

**Groupe Doppler Hydrométrie
Intercomparaison ADCP 4**

**Intercomparaison ADCP/SVR
sur le Rhône à l'aval du barrage de Génissiat
25-28 septembre 2012**

Version du 15 avril 2015

Rédacteurs : Karine Pobanz (CNR), Jérôme Le Coz (Irstea), Alexandre Hauet (EDF), Fabien Thollet (Irstea), Yoan Longefay (DREAL Rhône-Alpes), Gilles Pierrefeu (CNR).



Le Rhône au pont de Pyrimont le 26/09/2012 – Briefing avant départ et embarcations

Table des matières

Résumé.....	6
Abstract	7
1. Introduction.....	8
2. Organisation	11
2.1. Participants – ADCP	11
2.2. Profileurs ADCP	12
2.3. Logistique	12
2.3.1. Sites	12
2.3.2. Planning.....	13
2.3.3. Gestion des embarcations.....	14
2.3.4. Sécurité.....	14
2. Protocole	16
3.1. Aménagement des transects.....	16
3.2. Débits de référence	18
3.3. Paliers de débit – séries de mesure.....	19
3.4. Déroulement des mesures	19
3.5. Réglage du matériel.....	20
3.6. Fiches de terrain et dépouillement à chaud.....	20
4. Condition de mesures lors des essais et comparaison des débits	22
4.1. Paliers de débit.....	22
4.2. Séries de mesure	22
4.3. Dispersion.....	26
5. Comparaison avec les débits « de référence ».....	28
5.1. Comparaison avec les débits des stations de Bognes (CNR, PK 160.625) et de Surjoux (DREAL RA, PK 158.575)	28
5.1.1. Le Rhône à Bognes	28
5.1.2. Le Rhône à Surjoux	28
5.1.3. Synthèse des écarts.....	28
5.2. Comparaison avec les débits US en conduite (usine de Génissiat).....	29
6. Estimation de l'incertitude de mesure de la méthode ADCP par comparaison interlaboratoire .	31
6.1. Méthode d'analyse.....	31

6.2. Examen des données.....	31
6.3. Résultats	32
6.4. Synthèse des résultats.....	37
Annexe 1 : composition et répartition des participants.....	39
Annexe 2 : fiche terrain fournie aux participants.....	40

Liste des Figures

FIGURE 1. VUE AERIENNE DES POSITIONS DES PROFILS DE GE A L'AVAL DU BARRAGE DE GENISSIAT	16
FIGURE 2. VUE AERIENNE DES POSITIONS DES PROFILS DE BO AMONT, ENVIRON 1,5 KM A L'AVAL DU BARRAGE DE GENISSIAT	17
FIGURE 3. VUE AERIENNE DES POSITIONS DES PROFILS DE BO AVAL, ENVIRON 1,5 KM A L'AVAL DU BARRAGE DE GENISSIAT	17
FIGURE 4. VUE AERIENNE DES POSITIONS DES PROFILS DE PY, ENVIRON 3,5 KM A L'AVAL DU BARRAGE DE GENISSIAT	18
FIGURE 5. Q1 - DEBITS MOYENS ADCP ET US CONDUITE	23
FIGURE 6. Q2 - DEBITS MOYENS ADCP ET US CONDUITE	24
FIGURE 7. Q3 - DEBITS MOYENS ADCP ET US CONDUITE	24
FIGURE 8. Q4 - DEBITS MOYENS ADCP ET US CONDUITE	25
FIGURE 9. Q5 - DEBITS MOYENS ADCP ET US CONDUITE	25
FIGURE 10. DISPERSION DES MESURES ADCP – SITE DE GENISSIAT GE.....	26
FIGURE 11. DISPERSION DES MESURES ADCP – SITE DE BOGNES BO	26
FIGURE 12. DISPERSION DES MESURES ADCP – SITE DE PYRIMONT PY.....	27
FIGURE 13. CAPTEURS US, CONDUITE DE L'USINE DE GENISSIAT.....	29
FIGURE 14. SERIE S05 - INCERTITUDES SUR LA MESURE DE DEBIT ISSUE DE LA MOYENNE DE <i>N</i> TRANSECTS ET <i>P</i> ADCP, EN CONSIDERANT UN BIAIS SUR LA METHODE ADCP DE 1,25 % EN INCERTITUDE-TYPE (SOIT $\pm 2,5$ % EN INCERTITUDE ELARGIE). <u>TOUS SITES DE JAUGEAGE CONFONDUS.</u>	35

Liste des tableaux

TABLEAU 1. TYPES D'ADCP DEPLOYES POUR L'INTERCOMPARAISON GENISSIAT 2012	12
TABLEAU 2. PLANNING PREVISIONNEL DES DEBITS DES 26 ET 27 SEPTEMBRE 2012.....	19
TABLEAU 3. HYDROGRAMME DES 26 ET 27 SEPTEMBRE 2012	22
TABLEAU 4. SYNTHESE DES ECARTS ENTRE LES MESURES ADCP ET LES STATIONS DE BOGNES (CNR) ET SURJOUX (DREAL)	28
TABLEAU 5. ECART ENTRE LE DEBIT MOYEN ADCP ET LE DEBIT US EN CONDUITE	29
TABLEAU 6. RESULTATS DE L'ANALYSE INTERLABORATOIRE ADCP GENISSIAT 2012 EN TERMES DE REPETABILITE ET DE VARIABILITE INTERLABORATOIRE (ECART-TYPES SR ET s_L), ET D'INCERTITUDE ELARGIE AU NIVEAU DE CONFIANCE 95 % POUR LA MESURE DE DEBIT ISSUE D'UN TRANSECT ADCP, OU DE LA MOYENNE DE 6 TRANSECTS ADCP. TOUS SITES DE JAUGEAGE CONFONDUS.	32
TABLEAU 7. RESULTATS DE L'ANALYSE INTERLABORATOIRE ADCP GENISSIAT 2012 EN TERMES DE REPETABILITE ET DE VARIABILITE INTERLABORATOIRE (ECART-TYPES SR ET s_L), ET D'INCERTITUDE ELARGIE AU NIVEAU DE CONFIANCE 95 % POUR LA MESURE DE DEBIT ISSUE D'UN TRANSECT ADCP, OU DE LA MOYENNE DE 6 TRANSECTS ADCP. SITES DE JAUGEAGE « AMONT » GE, PROFILS 10-20.	33
TABLEAU 8. RESULTATS DE L'ANALYSE INTERLABORATOIRE ADCP GENISSIAT 2012 EN TERMES DE REPETABILITE ET DE VARIABILITE INTERLABORATOIRE (ECART-TYPES SR ET s_L), ET D'INCERTITUDE ELARGIE AU NIVEAU DE CONFIANCE 95 % POUR LA MESURE DE DEBIT ISSUE D'UN TRANSECT ADCP, OU DE LA MOYENNE DE 6 TRANSECTS ADCP. SITES DE JAUGEAGE « AVAL » BO+PY, PROFILS 30-40-50.	34
TABLEAU 9. RESULTATS DE L'ANALYSE INTERLABORATOIRE ADCP GENISSIAT 2012 EN TERMES DE REPETABILITE ET DE VARIABILITE INTERLABORATOIRE (ECART-TYPES SR ET s_L), ET D'INCERTITUDE ELARGIE AU NIVEAU DE CONFIANCE 95 % POUR LA MESURE DE DEBIT ISSUE D'UN TRANSECT ADCP, OU DE LA MOYENNE DE 6 TRANSECTS ADCP. SITES DE JAUGEAGE « INTERMEDIAIRE » BO, PROFILS 30-40.	36
TABLEAU 10. RESULTATS DE L'ANALYSE INTERLABORATOIRE ADCP GENISSIAT 2012 EN TERMES DE REPETABILITE ET DE VARIABILITE INTERLABORATOIRE (ECART-TYPES SR ET s_L), ET D'INCERTITUDE ELARGIE AU NIVEAU DE CONFIANCE 95 % POUR LA MESURE DE DEBIT ISSUE D'UN TRANSECT ADCP, OU DE LA MOYENNE DE 6 TRANSECTS ADCP. SITES DE JAUGEAGE « PONT » PY, PROFILS 50.....	36
TABLEAU 11. RESULTATS DE L'ANALYSE INTERLABORATOIRE ADCP GENISSIAT 2012 EN TERMES DE REPETABILITE ET DE VARIABILITE INTERLABORATOIRE (ECART-TYPES SR ET s_L), ET D'INCERTITUDE ELARGIE AU NIVEAU DE CONFIANCE 95 % POUR LA MESURE DE DEBIT ISSUE D'UN TRANSECT ADCP, OU DE LA MOYENNE DE 6 TRANSECTS ADCP. SITE DE JAUGEAGE GE_1, PROFILS 10.	37
TABLEAU 12. RESULTATS DE L'ANALYSE INTERLABORATOIRE ADCP GENISSIAT 2012 EN TERMES DE REPETABILITE ET DE VARIABILITE INTERLABORATOIRE (ECART-TYPES SR ET s_L), ET D'INCERTITUDE ELARGIE AU NIVEAU DE CONFIANCE 95 % POUR LA MESURE DE DEBIT ISSUE D'UN TRANSECT ADCP, OU DE LA MOYENNE DE 6 TRANSECTS ADCP. SITE DE JAUGEAGE GE_2, PROFILS 20	37
TABLEAU 13. RESULTATS DE L'ANALYSE INTERLABORATOIRE ADCP GENISSIAT 2012 PAR SITE DE MESURE, EN MOYENNE SUR LES 5 ESSAIS. LE SYMBOLE \pm INDIQUE QU'IL S'AGIT D'UNE INCERTITUDE ELARGIE AU NIVEAU DE CONFIANCE 95 %, LES AUTRES POURCENTAGES ETANT LES ECARTS-TYPES DE REPETABILITE ET DE VARIABILITE INTERLABORATOIRE (SR ET s_L). r EST LE RATIO REPRODUCTIBILITE SUR REPETABILITE, A_r ET A_R SONT LES INCERTITUDES D'ESTIMATION DE LA REPETABILITE ET DE LA REPRODUCTIBILITE, RESPECTIVEMENT (VOIR ISO 5725-1 POUR LES FORMULES LES EXPRIMANT EN FONCTION DE r , DU NOMBRE D'ADCP ET DU NOMBRE DE TRANSECTS REPETES).	37

Résumé

Le Groupe Doppler Hydrométrie, un groupe technique francophone en hydrométrie, a organisé une nouvelle intercomparaison de jaugeage sur le Rhône à l'aval du barrage de Génissiat du 25 au 28 septembre 2012. Ces essais interlaboratoire ont porté non seulement sur des profileurs acoustiques à effet Doppler (ADCP) mais aussi sur des vélocimètres radar portables SVR. Ils ont permis de mesurer 6 paliers de débit constant (environ 230 m³/s, 330 m³/s, 430 m³/s, 450 m³/s et 550 m³/s), avec une mesure de référence indépendante fournie par un système acoustique à temps de transit installé dans les conduites de l'usine hydro-électrique. L'intercomparaison ADCP a permis de comparer les débits mesurés par 37 ADCP embarqués sur 19 embarcations, soit 6 modèles d'ADCP commercialisés par 2 constructeurs concurrents et émettant des ultrasons à des fréquences comprises entre 600 et 3000 kHz selon les appareils. Ces appareils ont été déployés sur 3 sites présentant des caractéristiques hydrauliques différentes (section propre et régulière à Pyrimont, sections plus chahutées à Bognes et Génissiat en aval immédiat du barrage). Les résultats d'incertitude estimée pour la technique ADCP déployée dans ces conditions sont présentés dans le présent rapport. Ils sont cohérents avec les résultats de la précédente intercomparaison ADCP réalisée à Génissiat en 2010, et confirment la sensibilité à l'environnement de mesure. Pour les sites à conditions de mesure favorables (Bognes et Pyrimont), l'incertitude de la technique ADCP (au niveau de confiance 95%) est estimée à environ $\pm 4,5\%$ pour la moyenne de 6 transects successifs, valeur conforme aux 5% reconnus pour un jaugeage ADCP dans de bonnes conditions. Une incertitude beaucoup plus élevée a été obtenue pour le site GE en conditions défavorables : environ $\pm 12\%$, ce qui correspond à un jaugeage de qualité passable. La source d'erreur principale non identifiée en 2010 l'a été cette fois-ci : écoulement instable d'une traversée à l'autre en raison de la proximité des groupes de l'usine. Le nombre élevé d'ADCP et de transects répétés permet d'avoir des incertitudes acceptables sur les estimations d'incertitude (entre 83% et 125% de l'incertitude estimée). Les résultats de l'intercomparaison des vélocimètres radar portables SVR fera l'objet d'un rapport complémentaire.

Abstract

The Groupe Doppler Hydrométrie, a French-speaking hydrometry technologist group, organized a new streamgauging interlaboratory experiment in the Rhône river downstream of the Génissiat dam from 25 to 28 September 2012. These interlaboratory experiments focused not only on acoustic Doppler profilers (ADCP), but also on handheld radar velocimeters (SVR). Six levels of constant flow were measured (roughly 230 m³/s, 330 m³/s, 430 m³/s, 450 m³/s and 550 m³/s), with a reference measurement provided by the independent ultrasonic transit-time system installed in the conduits of the hydroelectric plant. The interlaboratory ADCP experiments involved the flow rates measured by a board of 37 ADCP mounted on 19 boats, with 6 ADCP models marketed by 2 competing manufacturers and with emitting ultrasonic frequencies between 600 kHz and 3000 kHz. The ADCPs were deployed at three sites with different hydraulic characteristics (clean and regular section at Pylimont site and more complex sections and flows at Bognes and Génissiat sites located downstream of the dam). The uncertainty results estimated for the ADCP technology deployed in these conditions are presented in this report. They are consistent with the results of previous ADCP interlaboratory experiments conducted at Génissiat in 2010, confirming the sensitivity to the measurement environment. For sites with favorable measurement conditions (Bognes and Pylimont), the uncertainty of the ADCP technique (confidence level 95%) is estimated to be $\pm 4.5\%$ for the average of six successive transects, which conforms to the 5 % uncertainty usually recognized for an ADCP gauging conducted in good conditions. A much higher uncertainty has been obtained for the GE site with adverse conditions: about $\pm 12\%$, which corresponds to a passable quality measurement. The main error source not identified in 2010 was evidenced: unstable flow as observed from a crossing to the other because of the proximity of the plant turbine outlets. The high number of participants and of repeated ADCP transects allows for acceptable uncertainties in the estimates of uncertainty (between 83% and 125% of the estimated uncertainty value). The results of the interlaboratory experiments on handheld radar velocimeters (SVR) will be documented in an additional report.

1. Introduction

Les profileurs acoustiques de courant à effet Doppler (ADCP pour Acoustic Doppler Current Profiler), utilisés en France à partir de 1994 pour mesurer le débit des cours d'eau, ont révolutionné les pratiques hydrométriques dans le monde entier. 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. Cette technique a fait l'objet de vérifications au sein des équipes d'hydrométrie. Dans de bonnes conditions d'utilisation, il est admis généralement que l'incertitude sur le débit obtenu est de l'ordre de 5%¹. En l'absence d'étalon de débit raccordé, les intercomparaisons ADCP sont un moyen utile d'évaluer l'incertitude de cette technique de jaugeage dans des conditions de mesure données. Plusieurs intercomparaisons ADCP ont été organisées dans différents pays (par exemple : Everard 2007, 2009 ; Iredale 2006; Terek et al. 2008 ; Pobanz et al. 2011 ; et intercomparaison organisée par Environnement Canada à Lethbridge en 2013).

Les vélocimètres radar portatifs (SVR pour Surface Velocity Radar) présentent des avantages en termes de facilité d'utilisation, de simplicité de dépouillement et de fiabilité des mesures par rapport aux techniques concurrentes de jaugeage de crue limités à des mesures de vitesse en surface : flotteurs, saumon en surface, analyse de séquences d'images. Suite aux premiers essais de validation conduits par Irstea en 2010 sur des SVR Decatur, l'usage de ces instruments s'est rapidement répandu dans les services hydrométriques français comme un outil utile pour le jaugeage des crues. Depuis, de nombreuses comparaisons menées en France et à l'étranger ont confirmé que l'écart des mesures de vitesse en surface aux mesures de référence était généralement inférieur à 10 % pour une surface rugueuse, une vitesse supérieure à 50 cm/s et un angle de visée corrigé ; il en va de même pour les résultats de débit dans les bonnes conditions d'application, en particulier avec un nombre suffisant de positions, une bathymétrie stable et bien connue, et une valeur classique pour le coefficient de vitesse proche de 0,86 et comprise entre 0,80 et 0,91 pour un écoulement uniforme. Cette première intercomparaison de 11 SVR menée par le Groupe Doppler sur le Rhône à Génissiat en 2012 a confirmé cette validation des mesures de vitesse, mais aussi les limitations techniques de l'instrument : sensibilité aux obstacles, erreurs d'inclinomètres, vitesses aberrantes non filtrées, fragilité en cas de pluie.

Le Groupe Doppler est un groupe de travail réunissant des utilisateurs francophones d'ADCP et constitué en 2005 à l'initiative de la CNR², d'EDF³, d'Irstea⁴, de l'IRD⁵ et des services hydrométriques d'Etat (DREAL⁶ et SPC⁷). Le domaine d'application du groupe a été étendu en 2013 à l'ensemble des techniques en hydrométrie, entendue comme la limnimétrie, vélocimétrie et débitmétrie appliquées aux cours d'eau naturels et artificiels. La liste de diffusion du Groupe Doppler Hydrométrie comprend actuellement environ 240 adresses électroniques abonnées, principalement en France mais aussi au

¹ Une étude du CETIAT (laboratoire d'étude en métrologie) de 2005 pour la Compagnie Nationale du Rhône démontre que le débit donné par un ADCP sur la base de 4 à 6 transects successifs est d'environ 5%. Les intercomparaisons réalisées depuis ont confirmé ce résultat.

² Compagnie Nationale du Rhône

³ Electricité De France

⁴ Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (ex-Cemagref)

⁵ Institut de Recherche pour le Développement

⁶ Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

⁷ Service de Prévision des Crues

Canada, en Suisse, en Belgique, et dans d'autres pays. Le Groupe a organisé différentes intercomparaisons hydrométriques de grande ampleur avec parfois plusieurs participants étrangers.

Les 3-4-5 février 2009, le Groupe Doppler a organisé la première intercomparaison ADCP inter-organismes en France sur la Vézère au pont de Garavet à Allasac (Corrèze), à l'initiative de Gérard SAYSSET (EDF-DTG). Cette intercomparaison 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 Coz et al., 2009).

Du 12 au 15 octobre 2010, le Groupe Doppler a organisé une seconde intercomparaison de mesure de débit par ADCP sur le Rhône à l'aval du barrage de Génissiat (CNR). 26 ADCP ont été déployés sur des bateaux à moteur sur 2 sites différents à proximité du barrage et 3,5 km en aval au pont de Pyrimont. En considérant l'ensemble des 26 ADCP pris en compte dans les calculs, l'incertitude d'un débit ADCP individuel (moyenne de 4 transects consécutifs) a été trouvée variable selon les sites et le débit considéré : en moyenne 4-6% au site de Pyrimont pour des conditions de mesure favorables, 8-12% au site aval barrage de Génissiat pour des conditions de mesure défavorables (Pobanz et al., 2011). Il n'avait alors pas été possible de déterminer précisément les sources d'erreur ayant entraîné une incertitude plus élevée sur le site aval barrage, mais elles n'étaient *a priori* pas liées aux instruments ni aux opérateurs.

Du 12 au 16 septembre 2011, le Groupe Doppler a organisé une intercomparaison de mesure de débit par ADCP sur le canal latéral à la Garonne de La Gentille, en amont de l'usine EDF de La Gentille. Cette intercomparaison ADCP a impliqué 27 équipes déployant à l'aide de cordes 36 ADCP, soit 7 modèles d'ADCP commercialisés par 3 constructeurs concurrents et émettant à des fréquences comprises entre 600 et 3000 kHz selon les appareils. Les mesures ont été effectuées sur un tronçon rectiligne du canal de 200 m de long, avec des jaugeages simultanés par camion-jaugeur, flotteurs, vidéo et dilution de traceur fluorescent (rhodamine WT). Malgré le contrôle de l'usine de La Gentille, les conditions hydrologiques d'étiage sévère n'ont pas permis d'assurer un débit constant pendant toutes les sessions de mesure. Les incertitudes élargies au niveau de confiance de 95% obtenues sont entre 6 % et 7,5 %, pour un seul transect ADCP. En réalisant la moyenne de 6 transects successifs, les incertitudes élargies au niveau de confiance de 95% obtenues sont entre 4 % et 6 %.

Enfin, le Groupe Doppler a de nouveau organisé une intercomparaison sur le site de Génissiat du 25 au 28 septembre 2012, dont les résultats font l'objet du présent rapport. Ces essais d'intercomparaison ont porté non seulement sur des ADCP mais aussi sur des radars portables SVR. Ils ont permis de mesurer 6 paliers de débit (environ 230 m³/s, 330 m³/s, 430 m³/s, 450 m³/s et 550 m³/s), correspondant à des gammes de vitesse allant jusqu'à 2,5 m/s environ. L'intercomparaison ADCP a permis de comparer les débits mesurés par 37 ADCP embarqués sur 19 embarcations, soit 6 modèles d'ADCP commercialisés par 2 constructeurs concurrents et émettant des ultrasons à des fréquences comprises entre 600 et 3000 kHz selon les appareils. Ces appareils ont été déployés sur 3 sites présentant des caractéristiques hydrauliques différentes (section propre et régulière à Pyrimont, sections plus chahutées à Bognes et Génissiat en aval immédiat du barrage).

En parallèle, des mesures de vitesse ont été réalisées à l'aide de 10 SVR Decatur et 1 radar portable RQ30 dans le but de les comparer aux mesures ADCP et d'en réaliser une intercomparaison.

Les objectifs de ces essais étaient les suivants :



- déterminer l'incertitude d'un jaugeage ADCP en fonction des types de capteurs ou de la section considérée ;
- comparer les débits ADCP avec les débits issus du système ultrasons à temps de transit équipant les six conduites de l'usine ;
- permettre des échanges techniques au sein du réseau d'utilisateurs sur les différents matériels et leur mise en œuvre ;
- comparer les mesures réalisées à l'aide des radars SVR à celles faites avec les ADCP ;
- déterminer l'incertitude des mesures d'angle et de vitesse de surface par les SVR Decatur ;
- disposer d'un retour d'expérience (REX) sur le protocole d'organisation des intercomparaisons ADCP sur bateaux motorisés, en vue des suivantes.

Les paragraphes suivants rapportent les résultats de l'intercomparaison « Génissiat 2012 » ainsi que les éléments de retour d'expérience correspondants.

2. Organisation

2.1. Participants – ADCP

Trente équipes de jaugeage ont assuré le déploiement des 37 ADCP pendant les essais (Annexe 1). Ces 30 équipes, identifiées par un trigramme, ont été constituées par les services et organismes suivants :

- 9 services hydrométriques français :
 - DREAL Alsace (ALS) ;
 - DREAL Bourgogne (BRG1, BRG2) ;
 - DREAL Centre (CTR1, CTR2) ;
 - DREAL Pays de la Loire Angers (ANG) et Nantes (NAN)
 - DREAL Rhône-Alpes (RAL) ;
 - SPC Grand-Delta (GDT) ;
 - SPC Littoral Atlantique (ATL) ;
 - SPC Vienne-Thouet (VTH) ;
 - DRIEE Ile-de-France (IDF1, IDF2).
- 2 services hydrométriques européens :
 - Institut hydro-météorologique croate (DHZ1, DHZ2, DHZ3) ;
 - Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE).
- 2 producteurs d'électricité français :
 - Compagnie Nationale du Rhône (CNR1, CNR2, CNR3) ;
 - EDF-DTG Brive (BRI) ;
 - EDF-DTG Grenoble (GRE) ;
 - EDF-DTG R&D Chatou (ERD1, ERD2).
- 1 Institut de Recherche :
 - Irstea Lyon (IRS).
- 1 bureau d'études :
 - HTV (HTV).
- les 2 constructeurs des profileurs Doppler impliqués dans cette intercomparaison :
 - RDI Teledyne (RDI1, RDI2) ;
 - Sontek et Aqualyse (STK1, STK2).

La constitution précise des équipes est présentée sous forme de tableau en Annexe 1. Ce tableau, répertoriant les organismes, les noms des participants ainsi que le matériel mis à disposition, a été complété par chaque organisme quelques semaines avant l'intercomparaison. Les certificats des bateaux (immatriculation, motorisation imposée supérieure à 10CV) ainsi que les permis de navigation fluviale de chaque pilote ont également été demandés. Les renseignements synthétiques fournis ont permis de préparer la logistique et la sécurité en fonction du matériel et du nombre de participants. Trois personnes par bateau, sauf exception, sont requises pour assurer un déroulement optimal des mesures.

L'équipe de coordination comportait 6 personnes, ayant pour rôle l'organisation générale, la logistique générale, la coordination des mesures, la centralisation des données, les échanges d'information, le lien entre l'usine de Génissiat et chaque équipe.

Un bateau « navette » a permis d'assurer un passage régulier auprès de chaque équipe (besoin particulier des participants, récupération des données). Même si son impact sur les mesures a été limité, il est important que la navette passe lentement à proximité des bateaux pour ne pas perturber les mesures.

2.2. Profileurs ADCP

37 appareils ont été déployés, soit 6 modèles d'ADCP commercialisés par 2 constructeurs concurrents et émettant des ultrasons à des fréquences comprises entre 600 et 3000 kHz selon les appareils.

Le **Tableau 1** présente les types d'ADCP déployés pour l'intercomparaison.

Code	Modèle	Fréquence (kHz)	Marque	Nombre
RG6	RioGrande	600	Teledyne RDI	6
RR6	RiverRay	600	Teledyne RDI	7
BB12	BroadBand	600	Teledyne RDI	1
RG12	RioGrande	1200	Teledyne RDI	15
SP	StreamPro	2400	Teledyne RDI	4 ⁸
M9	M9	1000/3000	SonTek	4

Tableau 1. Types d'ADCP déployés pour l'intercomparaison Génissiat 2012

19 embarcations ont été utilisées sur les sites de Génissiat (GE), Bognes (BO) et Pyrimont (PY) : 1 bateau « navette » et 18 bateaux « mesure » dont 7 au site GE, 6 au site BO et 5 au site PY. Les supports des ADCP étaient soit fixes (potence proue ou côté), soit flottants et couplés au bateau.

Les préconisations pour les versions logicielles étaient les suivantes :

- Teledyne RDI : WinRiver2 (version 2.07 ou postérieure demandée) ;
- Sontek : RiverSurveyor Live (version 4.00 et suivantes).

Pour l'organisation des intercomparaisons, il est utile de recenser les logiciels utilisés et de définir des versions de référence. Malheureusement, faute de relevés systématiques, cette information n'a été récupérée in-situ que pour environ la moitié des instruments.

2.3. Logistique

2.3.1. Sites

Trois sites ont été retenus pour les mesures ADCP, à savoir les sites déjà explorés en 2010 (GE et PY) et un site intermédiaire (BO). De l'amont vers l'aval :

Aval usine de Génissiat (GE) :

- avantage :
 - pas d'apport intermédiaire (ruissellement possible en cas de pluie).

⁸ Les résultats de l'un des 4 M9 ont dû être ignorés en raison d'un problème de déploiement.

- inconvénients :
 - écoulement hétérogène, courants de retour ;
 - fonds accidentés ;
 - impossibilité de s'arrêter sur les berges, accès difficile (pas de mise à l'eau, accès par échelle depuis l'usine ou mise à l'eau à Pyrimont).

Bognes (BO) :

Site intermédiaire, aussi bien d'un point de vue géographique que d'un point de vue qualité de la mesure.

Pyrimont (PY) :

- avantages :
 - site propice aux mesures de débit par ADCP : écoulement homogène ;
 - facilité d'accès.
- inconvénients :
 - temps de propagation ;
 - apports possibles en cas de pluie.

L'ensemble des mesures par SVR ont été réalisées depuis le pont de Pyrimont, en visant vers l'amont. Des mesures ADCP (transects et profils verticaux en position stationnaire) ont été réalisées en complément, au niveau du transect de mesure des SVR.

Une tente a été mise en place sur le site PY pour permettre de déjeuner et de débriefer à l'abri chaque matin et chaque midi.

2.3.2. Planning

La campagne d'intercomparaison « Génissiat 2012 » s'est déroulée du mardi 25 au vendredi 28 septembre 2012, la période ayant été choisie surtout en fonction des contraintes hydrologiques et de production hydro-électrique. Le planning initialement prévu a dû être modifié en raison de la survenue d'une crue le dernier jour. Une série de mesure a dû être supprimée et le débit le plus élevé n'a pu être mesuré qu'une seule fois.

mardi 25 septembre 2012

- 9h-12h pont de Pyrimont
 - accueil des équipes, mise à l'eau des bateaux ;
 - pour les équipes prêtes, tests indépendants sur les sections de mesure (paramétrage libre en optimisant le ratio débit mesuré sur débit total).
- 12h-14h déjeuner
 - mise en commun des spécialités régionales apportées par chaque participant (pas de traiteur).
- 14h-18h briefing et premières mesures
 - explication de l'intercomparaison ;
 - série S00 de 6 transects « à blanc » ;
 - restitution des résultats (fiche, tableau F12, données brutes) ;
 - stockage des bateaux et du matériel.
- 20h dîner au restaurant

mercredi 26 septembre 2012

- 8h-12h intercomparaison
 - série S01 ;
 - restitution des résultats (fiche, tableau F12, données brutes).
- 12h-14h déjeuner
 - traiteur sur le site de PY.
- 14h-18h intercomparaison
 - série S02 ;
 - série S03 ;
 - échanges techniques/démonstrations matériel.
- 20h dîner au restaurant

jeudi 27 septembre 2012

- 8h-12h intercomparaison
 - série S04 ;
 - restitution des résultats (fiche, tableau F12, données brutes).
- 12h-14h déjeuner
 - traiteur sur le site de PY.
- 14h-18h intercomparaison
 - série S05 ;
 - échanges techniques/démonstrations matériel ;
 - débriefing avec tous les participants.
- 20h dîner au restaurant

vendredi 28 septembre 2012

- récupération des bateaux et du matériel
- trajets de retour

2.3.3. Gestion des embarcations

Les bateaux ont été mis à l'eau et retirés grâce à la cale située en aval du pont de Pyrimont, ce qui a nécessité une gestion des mouvements de véhicules. Les remorques ont été stockées dans une enceinte fermée de l'usine de Génissiat. Dans la journée, les bateaux étaient amarrés à des chaînes provisoires en aval immédiat du pont de Pyrimont. Les mariners seuls accédaient à l'échelle de l'usine pour sortir, le reste des équipages débarquant à Pyrimont. Ce protocole a permis d'optimiser le temps de mise en place pour les mesures.

2.3.4. Sécurité

Le plan de prévention des risques a été réalisé quelques semaines avant l'intercomparaison (laboratoire CNR et responsable de l'aménagement de Génissiat). Il a été lu à l'ensemble des participants le premier jour et a été signé par un membre de chaque organisme. On notera les points importants de sécurité suivants (non exhaustif) :

- port obligatoire des équipements de protection individuels (EPI) : gilet de sauvetage sur les embarcations, casque pour l'accès au canal de fuite de l'usine ;

- dans tous les cas de figure, priorité absolue aux règles de navigation et de sécurité sur les mesures ;
- consignation des ouvrages de l'aménagement et coordination permanente entre l'exploitant et la bateau-navette ;
- communication des consignes d'évacuation vers Pyrimont en cas d'alerte relayée par le bateau-navette;
- horaires de fin de navigation à respecter pour ne pas passer les rapides de Bognes pour un débit trop faible;
- respect des règles de travail concernant la pause méridienne et la durée totale de travail journalière.

2. Protocole

3.1. Aménagement des transects

Les mesures de débit ont été effectuées simultanément sur trois sites par trois groupes de bateaux embarquant chacun au moins 2 ADCP de fréquences distinctes. Le site Génissiat GE (**Figure 1**) comporte 8 sections espacées de 30 à 60 m en aval immédiat du barrage de Génissiat, avec des fonds parfois profonds (jusqu'à 20 m) et accidentés (blocs, banquettes aux bords). Le site intermédiaire de Bognes BO (**Figure 2 et Figure 3**), localisé environ 1,5 km en aval du barrage, présente l'écoulement certainement le plus représentatif des jaugeages en rivière. Il comporte 10 sections de jaugeages. Le site de Pymont PY (**Figure 4**), localisé environ 3,5 km en aval du barrage, comporte 8 sections en amont immédiat du pont de Pymont, sur un tronçon rectiligne et uniforme, également plus conforme aux recommandations pour le jaugeage par exploration du champ des vitesses.

Les profils ont été matérialisés avant l'intercomparaison de manière à ce que les équipes sachent immédiatement où se positionner.



Figure 1. Vue aérienne des positions des profils de GE à l'aval du barrage de Génissiat



Figure 2. Vue aérienne des positions des profils de BO amont, environ 1,5 km à l'aval du barrage de Génissiat



Figure 3. Vue aérienne des positions des profils de BO aval, environ 1,5 km à l'aval du barrage de Génissiat

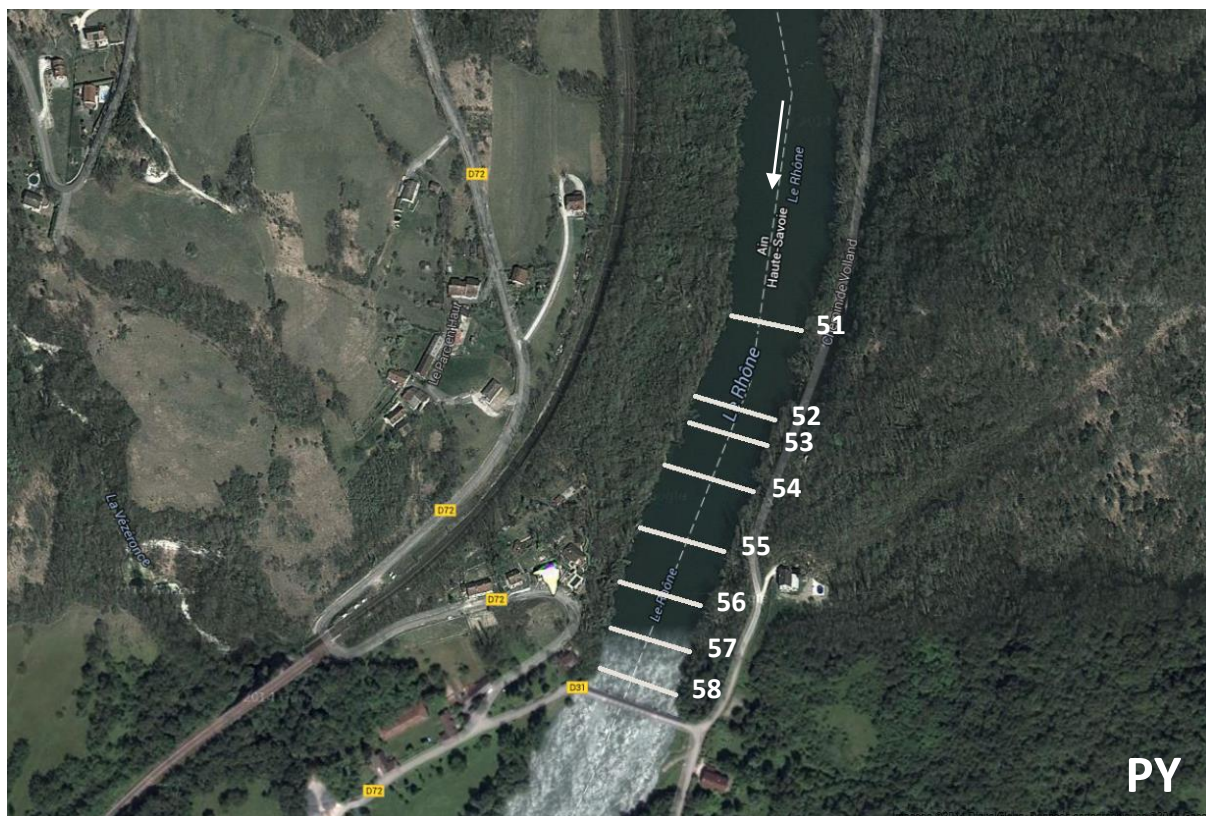


Figure 4. Vue aérienne des positions des profils de PY, environ 3,5 km à l'aval du barrage de Génissiat

3.2. Débits de référence

Afin d'évaluer la cohérence des résultats pour la détermination du débit moyen, différentes méthodes sont utilisées :

- débits US en conduite – usine de Génissiat

Les groupes utilisés sont équipés d'un système de mesure à ultrasons par temps de transit, constitués dans chaque conduite de 4 croix de mesure sur 4 plans parallèles.

- stations hydrométriques de Bognes (CNR) et Surjoux (DREAL RA/CNR)

Ces stations disposent chacune d'une relation hauteur-débit. Avec les enregistrements limnimétriques, il est aisé de reconstituer le débit au droit de chacune des stations pour chaque palier. Le pont de Pyrimont est également équipé de manière pérenne d'une mesure instantanée du débit par radar hauteur / vitesse de surface (radar Sommer RQ30 sur station Surjoux CNR).

- moyenne des débits ADCP de l'ensemble des équipes

L'écart à cette moyenne permet surtout d'identifier les équipes déviantes, 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 débits US en conduite et aux débits des stations hydrométriques, ce qui donne une image de la fiabilité moyenne d'un jaugeage par ADCP.

- jaugeages de surface réalisés au radar

10 radars SVR ont été déployés simultanément pour chaque palier de débit depuis le pont de Pyrimont sur une quinzaine de verticales. Le débit est calculé connaissant la bathymétrie du site, effectuée le 27 septembre 2014, et le coefficient liant la vitesse de surface à la vitesse moyenne de l'écoulement.

3.3. Paliers de débit – séries de mesure

Le planning prévisionnel des débits est présenté **Tableau 3**. Le débit optimum (107 m³/s) correspond au débit théorique pour le rendement optimal de chacun des groupes de l'usine.

26/09/2012	Q théorique (m ³ /s)	Paliers de débit			Mesures ADCP		
	optimum 107 m ³ /s	h début	h fin	durée	h début	h fin	durée
Q0 = Q(G3) + Q(G6) + ε	214	07:00	10:00	03:00	09:00	09:45	00:45
Q1 = Q(G3) + Q(G6) + Q(G5) + ε	321	10:00	14:00	04:00	10:30	11:15	00:45
Q2 = Q(G3) + Q(G6) + Q(G5) + Q(G1) + ε	428	14:00	18:00	04:00	14:45	15:30	00:45

27/09/2012	Q théorique (m ³ /s)	Paliers de débit			Mesures ADCP		
	optimum 107 m ³ /s	h début	h fin	durée	h début	h fin	durée
q0 = Q(G1) + Q(G2) + Q(G5) + ε	321	07:00	10:00	03:00	09:00	09:45	00:45
q1 = Q(G1) + Q(G2) + Q(G5) + Q(G3) + ε	428	10:00	14:00	04:00	10:30	11:15	00:45
q2 = Q(G1) + Q(G2) + Q(G5) + Q(G3) + Q(G6) + ε	535	14:00	18:00	04:00	14:45	15:30	00:45

Tableau 2. Planning prévisionnel des débits des 26 et 27 septembre 2012

Avec $Q(Gn)$ le débit du groupe n et ε les fuites.

L'hydrogramme théorique du deuxième jour n'a pas pu être suivi et a dû être adapté aux conditions hydrauliques particulières (crue).

3.4. Déroulement des mesures

Le nom et la répartition des équipes sur les bateaux sont reportés dans la grille en Annexe 1. Chaque bateau est affecté à un profil de mesure à Génissiat, Bognes ou Pyrimont.

Pour chaque série d'intercomparaison, chaque équipe (bateau + ADCP + opérateurs) reste positionnée sur le même profil, dans la même configuration, sans changement de site, d'instrument, d'enfoncement ou d'opérateurs. Le but premier est de tester l'effet du site, pas les équipes, donc certaines équipes ne jaugent que sur site favorable, d'autres que sur site défavorable.

Chaque bateau embarque un, deux voire trois ADCP de fréquences distinctes. Dans le créneau horaire fixé pour chaque série d'intercomparaison, chaque équipe réalise des transects successifs sans interruption, à la cadence qui lui est habituelle pour jauger (en restant homogène avec les équipes adjacentes).

Idéalement, les bateaux voisins se déploient en quinconce, dans des directions alternées et au même rythme. Toutefois, la priorité est donnée à la régularité du transect (direction et vitesse sans variation brutale).

La procédure générale de mesure sur une traversée est la suivante :

« F5, 5 ensembles bons sur place, traversée, 5 ensembles bons sur place, F5 ».

Attendre 5 ensembles réussis avant de démarrer la traversée et avant de terminer l'enregistrement.

3.5. Réglage du matériel

Les ADCP, les ordinateurs et les appareils photos sont réglés à l'heure de l'horloge parlante (3699) à 5s près chaque début de journée.

Paramètres d'enregistrement et de mesure :

Il est primordial de bien mesurer l'enfoncement entre le centre des céramiques et la surface de l'eau. Cette vérification est faite depuis un autre bateau.

Pour les utilisateurs des RG6, RG12 et SP24 de TRDI, le paramétrage est laissé à l'appréciation des opérateurs. Seules quelques directives sur les paramètres de débit sont imposées :

Dans Wizard/Configuration Dialog ou F3/Discharge :

- shore pings = 5 (au lieu de 10 par défaut) ;
- berges triangle (valeurs par défaut) ;
- lois top/bottom : power/power 0.1667 (valeurs par défaut).


Pour les utilisateurs du matériel Sontek, la configuration par défaut sera utilisée.

3.6. Fiches de terrain et dépouillement à chaud

Chaque équipe analyse à chaud ses séries de traversées en corrigeant les principales erreurs et en sélectionnant les transects à conserver. A l'issue de chaque série de mesure, chaque équipe transmet à l'équipe de coordination :

- la fiche de terrain renseignée ;
- le résumé de jaugeage au format .xls (copie du tableau F12 WinRiver2) ;
- le rapport de dépouillement (fichier .pdf de Fichier/Résumé de Jaugeage WinRiver2) ;
- les données ADCP sur clef USB.

Le nom du dossier mesure (1 par série) est imposé comme suit :

 Snn_Ppp_XXX_ADCP (S suivi du n° de la série nn, P pour Profil suivi du n° du profil pp, du trigramme de l'équipe XXX et du type d'ADCP associé à sa fréquence).

Exemple : S01_P11_CNR_RG6

Le nom du fichier de mesure (1 fichier de mesure .mmt par série) aura la même architecture que celui du dossier. Dans la mesure du possible, ne transmettre qu'un fichier de mesure .mmt par série. Cette architecture a l'avantage de rendre homogène le classement des données.

Des fiches de terrain communes sont fournies aux opérateurs (Annexe 2). Il est demandé de renseigner au maximum les fiches de terrain, surtout en cas de trajectoire ratée ou de problèmes de stabilité des supports. Il est important de renseigner également tout changement par rapport au protocole et de référencer les problèmes par rapport au n° d'ensemble ou heure exacte. Il est conseillé d'écrire de préférence au crayon de bois (pluie).

De manière générale, les fiches terrain ont bien été complétées par l'ensemble des participants avec mention des incidents. Ces documents se sont avérés très utiles lors du dépouillement des mesures.

De même, les équipes ont consciencieusement renseigné le tableau de résultats « à chaud » à l'issue de chaque série d'intercomparaison. Le paperboard (conservé et photographié) mentionne les informations essentielles pour l'analyse interlaboratoire, en particulier :

- équipe, profil, instrument, version software ;
- nombre de traversées validées ;
- débit moyen jaugé (sur la série de traversées validées) ;
- dispersion (écart-type/moyenne en %) ;
- ratio débit mesuré sur débit total (moyen).

4. Condition de mesures lors des essais et comparaison des débits

Les mesures réalisées lors de l'intercomparaison de 2010 ont permis de mettre en évidence que le temps de propagation et de stabilisation des débits entre le site de GE et celui de PY, situé environ 3,5 km à l'aval, étaient d'environ 1 heure.

Ces mesures étaient en accord avec la modélisation hydraulique 1D qui indiquait un délai d'environ 1h30 entre le barrage et le site aval PY pour assurer la propagation et la stabilisation des paliers de débit à moins de 1%.

Lors des essais de 2012, les niveaux d'eau ont été suivis en continu par les stations existantes (Bognes, Surjoux) ainsi que par des capteurs limnimétriques additionnels installés pour l'occasion. Au pont de Pymont, la vitesse de surface ponctuelle a également été enregistrée en continu par un vélocimètre radar RQ30 (Sommer). Des conditions de stabilité similaires aux essais de 2010 ont été ainsi vérifiées.

4.1. Paliers de débit

Pour l'intercomparaison « Génissiat 2012 », 5 paliers de débit ont permis de tester l'ensemble des 37 ADCP en lice, en utilisant 18 des 26 profils (ou sections de mesure) présentés au paragraphe 3.1. L'hydrogramme est présenté **Tableau 3**. Le débit optimum de 107 m³/s correspond au débit théorique pour le rendement optimal de chacun des groupes de l'usine.

26/09/2012	Q théorique (m ³ /s)	Paliers de débit			Mesures ADCP		
	optimum 107 m ³ /s	h début	h fin	durée	h début	h fin	durée
Q1 = Q(G3) + Q(G6) + ε	214	07:00	10:00	03:00	09:00	09:45	00:45
Q2 = Q(G3) + Q(G6) + Q(G5) + ε	321	10:00	14:00	04:00	11:30	12:15	00:45
Q3 = Q(G3) + Q(G6) + Q(G5) + Q(G1) + ε	428	14:00	18:00	04:00	15:30	16:15	00:45

27/09/2012	Q théorique (m ³ /s)	Paliers de débit			Mesures ADCP		
	optimum 107 m ³ /s	h début	h fin	durée	h début	h fin	durée
Q4 = Q(G1) + Q(G2) + Q(G5) + Q(G6) + Q(G3) + ε	535	07:00	11:00	04:00	09:45	10:30	00:45
Q5 = Q(G1) + Q(G2) + Q(G5) + Q(G6) + ε	428	11:00	18:00	07:00	11:30	12:15	00:45

Tableau 3. Hydrogramme des 26 et 27 septembre 2012

Les équipes ont effectué des séries de mesures de 45min. Les paliers étaient montants durant le premier jour (environ 214, 321 et 428 m³/s) et descendants durant le deuxième jour (environ 535 et 428 m³/s). Le planning prévisionnel présenté au paragraphe 3.3 n'a pas pu être suivi le deuxième jour et a dû être adapté en raison de conditions hydrauliques particulières (crué).

4.2. Séries de mesure

Dans la suite du document :

- la série S00 correspond aux mesures tests du mardi 25 septembre 2012 après-midi ;
- les séries S01 à S03 correspondent aux mesures du mercredi 26 septembre 2012 ;

- les séries S04 et S05 correspondent aux mesures du jeudi 27 septembre 2012 ;
- les débits correspondant aux cinq paliers de débit stable (hors débit test du 25/09/2012 après-midi) sont notés Q1, Q2, Q3, Q4 et Q5.

Les graphiques des Figure 5 à Figure 9 présentent les débits moyens de chaque équipe pour chaque série de mesure ainsi que le débit US en conduite.

Journée du 26 septembre 2012

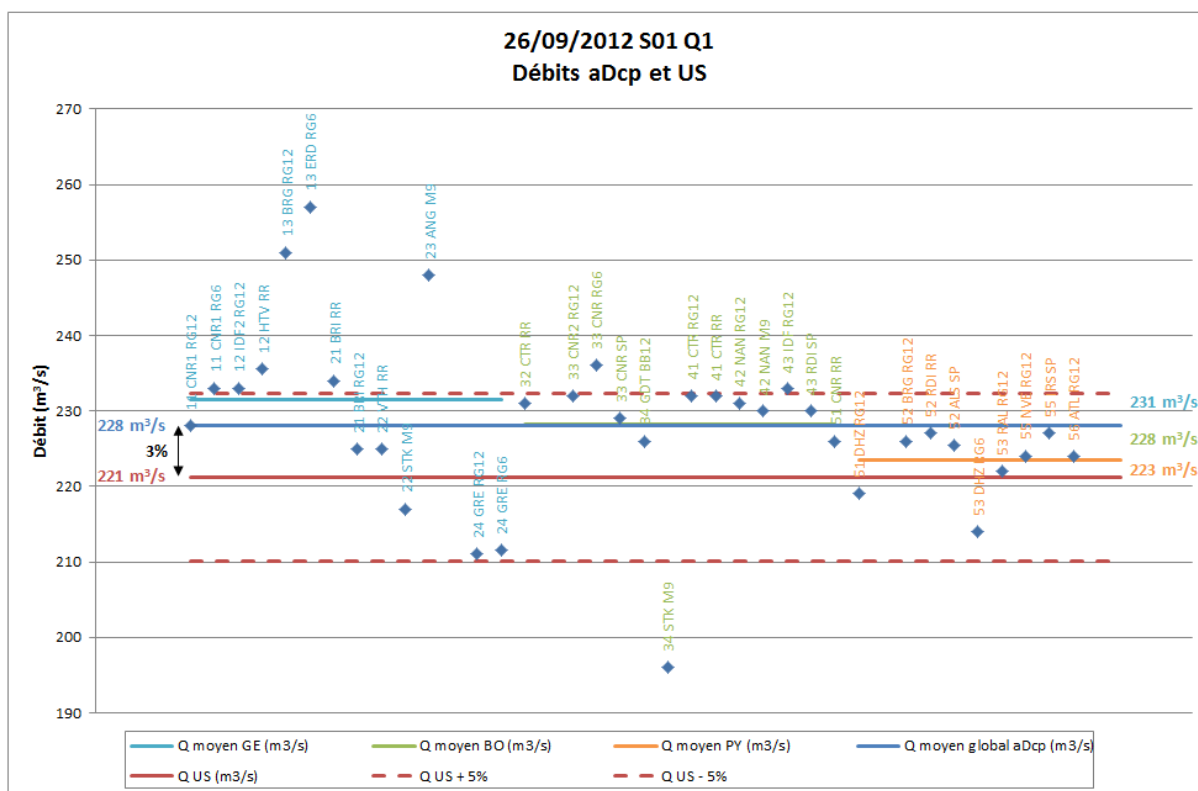


Figure 5. Q1 - Débits moyens ADCP et US conduite

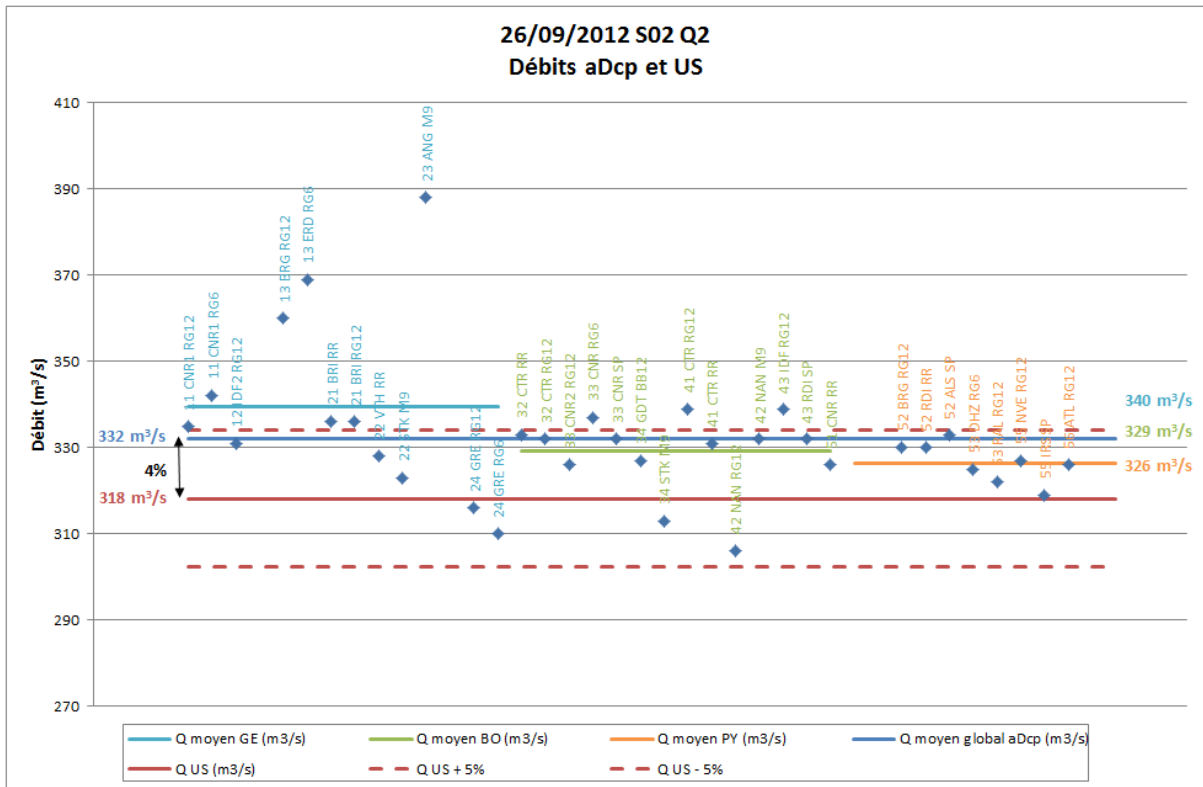


Figure 6. Q2 - Débits moyens ADCP et US conduite

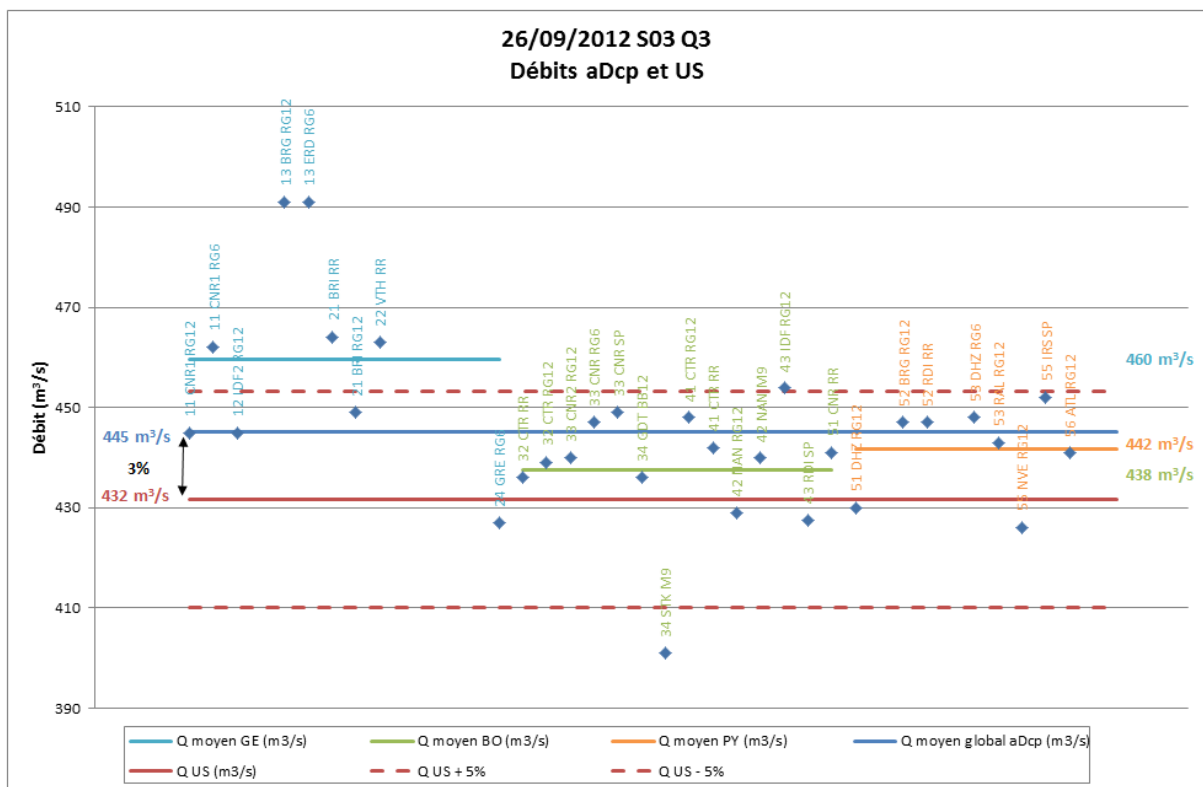


Figure 7. Q3 - Débits moyens ADCP et US conduite

Journée du 27 septembre 2012

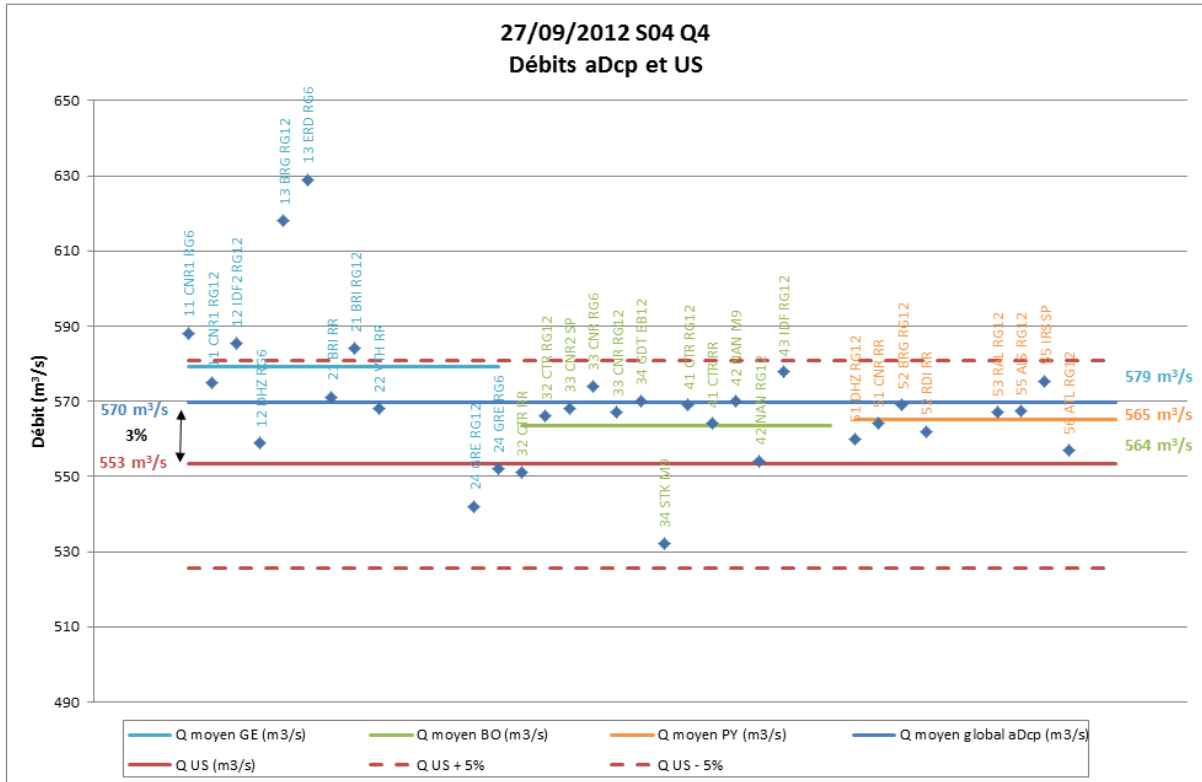


Figure 8. Q4 - Débits moyens ADCP et US conduite

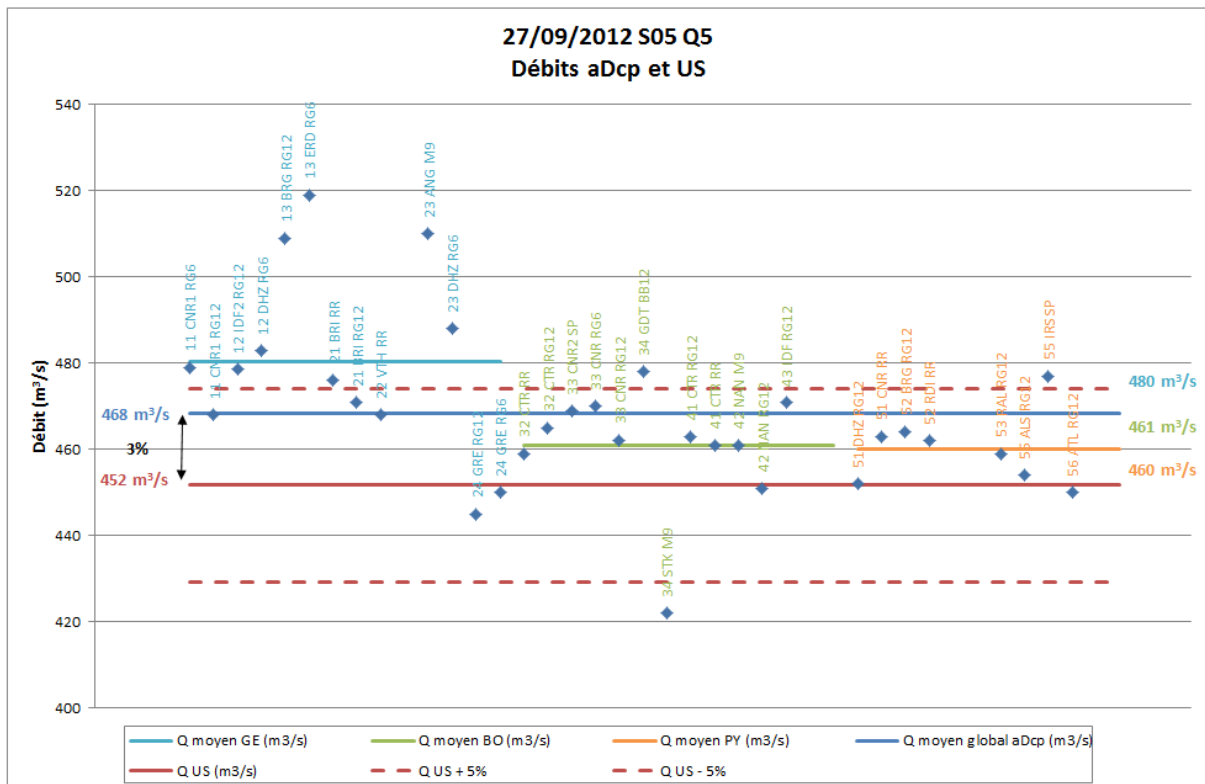


Figure 9. Q5 - Débits moyens ADCP et US conduite

4.3. Dispersion

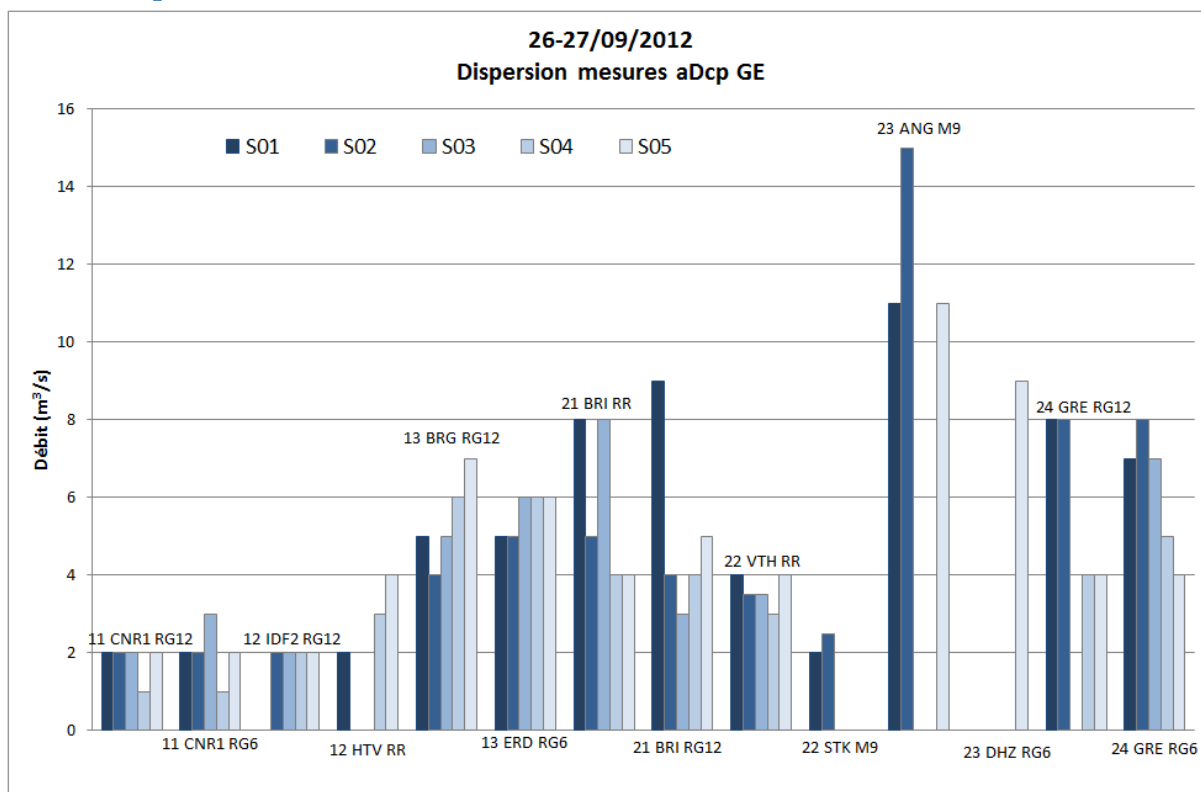


Figure 10. Dispersion des mesures ADCP – site de Génissiat GE

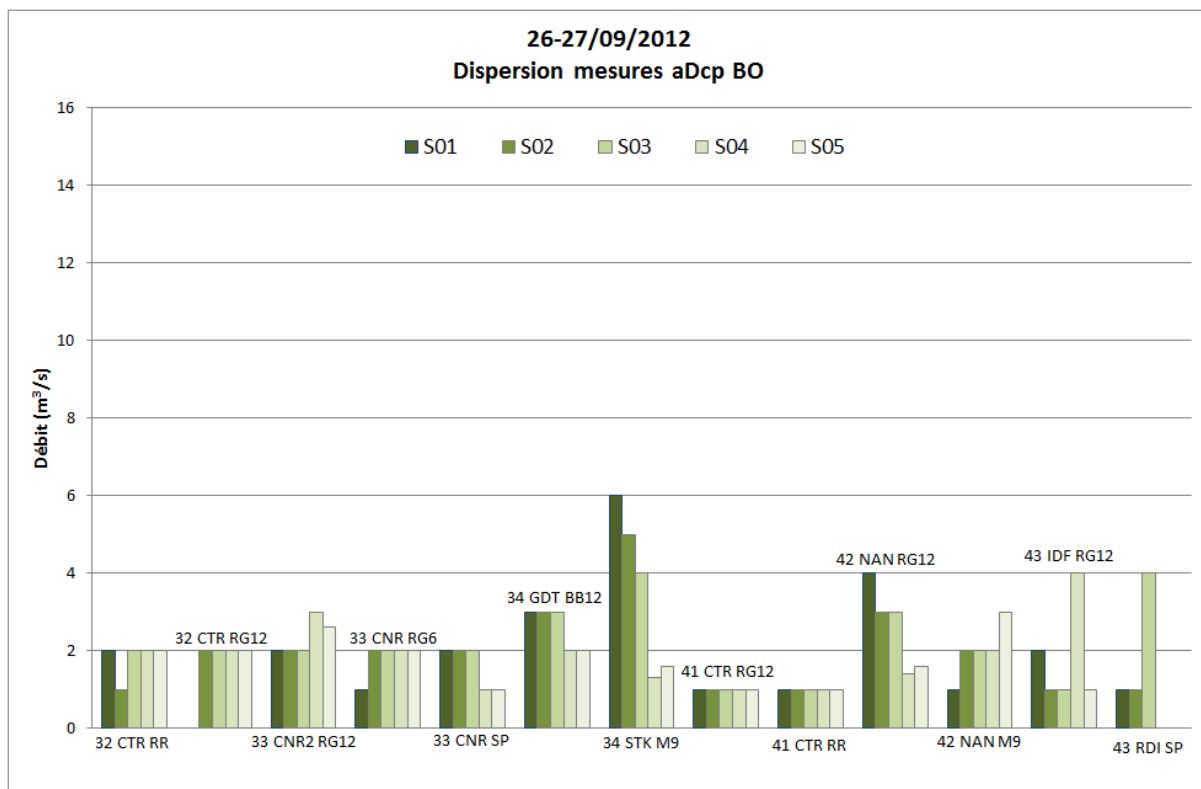


Figure 11. Dispersion des mesures ADCP – site de Bognes BO

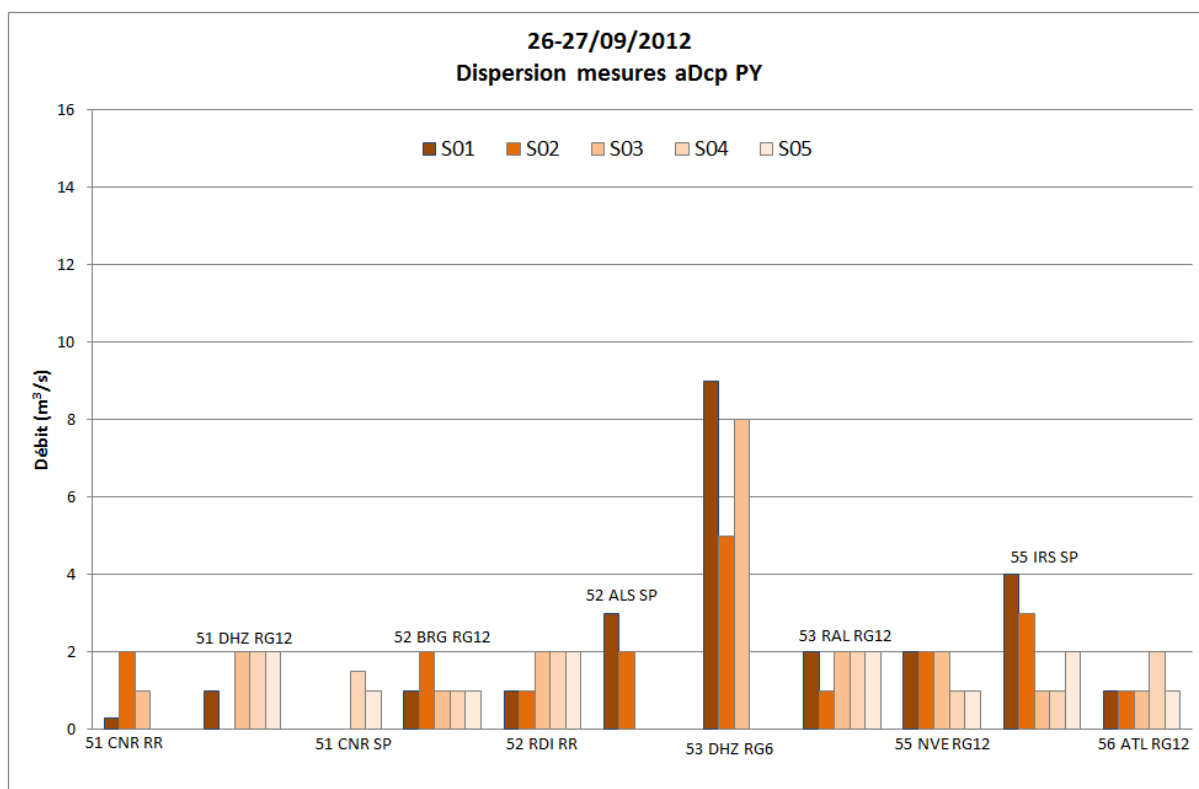


Figure 12. Dispersion des mesures ADCP – site de Pyrimont PY

5. Comparaison avec les débits « de référence »

5.1. Comparaison avec les débits des stations de Bognes (CNR, PK 160.625) et de Surjoux (DREAL RA, PK 158.575)

5.1.1. Le Rhône à Bognes

La station de Bognes (CNR, PK 160.625) dispose d'une relation hauteur-débit. Avec les enregistrements limnimétriques, le débit a pu être reconstitué pour chaque palier. Les débits sont annoncés avec une incertitude estimée à 10% (Olivier et al., 2008). Les écarts avec les débits moyens ADCP sont présentés **Tableau 4**.

Un écart moyen de 1% est constaté entre les débits de la station de Bognes et les débits moyens mesurés à l'ADCP (GE, BO, PY et ensemble des ADCP). Cet écart est compris dans l'intervalle d'incertitude des débits de la station de Bognes. Les écarts varient de -3% à 6% en fonction du palier de débit considéré, sans tendance particulière.

5.1.2. Le Rhône à Surjoux

La station de Surjoux (DREAL RA, PK 158.575) est située au droit du Pont de Pyrimont. Les écarts avec les débits moyens ADCP sont présentés **Tableau 4**.

Un écart moyen de 11% est constaté entre les débits de la station de Surjoux et les débits moyens mesurés à l'ADCP (GE, BO, PY et ensemble des ADCP). Les écarts varient de -30% à 3% en fonction du palier de débit considéré.

5.1.3. Synthèse des écarts

	26/09/2012			27/09/2012	
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Q Station Bognes (m ³ /s)	226	325	433	555	473
Q Station Surjoux (m ³ /s)	323	395	442	555	478
Q _{ADCP} GE (m ³ /s)	231	340	460	579	480
Ecart ADCP GE et Bognes (%)	2%	5%	6%	4%	1%
Ecart ADCP GE et Surjoux (%)	-28%	-14%	4%	4%	1%
Q _{ADCP} BO (m ³ /s)	228	329	438	564	461
Ecart ADCP BO et Bognes (%)	1%	1%	1%	2%	-3%
Ecart ADCP BO et Surjoux (%)	-29%	-17%	-1%	2%	-3%
Q _{ADCP} PY (m ³ /s)	223	326	442	565	460
Ecart ADCP PY et Bognes (%)	-1%	1%	2%	2%	-3%
Ecart ADCP PY et Surjoux (%)	-31%	-17%	0%	2%	-4%
Q _{ADCP} GE+BO+PY (m ³ /s)	228	332	445	570	468
Ecart ADCP GE+BO+PY et Bognes (%)	1%	2%	3%	3%	-1%
Ecart ADCP GE+BO+PY et Surjoux (%)	-29%	-16%	1%	3%	-2%

Tableau 4. Synthèse des écarts entre les mesures ADCP et les stations de Bognes (CNR) et Surjoux (DREAL)

5.2. Comparaison avec les débits US en conduite (usine de Génissiat)



Figure 13. Capteurs US, conduite de l'usine de Génissiat

Les données US ont directement été prélevées à l'usine lors de l'intercomparaison ADCP. Ainsi, il a été possible de comparer les mesures ADCP avec les débits mesurés par ultra-sons dans les conduites de l'usine de Génissiat de façon quasi instantanée. Le **Tableau 5** montre un écart entre le débit moyen ADCP (GE+BO+PY) et les valeurs de débits US en conduite de 3% environ (de 2.9% à 4.2% selon les séries considérées).

	S01	S02	S03	S04	S05	Moyenne
Q US (m ³ /s) - Fluvius	221.2	318.1	431.7	553.3	451.6	-
Q US (m ³ /s) - Hydromet	219.9	316.6	429.5	551.3	448.7	-
Q ADCP (m ³ /s) - toutes équipes	228.0	332.1	445.2	569.6	468.4	-
Q ADCP (m ³ /s) - excepté 5, 6, 11 et 22	226.8	328.7	443.5	567.0	466.9	-
Q ADCP BO (m ³ /s) - excepté 22	230.8	331.2	441.2	566.0	467.2	-
Q ADCP PY (m ³ /s) - 32 à 42	223.5	326.4	441.7	565.2	460.1	-
Ecart au Fluvius en m³/s [(x - fluvius)]						
Q US (m ³ /s) - Fluvius	-	-	-	-	-	-
Q US (m ³ /s) - Hydromet	-1.3	-1.5	-2.2	-2.0	-2.9	-1.98
Q ADCP (m³/s) - toutes équipes	6.8	14.0	13.5	16.3	16.8	13.48
Q ADCP (m ³ /s) - excepté 5, 6, 11 et 22	5.6	10.6	11.8	13.7	15.3	11.4
Q ADCP BO (m ³ /s) - excepté 22	9.6	13.1	9.5	12.7	15.6	12.1
Q ADCP PY (m ³ /s) - 32 à 42	2.3	8.3	10.0	11.9	8.5	8.2
Ecart au Fluvius en % [(x - fluvius)/x]						
Q US (m ³ /s) - Fluvius	-	-	-	-	-	-
Q US (m ³ /s) - Hydromet	-0.6%	-0.5%	-0.5%	-0.4%	-0.6%	-0.5%
Q ADCP (m³/s) - toutes équipes	3.0%	4.2%	3.0%	2.9%	3.6%	3.3%
Q ADCP (m ³ /s) - excepté 5, 6, 11 et 22	2.5%	3.2%	2.7%	2.4%	3.3%	2.8%
Q ADCP BO (m ³ /s) - excepté 22	4.2%	4.0%	2.2%	2.2%	3.3%	3.2%
Q ADCP PY (m ³ /s) - 32 à 42	1.0%	2.5%	2.3%	2.1%	1.8%	2.0%

Tableau 5. Ecart entre le débit moyen ADCP et le débit US en conduite

Une analyse plus fine permet de mettre en évidence que les écarts diffèrent d'un groupe à l'autre :

En considérant les débits mesurés à Bognes uniquement :

- ~ -2.9% pour le groupe G1 ;
- ~ -3.0% pour le groupe G3 ;
- ~ 3.5% pour le groupe G5.

En considérant les débits mesurés à Pyrimont uniquement :

- ~ 1.6% pour le groupe G1 ;
- ~ 2.9% pour le groupe G3 ;
- ~ 5.7% pour le groupe G5.

6. Estimation de l'incertitude de mesure de la méthode ADCP par comparaison interlaboratoire

6.1. Méthode d'analyse

L'objectif de la comparaison interlaboratoire est de déterminer l'incertitude des mesures de débit réalisées par ADCP, **dans les conditions de mesure des essais**, en s'appuyant sur les résultats de la comparaison des résultats obtenus par les équipes, pour des séries présentant un débit suffisamment constant au cours des essais.

Pour obtenir une incertitude de mesure compatible avec les documents internationaux en vigueur (GUM), et en l'absence de valeur de référence permettant un raccordement au S.I. et la mise en œuvre d'une propagation des incertitudes, le traitement statistique s'appuie sur l'application des normes et fascicules suivants :

- ISO 5725-2 : Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure - Partie 2 : Méthode de base pour la détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode de mesure normalisée, décembre 1994.
- ISO 21748 : Lignes directrices relatives à l'utilisation d'estimations de la répétabilité, de la reproductibilité et de la justesse dans l'évaluation de l'incertitude de mesure, décembre 2010.

La première norme a pour objectif de quantifier les performances de la méthode, en termes de répétabilité et de reproductibilité. La seconde norme permet de traduire ces résultats en termes d'incertitude de mesure.

La procédure détaillée pour application à des intercomparaisons hydrométriques est présentée dans les rapports suivants :

- Comparaison de méthodes de mesure du débit des petits cours d'eau. Journées d'intercomparaison des 17 et 18 mai 2011, Dramais, G., Blanquart, B., Le Coz, J., 2011, 53 p.
- Les essais interlaboratoires en hydrométrie. Analyse des campagnes de mesures réalisées et amélioration du protocole, Atmane, D., rapport de stage de Master 2, 58 p.

6.2. Examen des données

- Nous disposons de 5 séries présentant un débit stabilisé et des mesures homogènes entre équipes en termes de nombre de transects et de respect du protocole (la Série 0 n'est pas analysée) ;
- Le M9 STK du profil 34 présente une sous-estimation systématique et très marquée (cf. statistique h). Sontek confirmant que l'appareil a été déployé de façon inappropriée⁹, il est jugé non représentatif et retiré de l'intercomparaison. Les trois autres M9 présentent parfois des comportements différents de la moyenne des autres ADCP, notamment l'instrument ANG du profil 23, mais cela semble plutôt dû à un site défavorable, notamment après vérification en testant l'appareil STK du profil 22 sur ce profil 23. Ces trois M9 sont conservés pour l'intercomparaison.

⁹ "The transducer depths are variable (some of which were impossible), pitch and roll far too great, cavitation around the sensor (all from bad deployment)".

- Les 2 appareils du profil 13 (RG12_BRG et RG6_ERD) présentent une tendance systématique à la surestimation, nettement visible sur la statistique h , et des dispersions plus importantes que la moyenne (statistique k). L'analyse à chaud avait montré qu'il s'agissait vraisemblablement d'un effet de site défavorable rendant difficile le bouclage de transects corrects. Des essais avec une équipe différente avaient confirmé ce point.

La méthode d'analyse interlaboratoire prévoit l'examen des statistiques h et k (voir les résultats dans les fichiers de traitement des données).

L'analyse de la **statistique k** , qui permet de comparer visuellement les variabilités intra laboratoires pour les trois séries, doit être conduite en premier. Elle a pour objectif essentiel de détecter si une ou plusieurs équipes présentent une variabilité notablement supérieure aux autres, ce qui pourrait indiquer la présence d'erreurs aléatoires importantes au sein de ces équipes.

L'analyse de la **statistique h** a pour objet de détecter les équipes présentant une erreur de justesse notablement plus importante que les autres équipes, de même amplitude et de même signe pour les trois séries.

L'examen de la statistique h sur les 5 séries confirme l'analyse faite en 2010, puisqu'une tendance sur l'erreur systématique apparaît de l'amont vers l'aval, avec un effet marqué lié à la section de mesure.

A l'issue de cet examen des statistiques h et k , aucune équipe sélectionnée (hormis donc le M9 STK du profil 34) ne présente un comportement très différent des autres, susceptible de conduire à des tests statistiques de détection de valeurs aberrantes. Les calculs sont donc poursuivis avec l'ensemble des équipes disponibles pour chaque série.

6.3. Résultats

Le **Tableau 6** ci-dessous rassemble les résultats de l'analyse interlaboratoire ADCP en termes de répétabilité et de variabilité interlaboratoire (écart-types s_r et s_L), et d'incertitude élargie au niveau de confiance 95 % pour la mesure de débit issue **d'un seul transect ADCP**. On a ici repris l'estimation de la valeur du biais attribuable à la méthode ADCP (erreur systématique commune à toutes les équipes car liée au principe de la technique et au paramétrage commun) faite par analyse de sensibilité en 2010, soit $\pm 2,5$ % en incertitude élargie, soit une incertitude-type de 1,25 %.

Série de mesure	Nombre d'ADCP (tous sites)	Nombre moyen de transects	Débit moyen ADCP (m ³ /s)	s_r	s_L	Biais méthode ADCP	Incertitude 1 ADCP 1 transect	Incertitude 1 ADCP 6 transects
S01	35	16	229	4.5%	4.6%	+/- 2.5%	+/- 13.1%	+/- 10.2%
S02	35	18	334	4.4%	4.7%	+/- 2.5%	+/- 13.1%	+/- 10.3%
S03	31	18	447	3.5%	3.7%	+/- 2.5%	+/- 10.5%	+/- 8.4%
S04	31	17	571	2.9%	3.1%	+/- 2.5%	+/- 8.8%	+/- 7.0%
S05	33	18	469	4.0%	3.6%	+/- 2.5%	+/- 11.1%	+/- 8.3%
Moyenne	33	17	-	3.9%	3.9%	-	+/- 11.3%	+/- 8.8%

Tableau 6. Résultats de l'analyse interlaboratoire ADCP Génissiat 2012 en termes de répétabilité et de variabilité interlaboratoire (écart-types s_r et s_L), et d'incertitude élargie au niveau de confiance 95 % pour la mesure de débit issue d'un transect ADCP, ou de la moyenne de 6 transects ADCP. Tous sites de jaugeage confondus.

L'usage opérationnel étant de jauger en réalisant la moyenne de 4 à 6 transects successifs, le tableau indique également les valeurs d'incertitude élargie (au niveau de confiance 95 %) pour les mesures de débit issues de la moyenne de 6 transects. Ces valeurs, comprises entre 7 % et 10 %, ne sont pas issues d'un calcul interlaboratoire supplémentaire, mais sont déduites des valeurs d'incertitude obtenues pour un transect, à partir de la formule suivante (Le Coz et al., 2012) donnant l'incertitude élargie sur une mesure de débit issue de la moyenne de N transects et p ADCP :

$$U_{N,p}(Q) = 2 \sqrt{u_{\text{biais}}^2 + \frac{s_r^2}{Np} + \frac{s_L^2}{p}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Cette formule permet de généraliser les résultats d'incertitude à une mesure de débit issue de N transects et p ADCP. Le biais de la méthode ADCP est estimé à partir des tests de sensibilité aux paramètres d'extrapolation des débits mesurés, tests réalisés sur l'intercomparaison de Génissiat 2010 dans des conditions de mesure similaires : $u_{\text{biais}} = 1,25$ %.

Rappelons encore une fois que les valeurs d'incertitude obtenues ne sont valables que **dans les conditions de mesure des essais**, en termes d'écoulement, de géométrie de section et de tronçon, de protocole de déploiement, de paramétrage, de type de matériel, etc. Pour mémoire, les valeurs d'incertitude déterminées de la même façon pour l'intercomparaison de Génissiat 2010 étaient fortement variables selon le site de mesure, qu'il présente des conditions très favorables (amont du pont de Pyrimont) ou défavorables (aval du barrage de Génissiat). A Pyrimont en 2010, la répétabilité était 2,2 % et l'écart-type interlaboratoire était de 2,4 %, soit une incertitude élargie (au niveau de confiance 95 %) de 7,0 % pour 1 transect et de 5,7 % pour 6 transects. A Génissiat en 2010, la répétabilité était 4,5 % et l'écart-type interlaboratoire était de 3,9 %, soit une incertitude élargie (au niveau de confiance 95 %) était de 12,2 % pour 1 transect et de 9 % pour 6 transects. L'incertitude-type associée au biais de la méthode ADCP est toujours considérée égale à 1,25 % dans les calculs ci-dessus¹⁰.

Les valeurs obtenues dans le canal de la Gentille en 2011 étaient intermédiaires.

Pour Génissiat 2012, on obtient les résultats d'incertitude suivants en regroupant les séries de profils 10-20 et 30-40-50.

Série de mesure	Nombre d'ADCP (profils 10-20)	Nombre moyen de transects	Débit moyen ADCP (m ³ /s)	s_r	s_L	Biais méthode ADCP	Incertitude 1 ADCP 1 transect	Incertitude 1 ADCP 6 transects
S01	13	19	232	5.9%	6.4%	+/- 2.5%	+/- 17.6%	+/- 13.9%
S02	13	19	341	6.3%	6.2%	+/- 2.5%	+/- 17.8%	+/- 13.6%
S03	9	19	462	4.9%	4.8%	+/- 2.5%	+/- 13.9%	+/- 10.6%
S04	11	17	580	4.1%	4.4%	+/- 2.5%	+/- 12.3%	+/- 9.8%
S05	13	18	480	5.9%	4.1%	+/- 2.5%	+/- 14.9%	+/- 10.2%
Moyenne	12	18	-	5.4%	5.2%	-	+/- 15.3%	+/- 11.6%

Tableau 7. Résultats de l'analyse interlaboratoire ADCP Génissiat 2012 en termes de répétabilité et de variabilité interlaboratoire (écart-types s_r et s_L), et d'incertitude élargie au niveau de confiance 95 % pour la mesure de débit issue d'un transect ADCP, ou de la moyenne de 6 transects ADCP. [Sites de jaugeage « amont » GE, profils 10-20.](#)

¹⁰ Elle était ignorée dans le rapport de l'intercomparaison Génissiat 2010, où l'on quantifiait l'incertitude hors biais.

Intercomparaison ADCP Génissiat 2012 – Groupe Doppler Hydrométrie
Version du 15.04.2015

Série de mesure	Nombre d'ADCP (profils 30-40-50)	Nombre moyen de transects	Débit moyen ADCP (m ³ /s)	s_r	s_L	Biais méthode ADCP	Incertitude 1 ADCP 1 transect	Incertitude 1 ADCP 6 transects
S01	21	14	228	2.5%	2.0%	+/- 2.5%	+/- 6.8%	+/- 5.1%
S02	21	17	329	2.1%	2.3%	+/- 2.5%	+/- 6.7%	+/- 5.5%
S03	21	18	440	2.4%	1.7%	+/- 2.5%	+/- 6.4%	+/- 4.6%
S04	19	17	566	1.9%	1.2%	+/- 2.5%	+/- 5.1%	+/- 3.7%
S05	20	18	461	1.7%	1.7%	+/- 2.5%	+/- 5.4%	+/- 4.4%
Moyenne	20	17	-	2.1%	1.8%	-	+/- 6.1%	+/- 4.7%

Tableau 8. Résultats de l'analyse interlaboratoire ADCP Génissiat 2012 en termes de répétabilité et de variabilité interlaboratoire (écart-types s_r et s_L), et d'incertitude élargie au niveau de confiance 95 % pour la mesure de débit issue d'un transect ADCP, ou de la moyenne de 6 transects ADCP. Sites de jaugeage « aval » BO+PY, profils 30-40-50.

L'effet de site est nettement visible entre les sections défavorables à l'amont et les sections favorables à l'aval, avec pour un jaugeage ADCP à 6 transects, une incertitude élargie de 10 % à 14 % à l'amont, contre 4,5 % à 5,5 % à l'aval.

Par rapport à Génissiat 2010, l'incertitude obtenue en 2012 est supérieure à l'amont (9 % en moyenne en 2010) et légèrement inférieure à l'aval (5,7 % en moyenne en 2010). Les chiffres de 2012 sont néanmoins très cohérents avec ceux de 2010. La comparaison gagnerait à être approfondie en regardant les valeurs de 2010 série par série, et en détaillant plus les différents sites de 2012.

Les 2 premières séries de 2012 fournissent des incertitudes supérieures aux 3 suivantes : est-ce lié aux débits plus faibles (navigation plus aisée) ou à l'entraînement des équipes (prise en main du site et du matériel en routine) ?

Les incertitudes calculées sur la mesure de débit issue de la moyenne de N transects et p ADCP confirment qu'on ne gagne presque plus rien à moyenniser plus de 6 transects, mais qu'il faut en moyenniser au moins 4, et que l'incertitude est fortement réduite en moyennant même seulement 2 instruments indépendants déployés en parallèle. En revanche, il y a peu de gain en jaugeant avec plus de 4 ADCP simultanés.

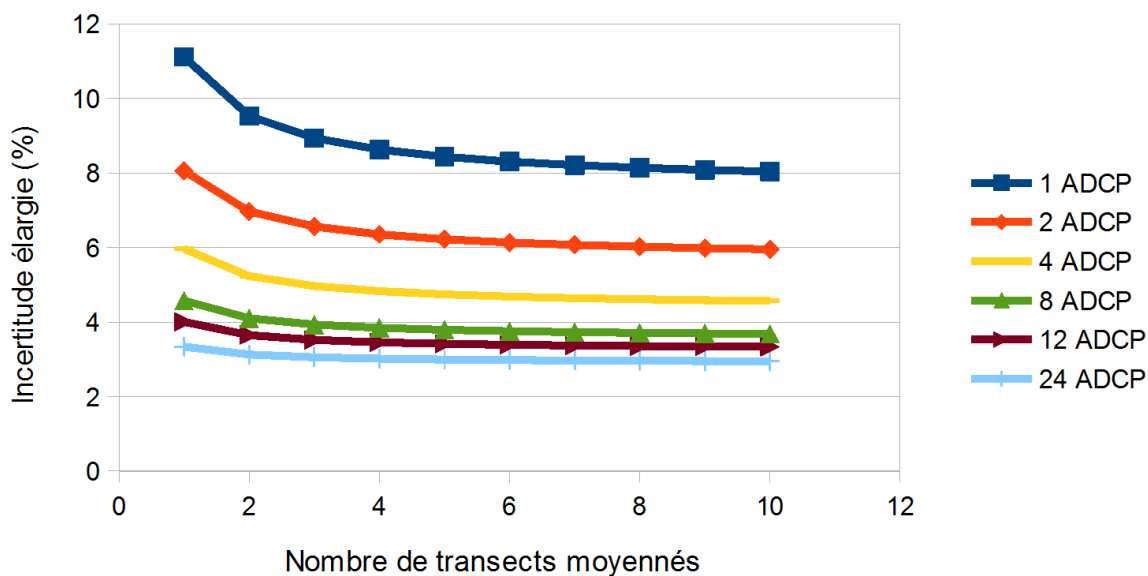


Figure 14. Série S05 - Incertitudes sur la mesure de débit issue de la moyenne de N transects et p ADCP, en considérant un biais sur la méthode ADCP de 1,25 % en incertitude-type (soit $\pm 2,5$ % en incertitude élargie). [Tous sites de jaugeage confondus.](#)

Les résultats pour chacun des sites « favorables », BO (profils 30-40) et PY (profils 50), sont présentés dans les **Tableau 9** et **Tableau 10**. Les résultats d'incertitude sont globalement équivalents pour les deux sites BO et PY, aux incertitudes d'estimation des incertitudes près (voir la synthèse des résultats ci-après).

Intercomparaison ADCP Génissiat 2012 – Groupe Doppler Hydrométrie
Version du 15.04.2015

Série de mesure	Nombre d'ADCP (profils 30-40)	Nombre moyen de transects	Débit moyen ADCP (m ³ /s)	s _r	s _L	Biais méthode ADCP	Incertitude 1 ADCP 1 transect	Incertitude 1 ADCP 6 transects
S01	11	15	231	2.1%	0.9%	+/- 2.5%	+/- 5.3%	+/- 3.6%
S02	12	19	330	1.9%	2.7%	+/- 2.5%	+/- 7.1%	+/- 6.2%
S03	12	19	441	2.2%	1.7%	+/- 2.5%	+/- 6.1%	+/- 4.5%
S04	11	18	566	2.1%	1.3%	+/- 2.5%	+/- 5.5%	+/- 4.0%
S05	11	20	464	1.9%	1.3%	+/- 2.5%	+/- 5.3%	+/- 3.9%
Moyenne	11	18	-	2.0%	1.6%	-	+/- 5.9%	+/- 4.4%

Tableau 9. Résultats de l'analyse interlaboratoire ADCP Génissiat 2012 en termes de répétabilité et de variabilité interlaboratoire (écart-types s_r et s_L), et d'incertitude élargie au niveau de confiance 95 % pour la mesure de débit issue d'un transect ADCP, ou de la moyenne de 6 transects ADCP. Sites de jaugeage « intermédiaire » BO, profils 30-40.

Série de mesure	Nombre d'ADCP (profils 50)	Nombre moyen de transects	Débit moyen ADCP (m ³ /s)	s _r	s _L	Biais méthode ADCP	Incertitude 1 ADCP 1 transect	Incertitude 1 ADCP 6 transects
S01	10	12	224	3.0%	1.4%	+/- 2.5%	+/- 7.0%	+/- 4.5%
S02	9	13	326	2.4%	1.1%	+/- 2.5%	+/- 5.8%	+/- 3.9%
S03	9	17	440	2.8%	1.8%	+/- 2.5%	+/- 7.0%	+/- 4.9%
S04	8	16	564	1.7%	1.0%	+/- 2.5%	+/- 4.6%	+/- 3.4%
S05	9	15	458	1.4%	2.0%	+/- 2.5%	+/- 5.5%	+/- 4.9%
Moyenne	9	15	-	2.3%	1.5%	-	+/- 6.0%	+/- 4.3%

Tableau 10. Résultats de l'analyse interlaboratoire ADCP Génissiat 2012 en termes de répétabilité et de variabilité interlaboratoire (écart-types s_r et s_L), et d'incertitude élargie au niveau de confiance 95 % pour la mesure de débit issue d'un transect ADCP, ou de la moyenne de 6 transects ADCP. Sites de jaugeage « pont » PY, profils 50.

Les résultats pour chacun des sites « défavorables » situés à l'aval proche du barrage, GE_1 (profils 10) et GE_2 (profils 20), sont présentés dans les **Tableau 11 et Tableau 12**. Les résultats d'incertitude sont relativement proches pour les deux sites défavorables, mais légèrement plus élevés pour le site GE_2 situé à l'aval de la section chenalisée de sortie des groupes et dans un secteur à la bathymétrie plus profonde et plus chahutée. Ceci malgré la présence dans le site GE_1 du profil P13 aux conditions de navigation très problématiques et aux résultats très médiocres. Il est possible que les instabilités de l'écoulement engendrées par les groupes se développent encore plus à l'aval de la section resserrée chenalisée.

A noter que les différences d'incertitude observées entre GE_1 et GE_2 sont peu significatives eu égard aux incertitudes d'estimation des incertitudes près (voir synthèse des résultats ci-après). Ces incertitudes sont plus élevées qu'aux autres sites en raison du nombre plus faible d'équipes. Et la différence n'aurait pas pu être établie sans la répétition de 5 essais d'intercomparaison.

Intercomparaison ADCP Génissiat 2012 – Groupe Doppler Hydrométrie
Version du 15.04.2015

Série de mesure	Nombre d'ADCP (profils 10)	Nombre moyen de transects	Débit moyen ADCP (m ³ /s)	s_r	s_L	Biais méthode ADCP	Incertitude 1 ADCP 1 transect	Incertitude 1 ADCP 6 transects
S01	6	21	241	3.6%	4.8%	+/- 2.5%	+/- 12.3%	+/- 10.4%
S02	6	21	346	3.3%	4.4%	+/- 2.5%	+/- 11.3%	+/- 9.6%
S03	5	22	469	4.3%	5.0%	+/- 2.5%	+/- 13.4%	+/- 10.8%
S04	6	16	594	4.1%	4.4%	+/- 2.5%	+/- 12.2%	+/- 9.8%
S05	6	17	488	4.3%	3.8%	+/- 2.5%	+/- 11.8%	+/- 8.8%
Moyenne	6	19	-	3.9%	4.5%	-	+/- 12.2%	+/- 9.9%

Tableau 11. Résultats de l'analyse interlaboratoire ADCP Génissiat 2012 en termes de répétabilité et de variabilité interlaboratoire (écart-types s_r et s_L), et d'incertitude élargie au niveau de confiance 95 % pour la mesure de débit issue d'un transect ADCP, ou de la moyenne de 6 transects ADCP. [Site de jaugeage GE 1, profils 10.](#)

Série de mesure	Nombre d'ADCP (profils 20)	Nombre moyen de transects	Débit moyen ADCP (m ³ /s)	s_r	s_L	Biais méthode ADCP	Incertitude 1 ADCP 1 transect	Incertitude 1 ADCP 6 transects
S01	7	17	223	7.9%	5.8%	+/- 2.5%	+/- 19.7%	+/- 13.5%
S02	7	17	335	8.5%	7.6%	+/- 2.5%	+/- 23.0%	+/- 17.0%
S03	4	17	450	5.8%	3.6%	+/- 2.5%	+/- 13.9%	+/- 9.0%
S04	5	18	565	4.0%	2.8%	+/- 2.5%	+/- 10.1%	+/- 6.9%
S05	7	18	474	7.0%	4.6%	+/- 2.5%	+/- 16.9%	+/- 11.1%
Moyenne	6	17	-	6.6%	4.9%	-	+/- 16.7%	+/- 11.5%

Tableau 12. Résultats de l'analyse interlaboratoire ADCP Génissiat 2012 en termes de répétabilité et de variabilité interlaboratoire (écart-types s_r et s_L), et d'incertitude élargie au niveau de confiance 95 % pour la mesure de débit issue d'un transect ADCP, ou de la moyenne de 6 transects ADCP. [Site de jaugeage GE 2, profils 20.](#)

6.4. Synthèse des résultats

Les résultats d'incertitude obtenus sur les différents sites de mesure, en moyenne sur les 5 essais pour différentes valeurs de débit de consigne, sont résumés dans le **Tableau 13**.

Site de mesure	Nombre d'ADCP	Nombre moyen de transects	s_r	A_r	s_L	$\gamma = \frac{s_r}{s_L}$	A_R	Biais métho de ADCP	Incertitude 1 ADCP 1 transect	Incertitude 1 ADCP 6 transects
TOUS	33	17	3.9 %	±6 %	3.9 %	1.4	±13 %	±2.5 %	±11.3 %	±8.8 %
GE_1	6	19	3.9 %	±13 %	4.5 %	1.5	±38 %	±2.5 %	±12.2 %	±9.9 %
GE_2	6	17	6.6 %	±14 %	4.9 %	1.2	±26 %	±2.5 %	±16.7 %	±11.5 %
GE	12	18	5.4 %	±10 %	5.2 %	1.4	±22 %	±2.5 %	±15.3 %	±11.6 %
BO	11	18	2.0 %	±10 %	1.6 %	1.3	±19 %	±2.5 %	±5.9 %	±4.4 %
BO+PY	20	17	2.1 %	±8 %	1.8 %	1.3	±15 %	±2.5 %	±6.1 %	±4.7 %
PY	9	15	2.3 %	±13 %	1.5 %	1.2	±19 %	±2.5 %	±6.0 %	±4.3 %

Tableau 13. Résultats de l'analyse interlaboratoire ADCP Génissiat 2012 par site de mesure, en moyenne sur les 5 essais. Le symbole \pm indique qu'il s'agit d'une incertitude élargie au niveau de confiance 95 %, les autres pourcentages étant les écarts-types de répétabilité et de variabilité interlaboratoire (s_r et s_L). γ est le ratio reproductibilité sur répétabilité, A_r et A_R sont les incertitudes d'estimation de la répétabilité et de la reproductibilité, respectivement (voir ISO 5725-1 pour les formules les exprimant en fonction de γ , du nombre d'ADCP et du nombre de transects répétés).

Le nombre élevé d'ADCP et de transects répétés permet d'avoir des incertitudes acceptables sur les estimations des écarts-types de répétabilité ($A_r \approx \pm 10\%$) et de reproductibilité ($A_R \approx \pm 20\%$). L'incertitude sur les résultats d'incertitude peut être estimée par l'encadrement $[1/(1+AR), 1/(1-AR)]$, c'est-à-dire environ [83%,125%] de l'incertitude estimée.

Les principales conclusions que nous pouvons tirer de ces résultats sont les suivantes :

- incertitudes équivalentes pour BO, PY, BO+PY, sites à conditions de mesure favorables même si Bognes présentaient *a priori* des vitesses plus élevées et plus dispersées : environ $\pm 4,5\%$ pour la moyenne de 6 transects successifs, valeur conforme aux 5% reconnus pour un jaugeage ADCP dans de bonnes conditions ;
- incertitude beaucoup plus élevée pour le site GE en conditions défavorables : environ $\pm 12\%$, ce qui correspond à un jaugeage de qualité passable. La source d'erreur principale non identifiée en 2010 l'a été cette fois-ci : écoulement instable d'une traversée à l'autre en raison de la proximité des groupes de l'usine. L'incertitude obtenue est légèrement supérieure sur le site GE_2 ($\pm 11,5\%$) par rapport à GE_1 ($\pm 9,9\%$), la différence étant peu significative ;
- ces valeurs d'incertitude sont cohérentes (quoique légèrement différentes) à celles obtenues lors des essais d'intercomparaison de 2010 : $\pm 5,4\%$ et $\pm 9,0\%$ pour PY et GE respectivement ;
- le nombre élevé d'ADCP et de transects répétés permet d'avoir des incertitudes acceptables sur les estimations d'incertitude. Les différences d'incertitude obtenues entre GE (entre $\pm 10\%$ et $\pm 15\%$) et les sites favorables (entre $\pm 3,7\%$ et $\pm 5,6\%$) sont donc significatives, tandis que celles entre les sites favorables ne le sont pas et celles entre les deux sous-sites défavorables le sont peu ;
- ces résultats montrent encore une fois l'importance du choix de la section de mesure (et des perturbations amont et aval) pour maîtriser l'incertitude de jaugeage. Il est donc important également de conduire les essais interlaboratoire sur des sites présentant des conditions de mesure similaires pour l'ensemble des participants : ici, les résultats d'incertitude obtenus en mélangeant les équipes de tous les sites, favorables comme défavorable, a peu de sens.

Annexe 1 : composition et répartition des participants

Intercomparaison ADCP Génissiat 2012
Equipes par bateau

Organismes bateau	Bateaux				ADCF1				ADCF2				ADCF3						
	Code	Site	Profil	Type	Marinier	Aide-marinier	Nombre d'ADCP	Organismes	Type	Support	Opérateurs	Organismes	Type	Support	Opérateurs	Organismes	Type	Support	Opérateurs
CNR DR-Bellefleur		Navette		zodiac 50cv	T.Lachenaï	G. Pierrefeu	0												
	CNR1	GE_1	11	Nerque 115cv	S. Fraignon		2	CNR1	RG12	Fixe	N. Janin	CNR1	RG6	fixe	P. Bompard				
DRIEE Ile-de-France		GE_1	12	Zeppelin 65cv	A. Jastin	P. Granddidièr	2	IDF2	RG12	potence tribord	M. Duvinage	HTV	RR	Flotteur	D. Lepa				
	EDF R&D	GE_1	13	Zodiac 30cv	P. Thellier		2	ERD1	RG6	potence		BRG1	RG12	Flotteur	BRG 1				
EDF-DTG Brive		GE_2	21	Zodiac 150cv	H. Peugni		2	BRI	RG12	Flotteur	T. Morlot	BRI	RR	Flotteur	P. Vignon				
	SPC Vienne-Thouet	GE_2	22	50 cv	C. Bourguignon	STK 2	2	VTH	RR	potence	L. Guet	STK1	M9	Flotteur	STK 1				
DREAL PDL Angers		GE_2	23	GULLWING 420/25CV	Y. Audasseau	DHZ 2	2	ANG	M9	Planche torrenribord	J.Martin	DHZ1	RG6	Flotteur	DHZ 1				
	EDF-DTG Grenoble	GE_2	24	Zodiac 25cv	A. Ménaud		2	GRE	RG12	Flotteur	V. Baron	GRE	RG6	Flotteur	R. Martin				
DREAL Centre		BO_1	32	115 cv	P. Guichon	R.Jousset	2	CTR1	RG12	Flotteur	Guichon	CTR1	RR	Flotteur	Jousset				
	CNR	BO_1	33	Alpina 30cv	J. Laurent		3	CNR2	RG12	Fixe	X. Martin	CNR2	RG6	fixe	Ulliac				CNR
SPC GD		BO_1	34	Zodiac 50cv	E. Babik Van Ben		2	GDT	BB12	Fixe	G. Fourquet	STK2	M9	flotteur	STK 3				
	DREAL Centre	BO_2	41	Zodiac 50cv	F. Fourrier	J. Plasson	2	CTR2	RG12	Fixe	Fourrier	CTR2	RR	Flotteur	Plasson				
DREAL PDL Nantes		BO_2	42	Vedette au 50CV	G. Geffray	M.LEBEE	2	NAN	RG 12	potence tribord	C.EMARD	NAN	M9	potence babord	M.Lebée				
	DRIEE Ile-de-France	BO_2	43	Zeppelin 90cv	C. Dyoke	J. Dibaime	2	IDF1	RG12	potence tribord	M. Valente	RD11	SP	cata	K. Grangier				
CNR		PY	51	Zodiac 25cv	Th.Pantel		2	CNR3	RR	cata à couple	Moretton	DHZ2	RG12	cata	DHZ 3				
	DREAL Bourgogne	PY	52	Zodiac 25cv	G. Pollarde	RD1 2	3	BRG2	RG12	potence	D. Brigand	ALS	SP	cata	M. Zaegler	RD12	RR		L. Michel
DREAL Rhône-Alpes		PY	53	Zodiac 10cv	P. Duby		2	RAL	RG12	Fixe	Y. Longefay	DHZ3	RG6	cata	DHZ				
	Iristea Lyon	PY	55	Zeppelin 50cv	F. Thollier	Trine Lisa Sorensen	2	NVE	RG12	fixe	Line Dale	IRS	SP	cata	Marie Couriel				
SPC Littoral Atlantique		PY	56	10 cv	G. Leboigne		1	ATL	RG12	trimaran									

