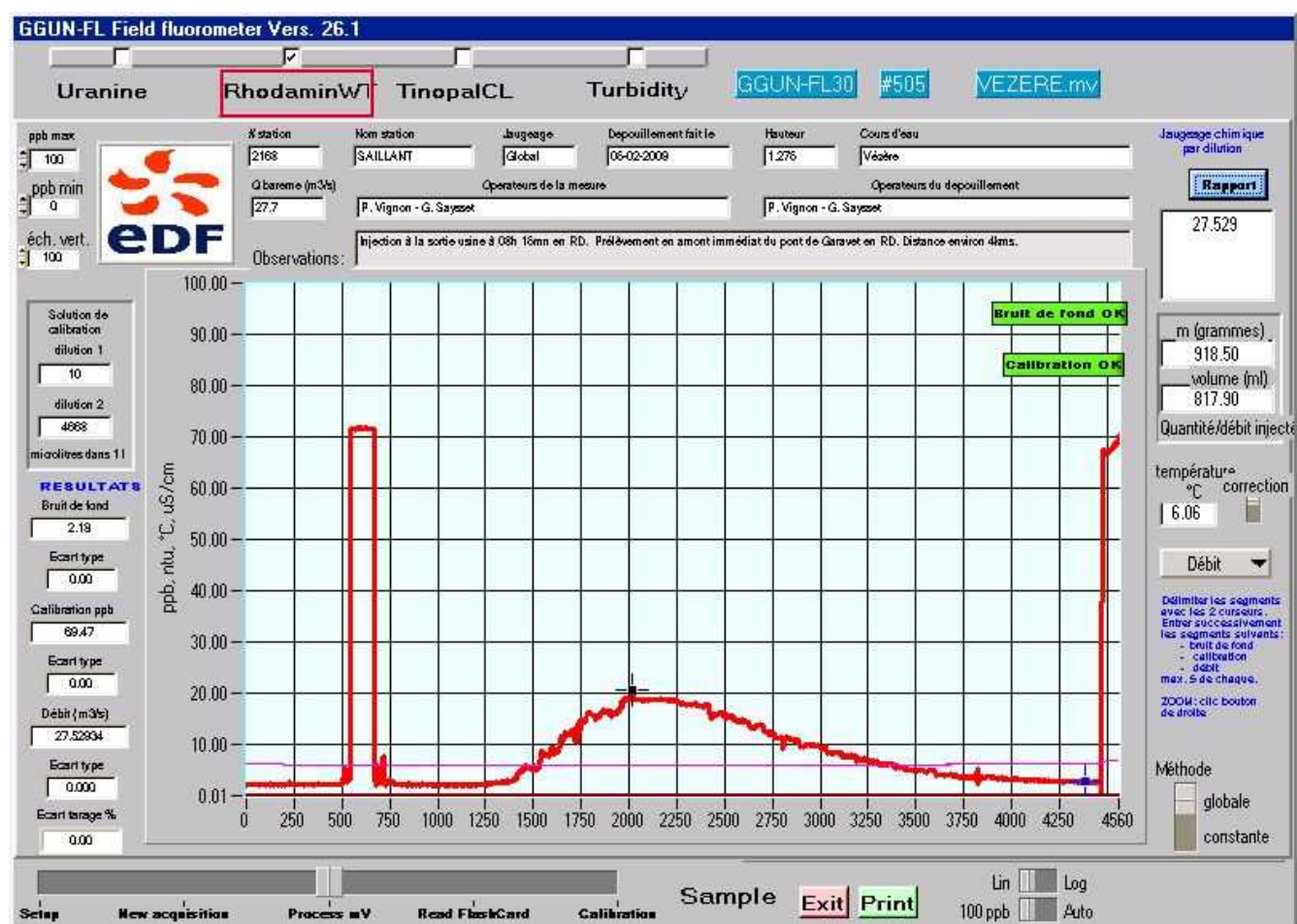


Figure 6: Sortie graphique et dépouillement du jaugeage par dilution

3ème type : la moyenne des débits ADCP sur l'ensemble des équipes de la série. L'écart à cette moyenne permet surtout d'identifier les individus déviants, en considérant qu'il est plus probable que les ADCP s'écartant systématiquement de la moyenne soient biaisés, plutôt que tous les autres. Les débits moyens par série sont à comparer aux références station et jaugeages indépendants, ce qui donne une image de la fiabilité moyenne d'un jaugeage par ADCP.

4ème type : un ADCP « de référence », déployé en continu sur la même section, pour toutes les séries, avec un paramétrage et un mode de déploiement constant. Ici, il s'agissait du RioGrande 1200 kHz « 2 » de la CNR, en mode WM1, taille de cellules 25 cm, déployé sur le profil P3 sur trimaran riverboat et drisse avec poulie (opérateurs CNR S. Françon, X. Martin). Cet appareil de référence, permet de tester la constance de la performance d'un ADCP en s'affranchissant de l'effet des changements de protocole imposés lors des séries successives. Il permet éventuellement de détecter une perturbation des conditions de mesure. Toutefois, cet ADCP de référence n'est pas a priori meilleur que les autres, et doit donc être

confronté aux autres mesures de référence.

3.3. Mesures complémentaires

Niveau d'eau

L'évolution du niveau d'eau au niveau de la section de référence P3 a été enregistrée par deux dispositifs constitués d'une échelle mobile et d'un limnimètre-enregistreur (Figure 7). Les chroniques de niveau et les contrôles visuels réguliers de l'échelle (Figure 8) sont à transmettre au bureau centralisateur, pour contrôle de l'évolution du débit, en lien avec l'évolution enregistrée à la station hydrométrique de référence.

En pratique, la redondance d'au moins 2 dispositifs de suivi du niveau est nécessaire pour s'assurer que les deux chroniques sont cohérentes, et qu'au moins une sera exploitable pour interpréter les résultats. Le pas de temps d'acquisition et la résolution verticale doivent être adaptés aux variations à suivre. Ici, la résolution du capteur EDF (1cm) était insuffisante pour suivre des variations de quelques cm (cf. Figure 8). La configuration du capteur CNR (1min, ~1mm) était mieux adaptée, une moyenne mobile sur 20 min permettant de lisser le signal brut (cf. Figure 8).

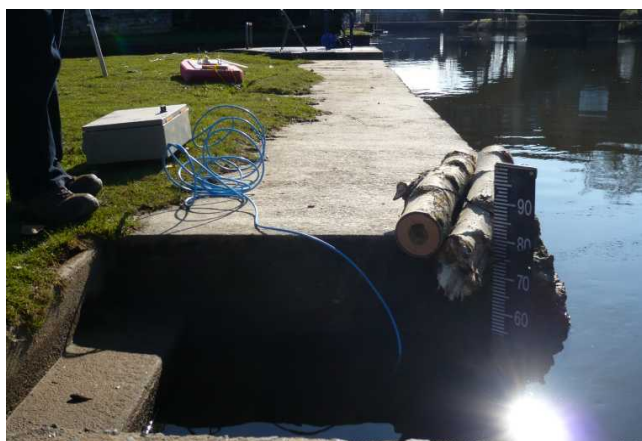


Figure 7: Limnimètre et échelle mobile EDF-DTG Brive

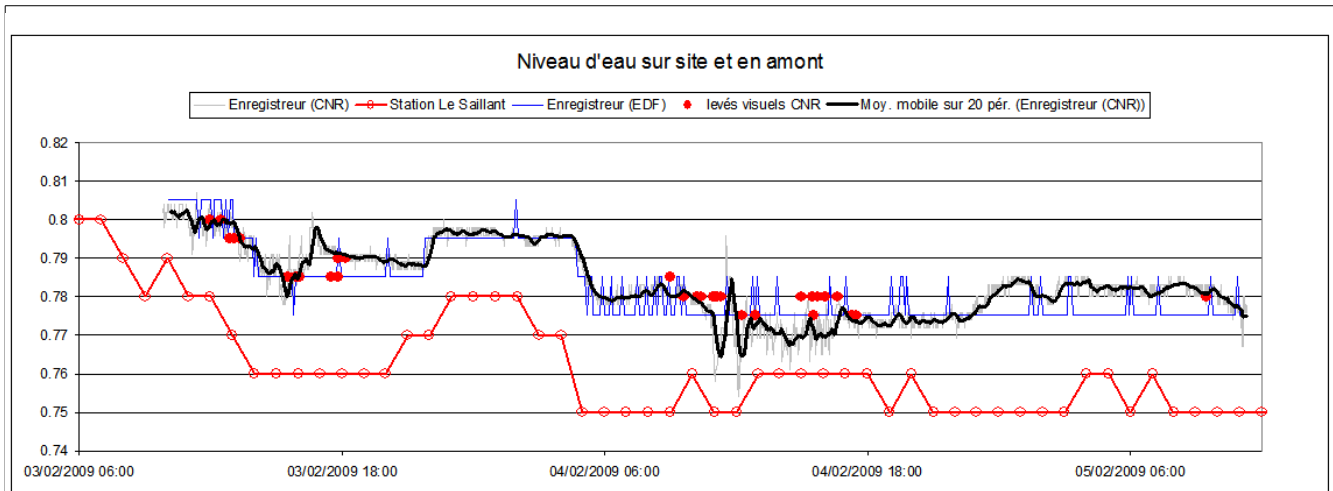


Figure 8: Enregistrements limnimétriques sur le site de la régate et à la station hydrométrique du Saillant (la cote à cette dernière étant décalée verticalement pour la clarté du graphique).

Température

Aucune mesure de température de référence indépendante des ADCP n'a été mise en place. Elle aurait été utile pour évaluer la justesse des thermomètres des ADCP, globalement en très bon accord entre eux sur chaque série.

Matières en suspension (MES)

Pour caractériser les matières en suspension (MES) rétrodiffusant le signal acoustique des ADCP, deux prélèvements de 2 litres chacun ont été effectués le 5 février à 14h45 au niveau de la section P3 en rive gauche en surface. Les analyses ont ensuite été effectuées par le Cemagref de Lyon.

La filtration des deux échantillons conformément aux normes en vigueur (ISO 11923, NF EN 872) fournit des concentrations de **3,8 mg/l** et **4,2 mg/l**. L'analyse granulométrique pratiquée à l'aide d'un granulomètre à diffraction laser (Malvern Mastersizer 2000) indique un diamètre médian des particules proche de **22 µm**.

3.4. Essais, séries, synchronisation des mesures

Un essai est constitué d'un ensemble de séries de mesure consécutives, permettant de tester l'ensemble des appareils participant à la régate, pour un protocole défini. Pour cette régate-ci, trois séries permettaient de tester l'ensemble des 37 ADCP en lice, en utilisant les possibilités des 12 profils, ou sections de mesure. Pour chaque série, 2 jeux de 6 traversées sont effectués successivement, avec départ synchrone pour chaque jeu de 6. Douze traversées sont un minimum pour la représentativité

statistique des résultats par série (dispersion des débits individuels).

Quatre essais ont pu être menés sur les quatre demi-journées pleines de la régata :

- **Essai VEZ1** - protocole libre, 2 jeux de 6 traversées avec départ synchro
- **Essai VEZ2** - paramétrage imposé (mode 12 pour les appareils RDI, cellules de 20 cm), 12 traversées synchronisées (6 lentes, 6 rapides)
- **Essai VEZ3** - paramétrage imposé (idem VEZ2), effectuer le maximum de traversées en 30 minutes, départ synchro
- **Essai VEZ4** - rattrapage de l'Essai 2 pour les équipes ayant rencontré des problèmes techniques (interférences modems radio en particulier)

Une fois le protocole de l'essai en cours expliqué à chaque équipe de jaugeage, la principale difficulté est liée à la transmission d'informations entre le synchronisateur (Gilles Pierrefeu ici) et les équipes. Le synchronisateur doit avoir une position visible de tous et d'où il embrasse l'ensemble des sections (le pont convenait ici). Il doit pouvoir communiquer avec plusieurs relais par talkie-walkie, en particulier avec un agent de liaison qui parcourt toutes les équipes, et relaie les consignes.

Le protocole le plus délicat à réaliser est celui de l'Essai VEZ2, où l'on recherche la synchronisation des mesures ADCP. Le déplacement des ADCP en travers de la section a été correctement synchronisé à l'aide d'un fanion tiré sur une drisse en travers de la section (Fig. 10). Le synchronisateur disposait d'un sifflet, mais un instrument plus puissant comme une corne de brume aurait été plus efficace pour attirer l'attention de tous les participants.

Pour synchroniser l'acquisition des mesures au départ des transects, 3 relais porte-drapeau (Fig. 9) ont été nécessaires pour indiquer au synchronisateur que le groupe d'équipes dont ils avaient la charge étaient prêts, en levant leur drapeau, selon le protocole suivant :

- **1er signal** du synchronisateur, les porte-drapeaux indiquent que tous les ADCP enregistrent (F5 – start transect)
- **2ème signal** du synchronisateur, les porte-drapeaux indiquent que le nombre d'ensembles valides au bord (10 ici) est atteint pour tous les ADCP
- **3ème signal** du synchronisateur, le fanion démarre le déplacement synchronisé de tous les ADCP

La communication entre le synchronisateur et l'équipe déployant depuis le pont pouvait se faire directement. Plutôt que des drapeaux, il aurait peut-être été plus pratique d'utiliser des cônes de chantier à placer en berge. La présence de nombreux gilets fluos en berge perturbe la visibilité des drapeaux par le synchronisateur. Plutôt que par le système du fanion sur drisse, très efficace sur petite section, il est possible de synchroniser les déplacements en se calant sur un ADCP

situé sur une section du milieu, ou sur le bateau amont dans le cas d'une régates sur grande section.



Figure 9: Adjoint porte-drapeau



Figure 10: Synchronisation des déplacements par fanion ("technique du lièvre")

3.5. Analyse des résultats en temps réel et après la régates

Une analyse même grossière des résultats en temps réel permet aux organisateurs et à l'ensemble des participants de contrôler la bonne marche des essais, de se positionner par rapports aux autres équipes et mesures de référence, et d'adapter les protocoles en fonction. Après chaque Essai, un debriefing permet de faire point avec l'ensemble des participants, et d'expliquer et discuter le protocole pour l'Essai suivant.

La méthode retenue pour ces essais était de faire remonter après chaque série les fichiers bruts au centralisateur (J. Le Coz) chargé de rejouer l'ensemble des données pour en extraire les résultats à chaud. La collecte des données brutes est effectuée par un représentant de chaque équipe de jaugeage (une clé vierge par équipe, avec étiquette).

Le bureau centralise également les photos et films produits par les équipes. Il est utile de désigner un photographe pour les photos de groupe et par équipe, voire de prévoir un camescope.

Un code est imposé pour le nom du répertoire (**VEZxxSyyPzz**) et des fichiers de mesure (**VEZxxSyyPzzTnnn**), avec xx le numéro de l'Essai, yy le numéro de la Série, zz le numéro

du Profil (ou section de mesure). Ce code a l'avantage de rendre homogène le classement des données, mais pour s'y retrouver, il faut avoir la version définitive de la grille de départ, avec la disposition réelle des équipes et capteurs sur les profils.

Ce protocole mérite d'être conservé car il assure que l'ensemble des données brutes sont réunies et classées de façon homogène pour les réanalyses ultérieures. Toutefois, il ne permet pas de fournir des résultats synthétiques suffisamment vite pour affichage après chaque série. Il est donc recommandé de faire réanalyser (playback) à chaud les mesures de la série par chaque équipe, qui peut ainsi fournir au centralisateur à la fois les données brutes et des résultats synthétiques (paramètres WM et WS, débits individuels, débit moyen, dispersion, température, observations : RAS, transects rejetés et pourquoi). A l'aide des tableaux de synthèse proposés par les logiciels propriétaires, ces résultats synthétiques peuvent être édités dans une feuille de tableur et sur une fiche papier à définir par les organisateurs. Le centralisateur peut alors aussitôt afficher ces résultats sur le tableau, en complétant avec le débit moyen série, la dispersion des débits sur la série, les écarts aux mesures de référence, etc.

Après la régata, chaque équipe est chargée de réanalyser le plus rapidement possible ses propres mesures, et de faire parvenir une courte note de synthèse aux organisateurs, en vue de l'établissement du rapport d'essais.

4. Résultats

Les résultats sont synthétisés ci-dessous dans 4 tableaux correspondants aux 4 essais. Les écarts et dispersions supérieurs à 5% sont indiqués en rouge. La dispersion est exprimée par le coefficient de variation, en %:

Dispersion = écart-type / moyenne (%)

Outre les débits jaugés par chaque équipe, le mode de mesure (WM RDI) et la taille de cellule (WS en cm) sont indiqués, ainsi que la température moyenne mesurée par l'ADCP, et le ratio $Q_{\text{mesuré}}/Q_{\text{total}}$ (en %).

Attention : pour les SP, la **commande WK** a souvent écrasé la commande WS20 et donné des tailles de cellules différentes de la consigne pour les essais 2,3 et 4, qui était 20 cm.

Groupe Doppler (ADCP)

REGATE 01 - Vézère au pont de Garavet, Allasac, Corrèze, 3-4-5 février 2009

Synchroniser les heures et minutes ordinateurs et ADCP sur horloge parlante (36 99)

Code nom de fichier: VEZ01S01P01T001r.000

avec numéros: essai, série, profil (section), traversée (transect)

Les débits sont exprimés en [m³/s]

Dispersion = Ecart-type / Moyenne (%)

ESSAI 1		Série 1							Série 2							Série 3									
Profils	Débit station	29,55	Q moyen	disp (%)	Qmesuré / Qtotal (%)	température (°C)	écart à Qstat (%)	écart à Qmoy (%)	28,44	Q moyen	disp (%)	Qmesuré / Qtotal (%)	température (°C)	écart à Qstat (%)	écart à Qmoy (%)	28,44	Q moyen	disp (%)	Qmesuré / Qtotal (%)	température (°C)	écart à Qstat (%)	écart à Qmoy (%)			
0	Pont																								
1	Bateau VTH	VTH-SP2400-713	WM12 WS17	30,28	1,9	77,8	6,0	2,5	-0,1	GAS-SP2400-571	WM12 WS20	28,49	2,0	77,5	6,6	0,2	-1,2	GRE-RG1200-x	WM1 WS50	27,56	2,6	49,7	6,2	-3,1	-4,2
2	Bateau CNR	CNR-BB1200-x	WM1 WS25	29,95	2,0	61,7	6,3	1,3	-1,2	VTH-RG600-2622	WM5 WS10	30,66	1,7	67,2	6,2	7,8	6,4	CNR-RG600-x	WM1 WS25	28,47	4,2	49,3	5,8	0,1	-1,0
3	Corde (riverboat) (référence)	CNR-RG1200-2	WM1 WS25	29,29	3,1	69,2	6,3	-0,9	-3,4	CEM-RG1200-3953	WM1 WS20	27,86	2,2	69,1	6,3	-2,0	-3,3	CNR-RG1200-2	WM1 WS25	28,56	2,6	69,3	6,0	0,4	-0,7
4	Cata	TLS-RG600-1186	WM11 WS10	30,22	3,1	68,2	6,1	2,3	-0,3	CNR-RG1200-2	WM1 WS25	28,07	2,1	69,6	6,1	-1,3	-2,6	NAN-RG1200-2299	WM12 WS10	28,51	2,1	74,3	6,0	0,2	-0,9
5	Corde	BRI-RG600-6275	WM5 WS20	33,22	6,8	69,6	6,3	12,4	9,6	NAN-SP2400-845 (0-2m)	WM12 WS20	25,79	2,5	76,0	6,1	-9,3	-10,5	GRE-SP2400-x	WM12 WS15	28,72	1,7	80,3	6,0	1,0	-0,2
6	Corde									AQU-SP2400-366	WM12 WS15	28,38	1,7	79,2	6,0	-0,2	-1,5	TRS-SP2400-X	WM12 WS15	28,77	1,5	80,6	6,2	1,2	0,0
7	Cata	LIM-ADP3000-M335		30,20	1,9	64,1		2,2	-0,4	ORL-RG1200-x	WM12 WS25	28,94	9,9	61,9	6,1	1,8	0,4	LYO-SP2400-162	WM12 WS15	26,19	3,0	80,3	5,4	-7,9	-9,0
8	Corde	AUV-SP2400-349	WM12 WS14	29,98	1,9	80,6	6,4	1,4	-1,1	MID-RG600-x	WM12 WS25	28,49	2,5	57,1	6,1	0,2	-1,2	AQU-SP2400-366	WM12 WS17	29,15	1,5	78,9	7,4	2,5	1,3
9	Corde	ATL-SP2400-777 (cata)	WM12 WS15	29,80	2,0	53,2	6,4	0,8	-1,7	ANG-SP2400-707 (0-2m)	WM12 WS10	28,97	2,3	78,2	6,2	1,8	0,5	MID-SP2400-821	WM12 WS15	28,83	1,8	82,9	5,4	1,4	0,2
10	Cata	BRE-RG1200-4234	WM12 WS5	29,39	7,3	78,4	6,2	-0,5	-3,1	ORL-SP2400-x	WM12 WS10	28,72	2,8	80,3	6,4	1,0	-0,3	ANG-RG1200-3601	WM11 WS25	31,84	5,2	50,3	6,0	12,0	10,7
11	Corde	DOR-RG1200-8850	WM5 WS15	30,89	3,2	81,6	6,2	4,5	1,9	ATL-FQ1000-x		31,22	6,4			9,8	8,3	AUV-RG1200-7056	WM11 WS5	29,87	2,7	74,6	5,9	5,0	3,8
										PRO-QL2000-227717		29,70	1,3			4,4	3,0								
Moyennes par série			30,32	3,3	70,5	6,2	2,6	0,0		28,82	3,0	72,5	6,4	1,3	0,0		28,77	2,6	70,0	6,0	1,2	0,0			
Dispersion			3,7%							4,6%							4,8%								
Ecart Q moy ADCP / Q station			2,6%							1,3%							1,2%								

Equipes (codes)

C. A. Coteaux de Gascogne	GAS	Diren Centre Le Puy	PUY	EDF-DTG Brive	BRI
Société du canal de Provence	PRO	Diren Centre Orléans	ORL	EDF-DTG Grenoble	GRE
Cemagref	CEM	Diren Centre Tours	TRS	EDF-DTG Toulouse	TLS
Compagnie Nationale du Rhône	CNR	Diren Limousin	LIM	SPC Dordogne	DOR
Diren Aquitaine	AQU	Diren Midi Pyrénées	MID	SPC Littoral Atlantique	ATL
Diren Auvergne	AUV	Diren PDL Angers	ANG	SPC Vienne Thouet	VTH
Diren Bretagne	BRE	Diren PDL Nantes	NAN		
		Diren RA Lyon	LYO		

Groupe Doppler (ADCP)

REGATE 01 - Vézère au pont de Garavet, Allasac, Corrèze, 3-4-5 février 2009

Synchroniser les heures et minutes ordinateurs et ADCP sur horloge parlante (36 99)

Code nom de fichier: VEZ01S01P01T001r.000

avec numéros. essai, série, profil (section), traversée (transect)

Les débits sont exprimés en [m³/s]

Dispersion = Ecart-type / Moyenne (%)

ESSAI 2		Série 1							Série 2							Série 3								
Profil		Q moyen	disp (%)	Qmesuré / Qtotal (%)	température (°C)	écart à Cstat (%)	écart à Cmoy (%)	Q moyen	disp (%)	Qmesuré / Qtotal (%)	température (°C)	écart à Cstat (%)	écart à Cmoy (%)	Q moyen	disp (%)	Qmesuré / Qtotal (%)	température (°C)	écart à Cstat (%)	écart à Cmoy (%)					
0	Pont	27,84						27,65						27,85										
1	Bateau VTH	WM12 WS24	27,59	3,0	72,1	4,5	-0,9	-0,7	GAS-SP2400-571	WM12 WS16	27,33	2,2	80,2	5,0	-1,1	-0,6	TLS-RG600-1186	WM12 WS24	29,36	2,0	54,5	5,0	5,4	4,3
2	Bateau CNR	VTH-SP2400-713	27,64	1,8	81,9	4,4	-0,7	-0,5	VTH-RG600-2622	WM12 WS20	27,40	3,2	49,5	4,7	-0,9	-0,4	GRE-RG1200-x	WM12 WS10	27,23	2,2	73,7	5,0	-2,2	-3,3
3	Corde (riverboat) (référence)	CNR-BB1200-x	27,86	3,3	65,4	4,8	0,1	0,3	CEM-RG1200-3953	WM12 WS20	27,37	3,3	71,2	4,9	-1,0	-0,5	CNR-RG600-x	WM12 WS20	27,99	3,1	45,1	4,9	0,5	-0,6
4	Cata	CNR-RG1200-2	27,31	3,6	70,8	5,1	-1,9	-1,7	CNR-RG1200-2	WM1 WS25	27,93	3,1	70,1	5,0	1,0	1,5	CNR-RG1200-2	WM1 WS25	27,62	2,0	70,2	5,1	-0,8	-1,9
5	Corde	BRI-SP2400-719 (0-2m)	27,60	2,8	77,7	4,4	-0,9	-0,7	LYO-SP2400-162	WM12 WS20	25,77	4,2	78,1	4,5	-8,8	-6,3	PUY-SP2400-376	WM12 WS20	27,83	2,5	77,9	5,3	-0,1	-1,2
6	Corde	WM12 WS20	27,60	2,8	77,7	4,4	-0,9	-0,7	BRI-RG600-6275	WM12 WS10	27,72	5,1	59,5	4,9	0,3	0,8	GRE-SP2400-x	WM12 WS19	28,23	2,1	79,3	5,3	1,4	0,3
7	Cata	CNR-SP2400-	27,99	3,1	78,5	5,9	0,5	0,7	AQU-SP2400-366	WM12 WS19	28,58	1,7	79,7	6,6	3,4	3,9	TRS-SP2400-x	WM12 WS20	28,08	2,2	79,4	5,5	0,8	-0,3
8	Corde	LIM-ADP3000-M335	28,41	2,9	66,8		2,0	2,2	ORL-RG1200-x	WM12 WS10	26,62	3,6	77,1	4,9	-3,7	-3,2	LYO-SP2400-808	WM12 WS10	28,02	1,9	79,0	5,4	0,6	-0,5
9	Corde	mobile WS20	28,41	2,9	66,8		2,0	2,2	MID-SP2400-821	WM12 WS20	26,78	9,8	79,3	5,0	-3,1	-2,6	ANG-SP2400-3601	WM12 WS25	28,48	1,9	64,5	5,1	2,3	1,2
10	Cata	AUV-SP2400-349	27,85	1,8	78,0	4,8	0,0	0,2	ANG-SP2400-707 (0-2m)	WM12 WS10	27,96	2,4	78,7	4,9	1,1	1,7	NAN-RG1200-2299	WM12 WS25	28,72	2,2	68,2	5,1	3,1	2,0
11	Corde	WM12 WS20	27,85	1,8	78,0	4,8	0,0	0,2	ORL-SP2400-x	WM12 WS20	27,71	1,4	78,3	5,1	0,2	0,7								
		BRE-RG1200-4234	27,61	3,6	59,0	5,0	-0,8	-0,6	PRO-QL2000-227717		28,90	0,4			4,5	5,1								
		WM12 WS25	27,61	3,6	59,0	5,0	-0,8	-0,6																
		ATL-SP2400-777	28,23	2,2	75,9	4,6	1,4	1,6																
		WM12 WS20	28,23	2,2	75,9	4,6	1,4	1,6																
		DOR-RG1200-8850	27,54	2,3	73,3	4,6	-1,1	-0,9																
		WM12 WS20	27,54	2,3	73,3	4,6	-1,1	-0,9																
Moyennes par série		27,78	2,8	72,7	4,8	-0,2	0,0	27,51	3,4	72,9	5,0	-0,5	0,0	28,15	2,2	69,2	5,2	1,1	0,0					
Dispersion		1,2%						3,1%						2,1%										
Ecart Q moy ADCP / Q station		-0,2%						-0,5%						1,1%										

Equipes (codes)

C. A. Coteaux de Gascogne	GAS	Diren Centre Le Puy	PUY	EDF-DTG Brive	BRI
Société du canal de Provence	PRO	Diren Centre Orléans	ORL	EDF-DTG Grenoble	GRE
Cemagref	CEM	Diren Centre Tours	TRS	EDF-DTG Toulouse	TLS
Compagnie Nationale du Rhône	CNR	Diren Limousin	LIM	SPC Dordogne	DOR
Diren Aquitaine	AQU	Diren Midi Pyrénées	MID	SPC Littoral Atlantique	ATL
Diren Auvergne	AUV	Diren PDL Angers	ANG	SPC Vienne Thouet	VTH
Diren Bretagne	BRE	Diren PDL Nantes	NAN		
		Diren RA Lyon	LYO		

Groupe Doppler (ADCP)

REGATE 01 - Vézère au pont de Garavet, Allasac, Corrèze, 3-4-5 février 2009

Synchroniser les heures et minutes ordinateurs et ADCP sur horloge parlante (36 99)

Code nom de fichier: VEZ01S01P01T001r.000

avec numéros: essai, série, profil (section), traversée (transect)

Les débits sont exprimés en [m³/s]

Dispersion = Ecart-type / Moyenne (%)

NB Série 2: les données ATL-FQ1000 ne sont pas prises en compte.

ESSAI 3		Série 1							Série 2							Série 3									
Profils	Débit station	27,90	Q moyen	disp (%)	Qmesuré / Qtotal (%)	température (°C)	écart à Qtotal (%)	écart à Qmoy (%)	27,90	Q moyen	disp (%)	Qmesuré / Qtotal (%)	température (°C)	écart à Qtotal (%)	écart à Qmoy (%)	27,87	Q moyen	disp (%)	Qmesuré / Qtotal (%)	température (°C)	écart à Qtotal (%)	écart à Qmoy (%)			
0	Pont	TLS-RG600-1186	WM12 WS20	27,33	2,4	58,5	5,3	-2,0	-2,9	GAS-SP2400-571	WM12 WS20	28,47	2,0	78,7	5,9	2,0	2,0	GRE-RG1200-x	WM12 WS10	27,73	3,8	73,5	6,0	-0,5	-1,3
1	Bateau VTH	VTH-SP2400-713	WM12 WS20	27,56	1,6	79,8	5,1	-1,2	-2,1	VTH-RG600-2622	WM1 WS50	27,82	8,6	43,3	5,7	-0,3	-0,3	CNR-RG600-x	WM12 WS20	28,74	5,7	44,9	5,0	3,1	2,2
2	Bateau CNR	CNR-BB1200-x	WM1 WS20	29,00	5,3	64,7	5,3	3,9	3,0	CEM-RG1200-3953	WM12 WS20	27,08	2,8	71,6	5,5	-3,0	-3,0	WM12 WS20	WM12 WS20	28,74	5,7	44,9	5,0	3,1	2,2
3	Corde (riverboat) (référence)	CNR-RG1200-2	WM1 WS25	27,35	1,6	70,4	5,3	-2,0	-2,8	CNR-RG1200-2	WM1 WS25	27,35	1,3	70,8	5,3	-2,0	-2,0	CNR-RG1200-2	WM1 WS25	27,65	3,6	70,6	5,3	-0,8	-1,6
4	Cata	WM1 WS25								LYO-SP2400-808	WM12 WS10	28,05	2,1	77,0	5,8	0,5	0,5	PUY-SP2400-376	WM12 WS20	28,03	2,5	77,8	5,5	0,6	-0,3
5	Corde	BRI-SP2400-719	WM12 WS20	27,90	2,3	78,1	5,5	0,0	-0,9	GRE-SP2400	WM12 WS20	28,12	2,1	79,5	5,6	0,8	0,7	WM12 WS20							
6	Corde	CNR-SP2400	WM12 WS20	28,51	2,6	79,4	7,3	2,2	1,3	AQU-SP2400-366	WM12 WS20	28,61	2,2	79,9	7,2	2,6	2,5	TRS-SP2400-x	WM12 WS20	28,30	1,9	79,6	6,3	1,6	0,7
7	Cata	LIM-ADP3000-M335	mobile WS20	29,32	4,0	67,8		5,1	4,2	ORL-RG1200-x	WM12 WS10	27,55	3,5	73,9	5,3	-1,2	-1,3	LYO-SP2400-162	WM12 WS20	25,81	4,8	77,8	5,9	-7,4	-8,2
8	Corde	AUV-SP2400-349	WM12 WS20	27,61	1,6	67,3	5,7	-1,0	-1,9	ANG-SP2400-707 (0-2m)	WM12 WS25	28,22	2,5	78,5	5,7	1,2	1,1	ANG-RG1200-3601	WM12 WS25	30,07	5,7	63,3	5,2	7,9	7,0
9	Corde	BRE-RG1200-4234	WM12 WS20	28,61	3,4	66,7	6,0	2,6	1,7	ORL-SP2400-x	WM12 WS20	28,65	2,2	78,2	5,9	2,7	2,7	MID-RG1200-821	WM12 WS20	28,64	1,9	80,4	5,9	2,8	1,9
10	Cata	ATL-SP2400-777 (cata)	WM12 WS20	28,48	1,8	73,9	6,0	2,1	1,2	ATL-FQ1000		38,6	22,0		38,5	38,4	NAN-RG1200-2299	WM12 WS20	28,18	3,1	69,6	5,3	1,1	0,2	
11	Corde	DOR-RG1200-8850	WM12 WS20	27,96	2,15	73,8	5,2	0,2	-0,7	PRO-QL2000-227717		27,10	0,3				AUV-RG1200-7056	WM12 WS20	27,97	4,7	62,0	5,4	0,3	-0,5	
Moyennes par série			28,15	2,6	71,0	5,7	0,9	0,0		27,91	2,7	73,1	5,8	0,0	0,0		28,11	3,8	70,0	5,6	0,9	0,0			
Dispersion			2,4%							2,1%							3,8%								
Ecart Q moy ADCP / Q station			0,9%							0,0%							0,9%								

Equipes (codes)

C. A. Coteaux de Gascogne	GAS	Diren Centre Le Puy	PUY	EDF-DTG Brive	BRI
Société du canal de Provence	PRO	Diren Centre Orléans	ORL	EDF-DTG Grenoble	GRE
Cemagref	CEM	Diren Centre Tours	TRS	EDF-DTG Toulouse	TLS
Compagnie Nationale du Rhône	CNR	Diren Limousin	LIM	SPC Dordogne	DOR
Diren Aquitaine	AQU	Diren Midi Pyrénées	MID	SPC Littoral Atlantique	ATL
Diren Auvergne	AUV	Diren PDL Angers	ANG	SPC Vienne Thouet	VTH
Diren Bretagne	BRE	Diren PDL Nantes	NAN		

Groupe Doppler (ADCP)

REGATE 01 - Vézère au pont de Garavet, Allasac, Corrèze, 3-4-5 février 2009

Synchroniser les heures et minutes ordinateurs et ADCP sur horloge parlante (36 99)

Code nom de fichier: VEZ01S01P01T001r.000

avec numéros: essai, série, profil (section), traversée (transect)

Les débits sont exprimés en [m³/s]

Dispersion = Ecart-type / Moyenne (%)

ESSAI 4		Série 1								Débit dilution	
Profils	Débit station	Q moyen	disp (%)	Qmesuré / Qtotal (%)	temp. (°C)	écart à Qstat (%)	écart à Qdil (%)	écart à Qmoy (%)			
0	Pont	27,75								27,53	
1	Bateau VTH										
2	Bateau CNR										
3	Corde (riverboat) (référence)										
4	Cata										
5	Corde										
6	Corde										
7	Cata										
8	Corde										
9	Corde										
10	Cata										
11	Corde										
Moyennes par série		27,46	3,6	67,0	5,5	-1,1	-0,3	0,0			
Dispersion		3,7%									
Ecart Q moy ADCP / Q station		-1,1%									
Ecart Q moy ADCP / Q dilution		-0,3%									

Equipes (codes)

C. A. Coteaux de Gascogne	GAS	Diren Centre Le Puy	PUY	EDF-DTG Brive	BRI
Société du canal de Provence	PRO	Diren Centre Orléans	ORL	EDF-DTG Grenoble	GRE
Cemagref	CEM	Diren Centre Tours	TRS	EDF-DTG Toulouse	TLS
Compagnie Nationale du Rhône	CNR	Diren Limousin	LIM	SPC Dordogne	DOR
Diren Aquitaine	AQU	Diren Midi Pyrénées	MID	SPC Littoral Atlantique	ATL
Diren Auvergne	AUV	Diren PDL Angers	ANG	SPC Vienne Thouet	VTH
Diren Bretagne	BRE	Diren PDL Nantes	NAN		
		Diren RA Lyon	LYO		

4.1. Débits moyens par série

Quel que soit l'Essai réalisé, la majorité des appareils fournissent des débits qui ne s'écartent pas à plus de 3% de la mesure de référence à la station hydrométrique du Saillant. Cela peut être considéré comme un excellent résultat en hydrométrie.

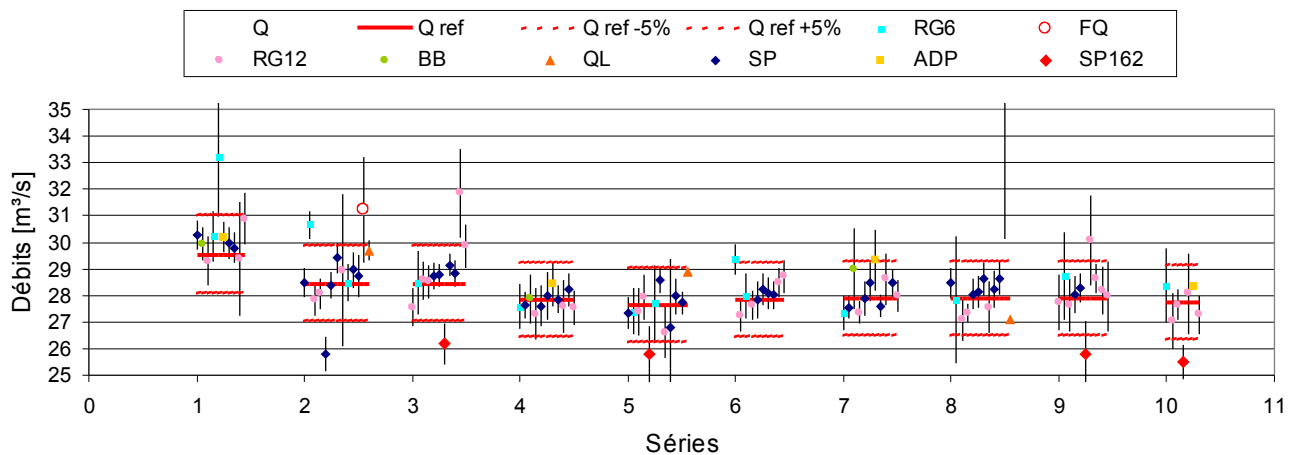


Figure 11: Débits moyens et dispersion pour chaque Profil et chaque Série

Les débits moyens par Série ou par Essai (Figure 11) présentent des écarts à la station de référence encore plus réduits : <2,6% (Essai1), <1,1% (Essai2), <0,9% (Essai2), <1,1% (Essai1). S'il semble logique que l'Essai 1 (protocole libre) présente des dispersions entre équipes et des écarts à la mesure de référence plus grands, il est en revanche surprenant que l'Essai 3 (déplacements très rapides) présente d'aussi bons résultats que les Essais 2 et 4, réalisés en déplacement synchronisé, lent et moyennement rapide. Il semblerait donc que le soin apporté au déplacement de l'ADCP ne soit pas prépondérant dans ce contexte précis, et dans les limites de rigueur que se sont eux-mêmes imposés les hydromètres.

Les mesures de température ADCP (appareils Teledyne RDI) sont très cohérentes entre elles. Sauf rares exceptions, elles concordent à $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pour chaque série, sauf sur le profil 6 (un peu plus exposé que les autres??), en particulier pour les essais 2 et 3 (journée ensoleillée). Toutefois, les écarts de température observés sont trop insignifiants pour expliquer les écarts de débits. En l'absence d'une mesure de température indépendante, il n'est pas possible de détecter un éventuel biais commun à tous les appareils.

Les cas problématiques (jaugeages présentant des écarts ou dispersions supérieurs à 5%) trouvent la plupart du temps une explication plausible, au vu du paramétrage et

des transects de données, en particulier:

- VEZ01S01P05 (BRI) et VEZ01S02P01 (VTH) : rien de spécial à signaler au vu des transects, hormis le choix du **mode WM5** qui pourrait donc être suspecté d'entraîner ici une surestimation des vitesses mesurées. Le premier jaugeage présente une assez forte dispersion (6,8%) mais pas le second (1,7%). Le troisième jaugeage réalisé en mode WM5, VEZ01S01P11 (DOR), donne des résultats corrects, quoique légèrement surestimés (+4,5%).
- VEZ01S01P10 (BRE) et VEZ01S03P10 (ANG) : des problèmes de communication par radio modems ont provoqué un grand nombre de cellules blanches (bad bins) et des données très bruitées. Le premier jaugeage montre une grande dispersion (7,3%) mais un écart station excellent (-0,5%), tandis que le deuxième montre une dispersion également grande (+5,2%) et un débit moyen nettement surestimé par rapport à la station (+12,0%).
- Le StreamPro 2400kHz n°162 de la Diren Rhône-Alpes est le seul appareil testé pour lequel un défaut a été mis en évidence sous la forme d'un biais systématique à la baisse : par rapport à la station du Saillant, -7,9%, -6,8%, -7,4%, -8,2%, sur les 4 Essais respectivement. Après contact du fournisseur (RDI Europe), il semblerait qu'il s'agisse d'un problème de firmware, à corriger, ou problème matériel de câble endommagé perturbant l'acquisition du signal...
- Les résultats du seul FlowQuest 1000 kHz (ATL) de la régates, médiocres en Essai 1 (VEZ01S02P10), et très mauvais en Essai 3 (VEZ03S02P10) ne doivent pas servir à tirer des conclusions hâtives sur la qualité de ce type de matériel. L'équipe a eu des problèmes pour le déploiement, en particulier liés au logiciel Discharge, et les résultats ont été fortement dégradés par les traversées rapides de l'Essai 3. Il sera important de tester à nouveau des ADCP FlowQuest lors des prochaines régates.
- VEZ03S03P08 (ANG) : traversées rapides avec des pertes de fond et des largeurs de section mesurées assez variables. Biais important (+7,9%) qui se réduit à +6,5% si l'on élimine les 3 traversées sur 17 s'écartant à plus de 5% du débit moyen jaugé.
- VEZ03S02P01 (VTH) : avec seulement 3 cellules par verticales, beaucoup de cellules blanches (bad bins) et des vitesses très bruitées, un ratio débit mesuré sur débit total très bas (43%), la dispersion des débits successifs est forte (8,6%) mais l'écart à la référence est quasi-nul (-0,3%).

Notons que les résultats individuels illustrent la différence entre justesse (ou exactitude) et fidélité (ou répétabilité), une faible dispersion des mesures successives n'impliquant pas nécessairement un débit moyen proche de la référence (cas du SP LYO162), et vice versa (cas du RG600 VTH 2622, Essai 3 Série 2 Profil 1).

4.2. Variabilité des transects individuels

L'analyse de la variabilité et de la convergence des débits individuels successifs vers le débit de référence moyen reste à faire, à partir des données accumulées lors de cet essai d'intercomparaison.

Comme le montrent Oberg et Mueller (2007), et Rehmann et al. (2009), les incertitudes associées à des effets aléatoires décroissent en fonction du temps de mesure (ou de façon équivalente du nombre de mesures élémentaires ou pings), plutôt qu'en fonction du nombre de transects.

Pour un appareil, une fréquence et un mode donnés, il est en théorie possible de mettre en évidence cette convergence fonction de la durée de mesure à partir des traversées lentes et rapides des Essais 2/4 et 3. Cependant, en pratique dans le cas ici considéré, les effets aléatoires sont très faibles, et sans doute faibles devant les effets systématiques, ce qui rend incertaine la mise en évidence de cette convergence.

Enfin, les incertitudes associées aux extrapolations de débit aux bords et en haut/bas de section mériteraient d'être étudiées à travers une analyse des ratio débit total/débit mesuré, ainsi que de la variabilité des distances totales, et des débits extrapolés.

4.3. Cas particulier du QLiner OTT (PRO)

L'appareil spécifique (QLiner OTT 2000 kHz, code PRO-QL2000-227717), déployé par l'équipe de la Société du Canal de Provence, ne permettait pas de s'intégrer dans le protocole général des essais. Seul le jaugeage verticale par verticale est possible avec cet appareil qui n'offre pas de suivi de fond (bottom-track). Cette équipe en a profité pour réaliser des tests de sensibilité des paramètres de jaugeage et de dépouillement, y compris en conditions volontairement dégradées. Les résultats de ces tests sont présentés sur le tableau de la Fig. 12, avec les différentes configurations de mesure, et selon 3 protocoles de dépouillement:

- logiciel Qreview avec la mesure du faisceau 3
- logiciel Qreview sans la mesure du faisceau 3
- logiciel Barème (après export Qreview)

	n° jaugeage	Paramètres de jaugeages	Résultats des différents dépouillements (m3/s) *		écart à moy dépouil	écart / Q station	écart / Q moyen des 11 équipes
Essai 1 Q station 28,44 m3/s Q moyen des 11 équipes**** 28,86 m3/s	Jaugeage n°1	Espacement des verticales : 5m Nombre de verticales : 8 Temps de comptage : 30s Taille des cellules : 0.2m	Qreview** avec faisceau 3:	30,4	2,1%	6,9%	5,3%
			Qreview** sans faisceau 3:	29,8	0,1%	4,8%	3,3%
			Barème***:	29,1	-2,2%	2,3%	0,8%
	Jaugeage n°2	Espacement des verticales : 1m Nombre de verticales : 37 Temps de comptage : 30s Taille des cellules : 0.2m	Qreview** avec faisceau 3:	30,6	3,0%	7,6%	6,0%
			Qreview** sans faisceau 3:	29,6	-0,3%	4,1%	2,6%
			Barème***:	28,9	-2,7%	1,6%	0,1%
Essai 2 Q station 27,65 m3/s Q moyen des 11 équipes**** 27,56 m3/s	Jaugeage n°3	Espacement des verticales : 3m et 1 ou 2m au bord Nombre de verticales : 16 Temps de comptage : 30s Taille des cellules : 0.2m	Qreview** avec faisceau 3:	29,4	2,7%	6,3%	6,7%
			Qreview** sans faisceau 3:	28,9	0,9%	4,5%	4,9%
			Barème***:	27,6	-3,6%	-0,2%	0,1%
	Jaugeage n°4 (réglage dégradé)	Espacement des verticales : 3m Nombre de verticales : 13 Temps de comptage : 10s Taille des cellules : 0.3m	Qreview** avec faisceau 3:	29,8	1,9%	7,8%	8,1%
			Qreview** sans faisceau 3:	29,3	0,2%	6,0%	6,3%
			Barème***:	28,6	-2,2%	3,4%	3,8%
Essai 3 Q station 27,9 m3/s Q moyen des 11 équipes**** 27,95 m3/s	Jaugeage n°5	Espacement des verticales : variable entre 2 et 10m Nombre de verticales : 6 (positions : 1m, 3m, 13m, 22m, 32m, 36m) Temps de comptage : 30s Taille des cellules : 0.3m	Qreview** avec faisceau 3:	27,3	1,7%	-2,2%	-2,3%
			Qreview** sans faisceau 3:	27,1	1,0%	-2,9%	-3,0%
			Barème***:	26,1	-2,7%	-6,5%	-6,6%

en rouge : écarts > 5%

* tous les dépouillements sont effectués à partir des mesures des cellules situées à moins de 90 % de la profondeur (au lieu de 80 % par défaut)

** tous les dépouillement par Qreview sont effectués avec les paramètres :

Powerlaw = 6 (exposant de la fonction puissance utilisée pour représenter le profil vertical des vitesses)

Utilisation des cellules situées à moins de 90% de la profondeur (au lieu de 80 % par défaut)

*** les dépouillements par le logiciel Barème de la DIREN sont effectués avec les paramètres :

Coefficients de fond = 0.7

Coefficient de bord = 0.7

**** Moyenne des débits des 11 équipes de la série tirée du rapport provisoire du groupe Doppler daté du 6 février.

Les résultats à prendre en compte sont surlignés en jaune : dépouillement par Qreview SANS faisceau 3

Les autres résultats sont des tests de sensibilité :

dépouillement par Qreview AVEC faisceau 3 (choix par défaut) rarement pertinent,

dépouillement par Barème d'après l'export expérimental de Qreview version 2.060.0

Jaugeage n° 4 en réglage dégradé (temps de comptage de 10s insuffisant pour moyenner correctement les tirs du Qliner)

Figure 12: Résultats des jaugeages au Qliner (équipe PRO)

Les résultats finaux à prendre en compte dans le cadre de la régates sont surlignés en jaune dans le tableau. Ils correspondent à des configurations de mesure non dégradées, et un dépouillement Qreview sans faisceau 3. En effet, l'expérience de la SCP (plusieurs centaines de jaugeages par an) a montré que l'utilisation (par défaut) des données du faisceau 3 dans le dépouillement n'est généralement pas pertinente. De plus pour l'essai 3, il n'est pas pertinent de moyenner le 1er jaugeage avec le 2ème qui était effectué volontairement en réglage dégradé à titre de test (temps de comptage, ou d'exposition, de 10s au lieu de 30s).

Les débits validés (en jaune) pour les bonnes conditions d'application sont en bon accord (moins de 5%) avec les débits de référence. Les tests de sensibilité sont

cependant concluants, car en conditions dégradées (temps de comptage ou nombre de verticales volontairement réduits), l'écart aux débits de référence n'augmente que de quelques pourcents (moins de 8% dans l'ensemble).

4.4. Influence de la fréquence, du mode de mesure, et du paramétrage

Une analyse rapide des résultats met en évidence l'influence fréquence de la fréquence de l'appareil sur la performance, comme illustré par le Tableau ci-dessous. Une fréquence croissante s'accompagne de dispersions des mesures successives plus faibles, de ratios $Q_{\text{mesuré}} / Q_{\text{total}}$ sensiblement meilleurs, et de débits moyens plus proches du débit de référence (station du Saillant).

modèle ADCP	fréquence [kHz]	nombre de jaugeages	dispersion moyenne	ratio $Q_{\text{mesuré}} / Q_{\text{total}}$ moyen	écart moyen au débit station
RG	600	12	4.0 %	57.8 %	+2.3 %
RG/BB	1200	40	3.3 %	68.8 %	+0.5 %
SP	2400	44	2.4 %	78.0 %	-0.2 %

Une analyse rapide de l'influence du mode de mesure et du paramétrage (taille des cellules) ne met pas de tendance claire en évidence. A approfondir.

4.5. Influence du déploiement

En perspective, l'influence du support, du mode de traction, et de la vitesse de déplacement pourra également être étudiée ultérieurement.

En particulier, il sera intéressant de quantifier l'effet d'un éventuel biais directionnel (écarts de débit individuels selon la rive de départ, rive droite / rive gauche), ou encore de la régularité de la trajectoire et de la vitesse de déplacement.

5. Conclusions et perspectives

Les conclusions générales sont qu'en moyenne tous les débits obtenus sont en très bon accord entre eux (écarts de 5% ou moins). Des écarts ponctuels plus importants, jusqu'à 10% (ce qui reste assez acceptable), ont été observés, et leur cause sera analysée pour savoir s'il s'agit d'appareils biaisés (défectueux) ou d'erreurs dues à un paramétrage ou à un protocole inadaptés. Ces très bons résultats sont à replacer dans le contexte de mesure très favorable (site, régime hydraulique constant, météo radieuse!), et ne doivent pas être extrapolés à tout jaugeage ADCP.

Cette première régata ADCP inter-organisme française a été appréciée par

l'ensemble des participants, qui ont pu également bénéficier d'échanges techniques avec d'autres hydromètres parfois éloignés géographiquement, dans une ambiance très conviviale. Le Groupe Doppler envisage de réitérer ce type d'essais, sur d'autres types de cours d'eau, en site moins favorable (moins profond, vitesses très faibles ou au contraire écoulement plus turbulent et surface libre agitée), ou sur des sections plus grandes comme le Rhône par exemple (déploiement par bateau à moteur). Il est également utile d'organiser des « mini-régates » ou des tests de sensibilité (aux paramètres, au déploiement, etc.) en local au sein des services d'hydrométrie. Il serait intéressant alors d'inclure au moins un appareil testé en régates élargie.

6. Références

Everard, N. (2007) ADCP Regatta River Severn at Bewdley 21st August 2007 UK Environment Agency, rapport technique, 12 p.

Iredale, R. (2006) A proposed method of assessing the comparative performance of ADCP's. Results from the Environment Agency "ADCP Regatta", River Severn, Bewdley, conférence RDI "ADCPs in Action", Cannes, France.

Oberg, K. A., Mueller, D. S. (2007) Validation of streamflow measurements made with Acoustic Doppler Current Profilers, *Journal of Hydraulic Engineering*, 133(12), 1421-1432.

Rehmann, C. R., Mueller, D. S., Oberg, K. A. (2010) Sampling requirements for discharge measurements with ADCPs, in: 33rd IAHR Congress, August 9-14, 2009, Vancouver, Canada.