

PROGRAMME MEEM (DGPR / SRNH) - IRSTEA 2018
Connaissance et prévention des risques naturels et hydrauliques

*Ces travaux bénéficient du soutien du Ministère chargé de l'environnement, de l'énergie et de la mer
par décision de subvention n°2102049246*

Action 2 : Prévision des crues

A4 – Quantification des incertitudes des mesures de débit par ADCP

DECEMBRE 2018

Aurélien DESPAX
Jérôme LE COZ

Irstea, Unité de recherche « RiverLy »
5 rue de la Doua
CS 20244
69625 VILLEURBANNE Cedex

www.irstea.fr



Contexte et objectifs de l'action :

La technique de mesure de débit des cours d'eau par profileur hydro-acoustique ADCP est de plus en plus répandue parmi les services de production de données hydrométriques. Les évolutions récentes des ADCP ont notamment permis l'utilisation de cet outil dans des rivières peu profondes.

De nombreuses études ont montré que les valeurs de débit obtenues au moyen de cette technique de jaugeage ne sont significativement pas biaisées. Néanmoins, pour évaluer la qualité des données produites pour toutes les situations de jaugeage (des plus favorables au plus défavorables), il est nécessaire de conduire une analyse d'incertitude. L'analyse d'incertitude permet en outre d'indiquer à l'opérateur les sources d'erreur qui contribuent le plus à l'incertitude finale afin d'adapter éventuellement le protocole de mesure.

A l'heure actuelle, peu d'outils sont utilisés de manière opérationnelle pour quantifier l'incertitude. A titre informatif, des gammes d'incertitude sont généralement proposées, comme celles exposées dans la charte qualité hydrométrie [Perret et al, 2017]. Celles-ci varient par exemple de 5% (au niveau de confiance de 95%) dans des conditions bien adaptées au déploiement d'un ADCP à 10% pour des cas plus défavorables.

Pour quantifier les incertitudes de mesures en hydrométrie, deux approches peuvent être envisagées :

- La méthode de propagation analytique des incertitudes (ou méthode GUM), applicable à tout jaugeage
- La méthode par essais interlaboratoires, dont l'estimation d'incertitude n'est valable que dans les conditions de l'essai.

Ces méthodes, dont le principe général est exposé à la Figure 1, reposent toutes deux sur des documents normatifs.

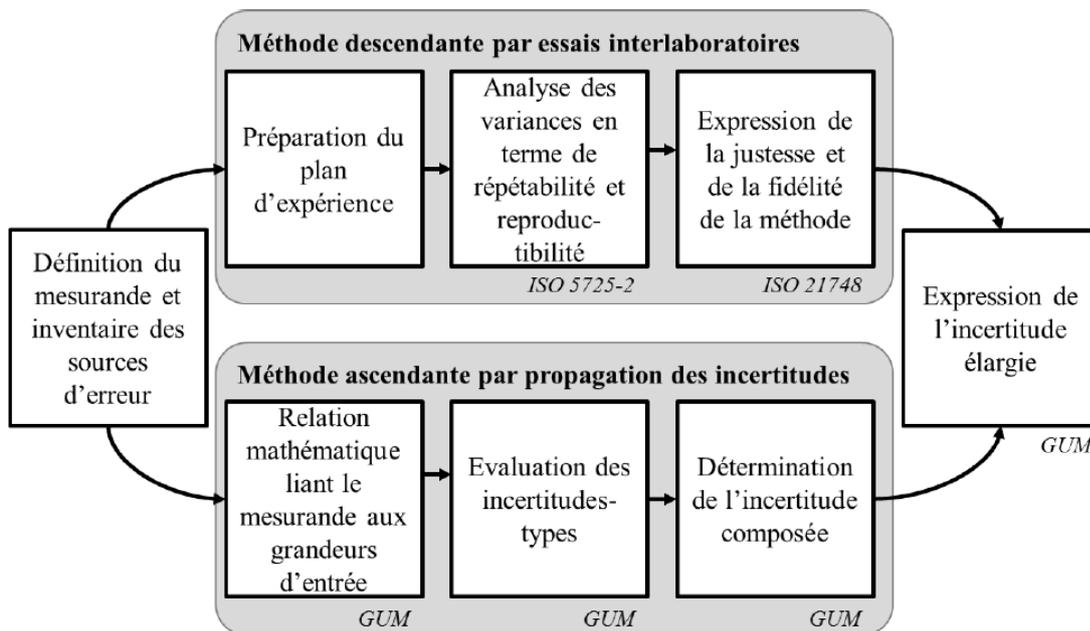


Figure 1 : Synthèse des différentes approches d'estimation des incertitudes et guides associés (figure adaptée de Blanquart, 2013)

En principe, les estimations d'incertitude de ces deux approches convergent. C'est dans ce cadre que s'inscrit l'étude présentée ci-dessous. Les objectifs sont les suivants :

- 1.a. Consolider et poursuivre le développement de la méthode analytique nommée OURSIN (co-développée avec la Compagnie Nationale du Rhône)
- 1.b. Implémenter la méthode OURSIN dans le logiciel QRev pour faciliter sa diffusion à l'international

- 2. Finaliser le traitement des essais interlaboratoires de Chauvan 2016
- 3.a. Comparer entre elles les méthodes analytiques de la littérature (dont OURSIN)
- 3.b. Confronter les résultats interlaboratoires aux méthodes analytiques (dont OURSIN) afin de vérifier la concordance des estimations d'incertitude

Note à propos du logiciel QRev :

Le logiciel QRev [Mueller, 2016], maintenant utilisé par de nombreuses unités d'hydrométries en France (EDF, CNR, UH...), est un logiciel de post-traitement de données acquises avec un ADCP, quel que soit le constructeur d'appareil (SonTek ou RDI). Ce logiciel, développé par l'USGS¹ et diffusé gratuitement, permet d'assurer un contrôle qualité de la mesure (principalement selon les standards de l'USGS) et d'objectiver le choix des paramètres utilisés par l'opérateur. Il est notamment proposé le choix des lois et le calcul des coefficients associés permettant l'extrapolation des profils de vitesse dans les zones non mesurées par l'appareil (en surface et au fond).

Initialement codé en Matlab, une bascule vers un langage gratuit (Python) est en cours. Le code Python a été partagé et cette opportunité permet d'envisager des évolutions de l'outil ainsi que l'intégration d'un calcul d'incertitude tel qu'OURSIN, en collaboration avec l'USGS.

Remarque :

La présente étude court sur deux contrats, avec le soutien du SCHAPI et en collaboration avec EDF et CNR. Un premier contrat de 9 mois a eu lieu de novembre 2016 à juillet 2017. Le second contrat, d'une durée de 12 mois et encadré par Jérôme Le Coz, a débuté en septembre 2018.

Comité technique :

L'action bénéficie du soutien et de la collaboration technique de différents organismes dont les personnes suivantes constituent le « comité technique » de suivi :

- Arnaud Belleville (EDF)
- Jocelyn Cousseau (DREAL Pays de la Loire)
- Karine Delamarre (CNR)
- Elodie Dufeu (SCHAPI)
- Alexandre Hauet (EDF)
- Grégoire Naudet (CNR)
- Gilles Pierrefeu (CNR)

Ce comité a été réuni le 26 novembre 2018.

1. Méthode OURSIN

Présentation et objectifs

La méthode de calcul d'incertitude OURSIN s'inspire de travaux de recherche réalisés à Irstea et CNR conduits par Dramais [2011] dans le but d'étendre la norme ISO 748 [ISO, 2009] aux jaugeages par ADCP. Depuis, CNR a développé une application (logiciel OURSIN) qui se veut un outil d'aide à la décision opérationnel pour le calcul de l'incertitude.

¹ USGS : *United States Geological Survey*, organisme gouvernemental américain se consacrant aux sciences de la Terre et exploitant le réseau national de stations hydrométriques (environ 8000).

Basé sur une méthode simplifiée de propagation analytique des incertitudes, OURSIN consiste à appliquer le GUM en décomposant le débit en plusieurs termes puis à réaliser l'évaluation de l'incertitude-type de certaines composantes à partir de calculs de sensibilité. Par exemple, l'incertitude due à l'extrapolation du débit de surface est obtenue en faisant varier les différents paramètres affectant le calcul du débit de surface (loi d'extrapolation, enfoncement du capteur). Au final, OURSIN propose un résultat d'incertitude avec la contribution des différentes sources d'incertitude. Ainsi, l'hydromètre dispose d'une valeur d'incertitude plus pertinente qu'une simple valeur informative. De plus, la décomposition des sources d'erreur lui permet éventuellement d'adapter la stratégie de mesure en vue de réduire l'incertitude finale.

Le logiciel OURSIN de la CNR présente toutefois certaines limites. Dans un premier temps, seules les mesures acquises avec un ADCP de type RDI avec cellules de mesure à taille fixe peuvent être utilisées. L'utilisation du logiciel nécessite de plus un export texte au format ASCII via le logiciel d'acquisition WinRiverII. Cela restreint fortement l'application de la méthode bien que la communauté de l'hydrométrie francophone commence déjà à utiliser le logiciel développé. De plus, cet outil s'ajoute aux outils d'acquisition (WinRiverII ou RiverSurveyor) et de post-traitement (QRev) que l'hydromètre utilise successivement lorsqu'il réalise une mesure par ADCP.

L'opportunité d'implémenter la méthode OURSIN dans le logiciel QRev permettrait ainsi d'obtenir un seul logiciel pour le post-traitement et le calcul d'incertitude de tout type d'ADCP. Il s'agit également d'une occasion de consolider et de faire évoluer la méthode, tout en envisageant sa diffusion à une large communauté, étant donné l'utilisation du logiciel QRev dans le monde.

Résultats de l'action en 2018

Le partage récent des codes du logiciel QRev (en langage Python) par l'USGS permet d'implémenter la méthode en phase de recherche.

En parallèle, la CNR a formalisé la méthode OURSIN et a partagé la notice technique [Naudet, 2018]. Un article en français sera prochainement publié dans La Houille Blanche [Pierrefeu et al, 2019].

La méthode OURSIN repose sur la simulation de différents scénarios probables afin de quantifier l'incertitude. A ce stade de développement, un script en Python a été écrit pour calculer l'incertitude d'un jaugeage. Pour chacune de 25 simulations nécessaires (Figure 2), le logiciel QRev est appelé. Les résultats des débits de toutes les simulations sont ensuite directement utilisés pour l'estimation de l'incertitude.

	U'cell et ens vides	U'ev	U'surfa ce	U'fond	U'rive droite / U'rive droite							Remarques
	Incertitude concernée					Choix des méthodes de calcul et des paramètres						
	X	X	X	X	X	Loi surface	Loi fond	Extrapolation cellules vides	Extrapolation ensembles vides	Forme des berges	Autre paramètre ponctuel	
1	X	X	X	X	X	A	A	A	A	A (*)		Débit de référence
2			X	X		Pwr E1	A	A	A	A		
3			X	X		Pwr E2	Pwr E2	A	A	A		
4			X	X		Pwr E3	Pwr E3	A	A	A		
5			X			3pts	A	A	A	A		
6			X			Cst	A	A	A	A		
7				X		A	Pwr E1	A	A	A		
8				X		A	ss-gliss E1	A	A	A		
9					X	A	A	A	A	A ou triangle si A = incertain (1)	Laisse -x%	(1) Minimise le débit
10					X	A	A	A	A	A ou carré si A=incertain (2)	Laisse +x%	(2) Maximise le débit
11			X		X	A	A	A	A	A	Enf -x%	impacte la hauteur de la zone de surface et la hauteur d'eau pour la calcul de berge
12			X		X	A	A	A	A	A	Enf +x%	idem
13	X					A	A	A	Précédent	A		
14	X								Suivant			
15	X								Moyenne			
16			X		X	A	A	A	A	A	Roulis tangage	Non opérationnel
17		X				A	A	A	A	A	Seuils d'Error Velocity modifiés	
18	X					A	A	Pwr E1	A	A		
19	X					A	A	Haut	A	A		Interpolation à partir des cellules du même ensemble
20	X					A	A	Bas	A	A		
21	X					A	A	Moy HB	A	A		
22	X					A	A	Gauche	A	A		
23	X					A	A	Droite	A	A		Interpolation à partir des cellules d'un ensemble voisin
24	X					A	A	Moy GD	A	A		
25	X					A	A	Moy GDHB	A	A		

Figure 2 : Détail des 25 simulations nécessaires au calcul d'incertitude OURSIN (tableau CNR)

Les différents termes d'incertitude sont ensuite quantifiés pour chacun des transects d'un jaugeage selon l'équation suivante. Un exemple de répartition de la variance est présenté à la Figure 3 pour 6 transects d'un jaugeage.

$$u^2(Q_k) = u_s^2 + u_{ens}^2 + u_{ev}^2 + u_{proj}^2 + u_{Q_{cellules\ vides}}^2 + u_{Q_{ensembles\ vides}}^2 + u_{Q_{top}}^2 + u_{Q_{bot}}^2 + u_{Q_{rive\ droite}}^2 + u_{Q_{rive\ gauche}}^2 + u_{mesure}^2$$

L'incertitude finale est ensuite combinée pour le jaugeage considéré et la contribution des différentes sources d'incertitude est montrée comme illustré à la Figure 4. Cette distribution montre, par exemple, que les principales sources de l'incertitude finale proviennent de l'extrapolation du débit en surface et au fond ainsi qu'aux erreurs systématiques incompressibles. Figure 1

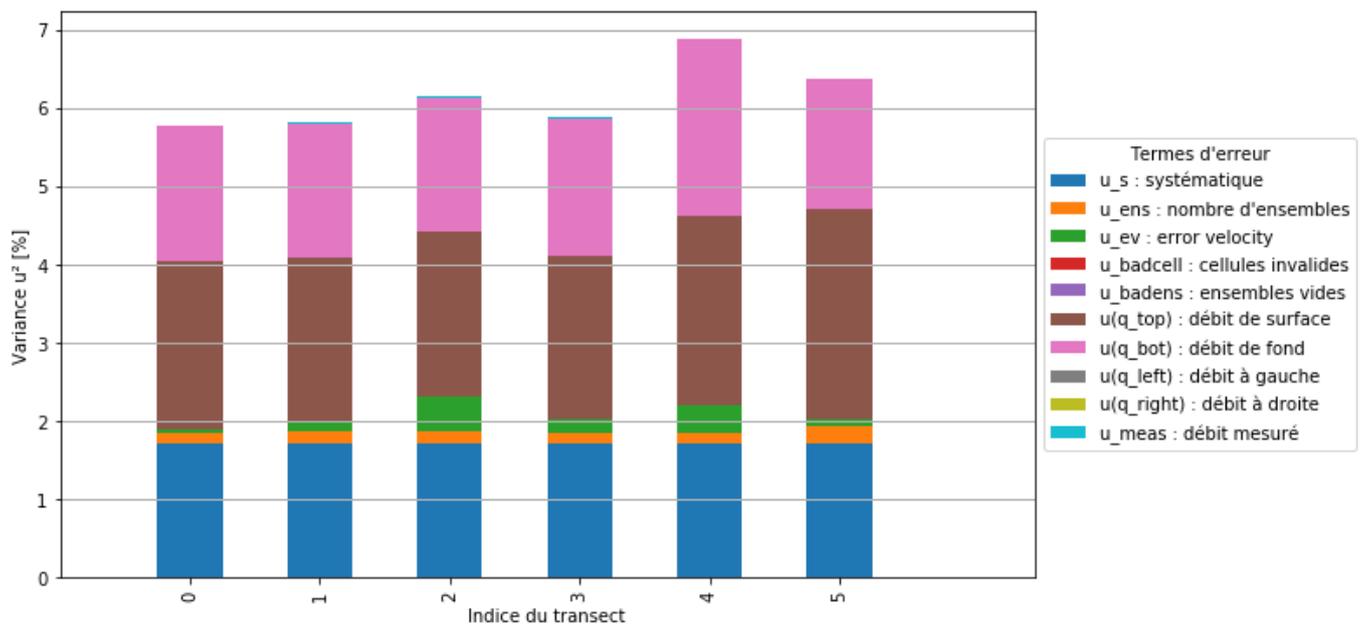


Figure 3 : Contribution des sources d'incertitude en termes de variance par transect.

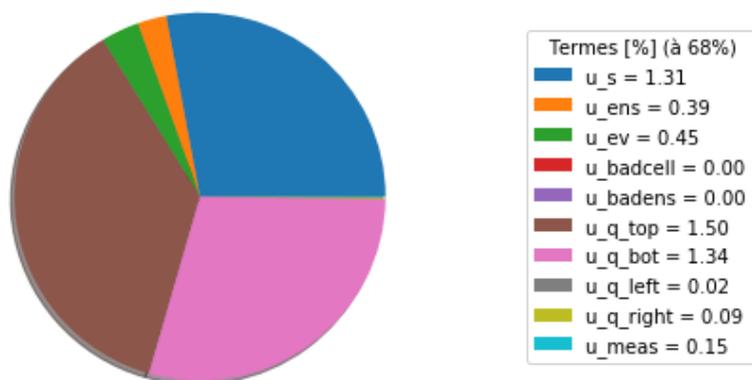


Figure 4 : Distribution des sources d'incertitude pour le jaugeage complet.

Perspectives

Au stade de l'implémentation de la méthode, seul un script est disponible. Il permet de vérifier la concordance des calculs entre le logiciel CNR et l'utilisation du code avec appel QRev.

Pour répondre aux premiers besoins, une interface pourra être mise en place afin de sélectionner un jaugeage et d'afficher l'incertitude du jaugeage et la contribution des sources d'erreur.

La prochaine étape est d'implémenter OURSIN directement dans le cœur de QRev afin de réaliser les tests de sensibilité directement et de gagner en efficacité en temps de calcul. Cette phase doit se poursuivre en accord avec l'USGS. A terme, l'objectif est d'intégrer pleinement le calcul OURSIN dans le logiciel QRev pour permettre son application la plus large possible.

2. Essais interlaboratoires de Chauvan 2016

Présentation des essais et résultats de l'action SNRH 2016-2017

Du 8 au 10 novembre 2016, le Groupe Doppler Hydrométrie a organisé sur le Taurion, à l'aval du barrage-usine de Chauvan, une campagne d'essais interlaboratoires de mesures de débit par profileur hydro-acoustique ADCP. En

l'absence de mesure de référence en termes de débit, les intercomparaisons constituent en effet un moyen utile afin de quantifier l'incertitude de la technique de mesure dans des conditions de mesure données [Dramais et al., 2014] [Le Coz et al., 2016] [Bertrand et al., 2016].

Cette 5^{ème} campagne interlaboratoire du Groupe Doppler Hydrométrie (après celles de la Vézère en 2009 [Le Coz et al., 2009], de Génissiat en 2010 et 2012 [Pobanz et al., 2011 & 2015] ainsi que celle du canal de la Gentille en 2011 [Hauet et al., 2012]) a rassemblé 48 laboratoires (ou équipes de mesure) français et étrangers issus d'organismes publics ou privés, permettant la réalisation de plus de 600 mesures de débit réparties sur 3 demi-journées. Deux types d'appareils ont été principalement utilisés : le StreamPro de RDI et le M9 de SonTek. En parallèle, le débit a été mesuré en continu par deux ADCP (StreamPro et Q-Liner) sur des sections de mesure fixes et les hauteurs d'eau ont été enregistrées par trois capteurs limnimétriques (deux sondes piézométriques relatives (Paratronic) disposées sur deux sections de mesure et un radar (VEGA) au niveau de la station hydrométrique EDF-DTG) (voir carte à la Figure 5).

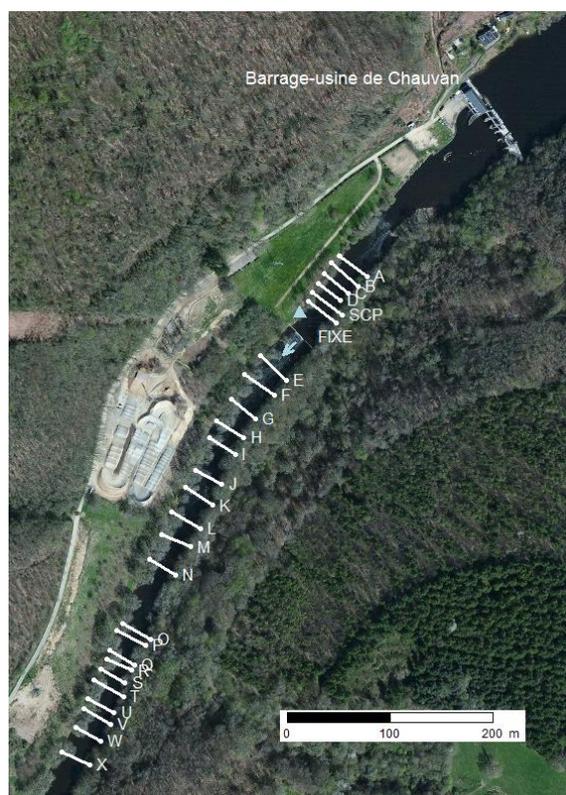


Figure 5 : Répartition des sections de mesure à l'aval du barrage de Chauvan

Les essais interlaboratoires de Chauvan se distinguent par l'originalité du protocole d'essai mis en œuvre. Premièrement et alors que les campagnes précédentes ont eu lieu sur des sites de mesure plutôt favorables, caractérisés par des géométries de section en travers relativement simples, des sections de mesure plus variées et complexes ont cette fois été choisies (faibles profondeurs, écoulements parfois perturbés par des obstacles). La présentation et les résultats préliminaires des essais ont fait l'objet d'un rapport technique [Despax et al., 2017].

Profitant de débits stables délivrés par le barrage de Chauvan, de l'ordre de 14 m³/s au cours des 3 sessions de mesures, les premiers résultats conduisent à une incertitude de l'ordre de $\pm 7,5\%$ (au niveau de confiance de 95 %, soit un facteur d'élargissement $k=2$) pour un jaugeage par ADCP comportant 6 transects de mesure (3 aller-retour) dans les conditions de mesure de l'essai. En outre, les débits mesurés au cours des essais sont cohérents avec les mesures complémentaires, à moins de 5 % près (jaugeages par ADCP en continu, jaugeage par la méthode globale de dilution et débit associé à la courbe de tarage selon la méthode de tracé conventionnelle, selon la méthode GesDyn ou selon le logiciel BaRatinAGE).

Les premiers résultats ont montré que la dispersion des valeurs de débit est nettement corrélée à la qualité des sections de mesure évaluée in situ par les équipes ainsi qu'au ratio du débit mesuré (rapport entre débit exploré par l'ADCP et débit total). L'incertitude associée varie ainsi de 5,5% pour les sections les plus favorables à 12% pour les sections jugées comme mauvaises et pour lesquelles la part de débit extrapolée est importante (Figure 6).

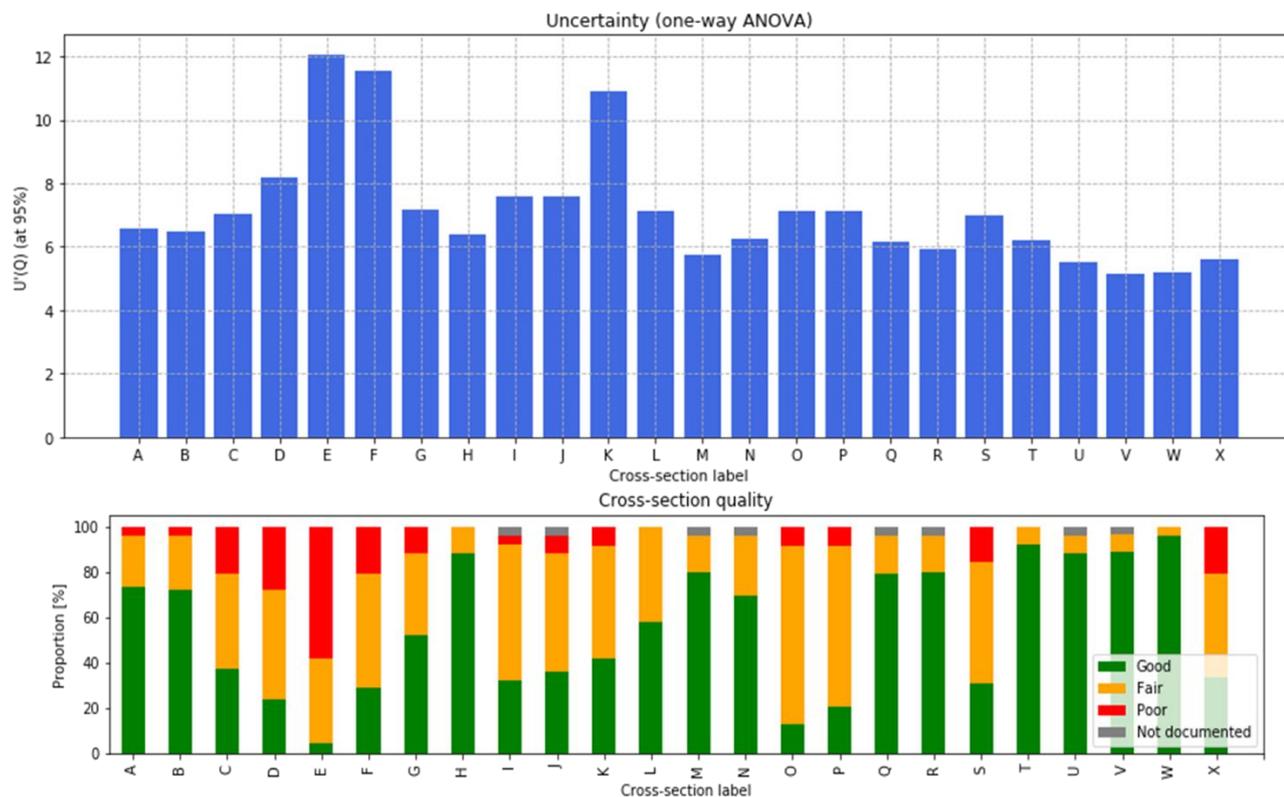


Figure 6 : Incertitude (au niveau de confiance à 95%) en fonction de la section de mesure et évaluation de la qualité des sections de mesures par les opérateurs.

Le nombre important de laboratoires rassemblés a permis une évaluation fiable de cette incertitude de mesure, bien que l'estimation de la composante de biais de la technique de mesure reste problématique.

Enfin, des permutations ont été réalisées par les 48 laboratoires sur les 24 sections de mesure (voir carte à la Figure 5). Ces permutations ont permis la conduite d'une étude statistique (Analyse de variance ou ANOVA à deux facteurs) permettant de décomposer et quantifier l'incertitude liée à la section de mesure, à l'effet opérateur et aux éventuelles interactions de ces deux effets. Cette nouvelle méthodologie de calcul est présentée dans un article en cours de finalisation (voir document joint).

Résultats de l'action en 2018

Le partage récent des codes du logiciel QRev (en langage Python) par l'USGS a permis une accélération du traitement des 600 mesures des essais de Chauvan. De plus, différents paramétrages ont pu être testés pour étudier l'influence des lois d'extrapolation retenues.

L'utilisation du logiciel QRev a ainsi permis d'harmoniser le dépouillement des mesures de débit (indépendamment du type d'ADCP).

Mode automatique

Un premier post-traitement a été réalisé sur l'ensemble des 600 jaugeages selon le mode automatique proposé par QRev. Celui-ci sélectionne la loi d'extrapolation la plus adéquate. Dans le cas des essais de Chauvan, deux scénarios ont tendance à être retenus : une loi puissance en surface et au fond (Power-power) ou une loi constante en surface

associée à une loi sans glissement au fond (Constant-No slip). La répartition des lois retenus selon les sections de mesures (de A à X) au fond et en surface est représentée à la Figure 7.

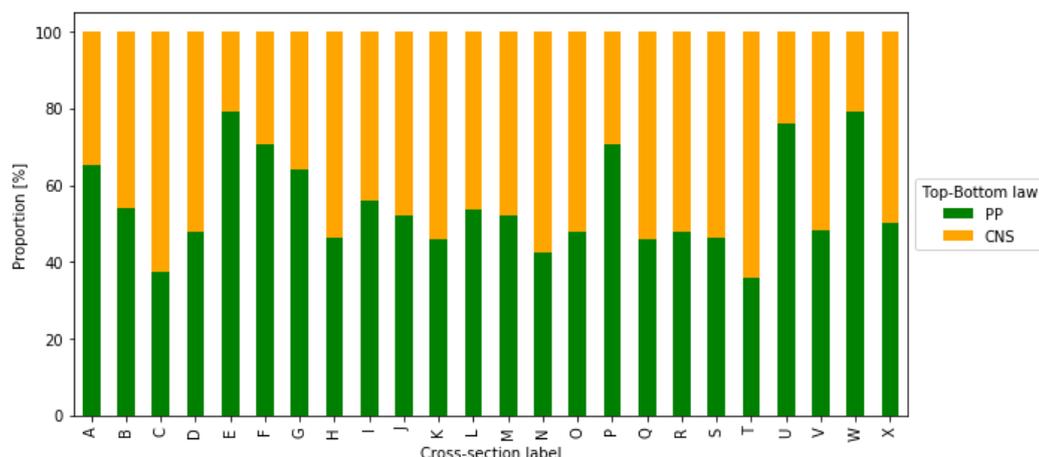


Figure 7 : Répartition par section de mesure (de A à X) de la loi d'extrapolation retenue par le logiciel QRev entre loi puissance en surface et au fond (PP) et loi constante sans glissement (CNS).

On constate que, globalement, dans 50% des cas une loi constant-sans glissement est retenue, et ce, quel que soit la section de mesure. On s'attendrait à avoir le même type de loi pour une même section de mesure, car l'écoulement mesuré a la même forme.

Ce ratio s'explique par l'utilisation de deux types d'appareils (environ 50% de M9 et 50% de StreamPro). Pour les jaugeages réalisés au M9, le logiciel QRev propose une loi puissance (avec un exposant souvent proche de 0.3) tandis que pour les jaugeages réalisés avec un StreamPro, une loi constante sans glissement est souvent retenue (Figure 8). Pour les mesures au M9, le logiciel QRev exclut une partie des vitesses mesurées, correspondant à une distance de 16cm sous l'appareil, ce qui explique le basculement d'une loi CNS en loi PP. L'USGS considère que certains appareils (dont le M9) et le support associé génèrent une perturbation du profil de vitesse en surface.

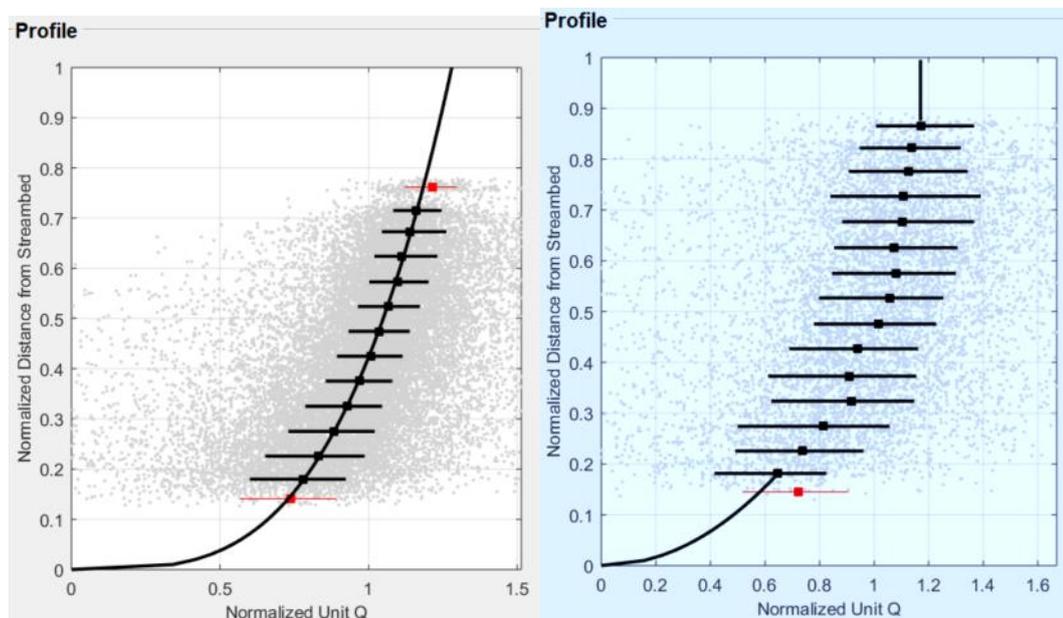


Figure 8 : Profil vertical normalisé des vitesses pour un M9 avec extrapolation du profil en loi puissance (à gauche) et un StreamPro avec une extrapolation en loi constante en surface et sans glissement au fond (à droite), pour deux jaugeages réalisés à la section de mesure M.

De plus, on observe un bruit relativement important des mesures rendant le calage statistique d'une loi moins robuste. Enfin, le poids des ensembles de mesure près des berges est plutôt important. En effet, pour estimer

correctement le débit de berge, l'opérateur place l'ADCP en mode stationnaire de manière à obtenir 10 ensembles (protocole imposé à tous les opérateurs) afin de déduire ainsi une vitesse robuste. Dans ces zones où les vitesses sont faibles, les profils verticaux de vitesse peuvent s'éloigner d'une forme en loi puissance souvent utilisée en hydrométrie [ISO, 2009].

Compte-tenu du tirant d'eau relativement faible (de l'ordre de 1m) la part de débit extrapolé en surface est alors importante et la différence de débit entre une loi puissance et une loi CNS induit une forte variabilité des résultats.

Loi puissance avec coefficient calé par section de mesure

Pour pallier la sensibilité de QRev au choix de la loi d'extrapolation, le choix a été fait de forcer une loi puissance en surface et au fond. Un coefficient d'extrapolation a été ainsi calculé pour chacun des jaugeages (voir Figure 9)

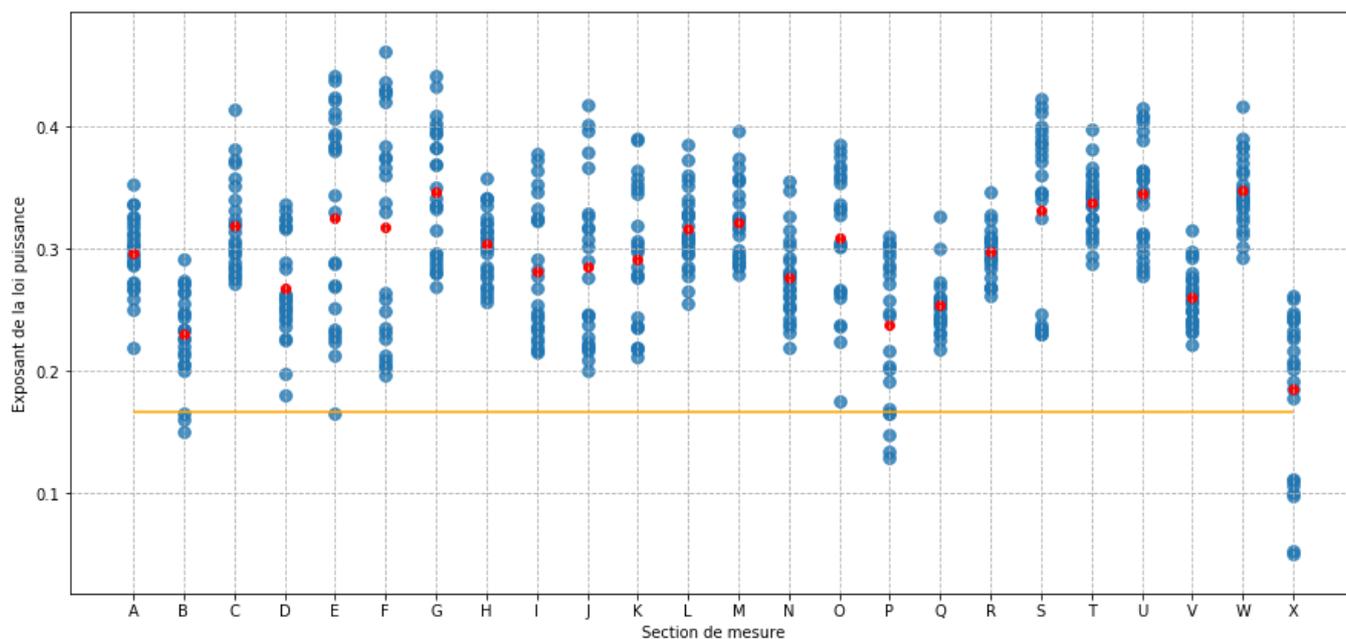


Figure 9 : Exposants d'extrapolation retenus par QRev pour chaque jaugeage en fonction de la section de mesure (points bleus). Les points rouges indiquent les exposants moyens calculés par section de mesure. La ligne horizontale en orange représente le coefficient par défaut généralement retenu par les opérateurs, soit 0.167 (1/6).

Un exposant d'extrapolation moyen a ensuite été retenu par section. Ce coefficient a été ensuite appliqué à chaque jaugeage. Ce choix de cohérence des scénarios d'extrapolation s'explique par l'utilisation de drisses qui garantit que chaque jaugeage a été réalisé sur la même section de mesure.

Décomposition de l'incertitude

Le jeu de jaugeage dépouillé de manière homogène a ensuite été utilisé pour l'analyse de variance (ANOVA à deux effets) afin de décomposer les incertitudes liées à l'effet de section de celles liées à l'effet opérateur-matériel.

La méthodologie de l'ANOVA à deux effets est présentée dans l'article en cours de rédaction (en document joint). Le principe consiste à décomposer la variance totale des résultats en :

- Variance expliquée par l'effet section, qui correspond aux erreurs systématiques de chaque section (pour tous les opérateurs),
- Variance expliquée par les erreurs systématiques de chaque équipe (opérateurs et matériel associé) sur toutes les sections,
- Variance due aux erreurs systématiques de chaque couple équipe-section (ou interaction des effets liés à la section et à l'équipe),

- Variance de répétabilité, liée à la répétition des transects pour obtenir une mesure de débit

Le plan d'expérience mis en place lors des essais de Chauvan n'a pas permis à chacune des 48 équipes de circuler sur les 24 sections. De ce fait, deux sous-groupes ont été constitués. Un groupe de 24 équipes (groupe 1) ayant réalisé des jaugeages (avec une répétition de 6 transects) sur 12 sections. Un second groupe (groupe 2) de 24 équipes ayant mesuré le débit sur les 12 autres sections. On obtient ainsi deux groupes ayant réalisé un plan d'expérience dit croisé (toutes les équipes ont mesuré toutes les sections du groupe) et équilibré (même nombre de répétition de mesure).

La Figure 10 montre la décomposition de la variance pour les deux groupes ainsi que la décomposition de la variance pour un jeu de bonnes sections (M, U et V) et de mauvaises sections (E, F et I) appartenant au groupe 1. L'incertitude totale des groupes 1 et 2 est respectivement de 7,7 et 7,5% (au niveau de confiance de 95%), ce qui confirme les résultats de l'approche classique interlaboratoire (équivalent à une ANOVA à 1 effet). On constate également que les deux groupes sont équivalents bien que les sections mesurées diffèrent.

On remarque que les termes prépondérants sont les résidus (répétabilité) et l'interaction entre les effets équipe et section. L'effet purement dû à la section (caractéristiques géométriques par exemple) n'a que peu d'influence tandis que l'effet dû à l'équipe est légèrement plus élevé (type d'appareil par exemple). Les interactions entre ces deux effets sont majoritaires, surtout dans le cas d'une « mauvaise » section de mesure. En effet, une section sur laquelle le ratio débit mesuré est faible sera plus sensible aux choix de l'opérateur (mesure de l'enfoncement du capteur, vitesse de déploiement de l'ADCP, choix des extrapolations notamment).

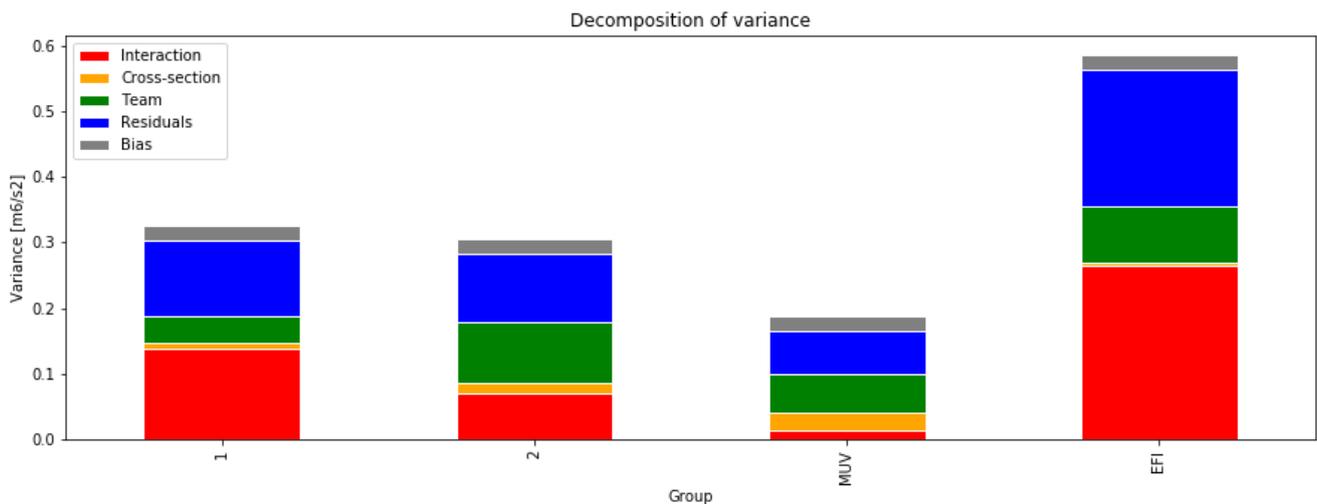


Figure 10 : Décomposition de la variance pour le groupe 1, le groupe 2, un lot de "bonnes" sections du groupe 1 (sections M, U et V) et un lot de mauvaises sections du groupe 1 (sections E, F, I)

Cette décomposition permet d'envisager les stratégies possibles pour réduire l'incertitude de la manière la plus efficace, en fonction des ressources disponibles. La Figure 11 montre ainsi l'évolution de l'incertitude en fonction du nombre total de transects réalisés. Dans des cas de litige par exemple, il peut être possible de procéder au mesurage du débit par plusieurs équipes sur une section de mesure. Cependant, la situation opérationnelle la plus souvent rencontrée est celle d'une seule équipe. On peut alors envisager d'effectuer des mesures réparties sur plusieurs sections de mesure pour réduire l'incertitude.

Ainsi, pour un même nombre total de transects, mesurer le débit par plusieurs équipes sur une seule section est plus efficace que d'explorer plusieurs sections par une seule équipe. Cela s'explique par une contribution plus forte de l'effet équipe dans l'incertitude finale, comme illustré à la Figure 10.

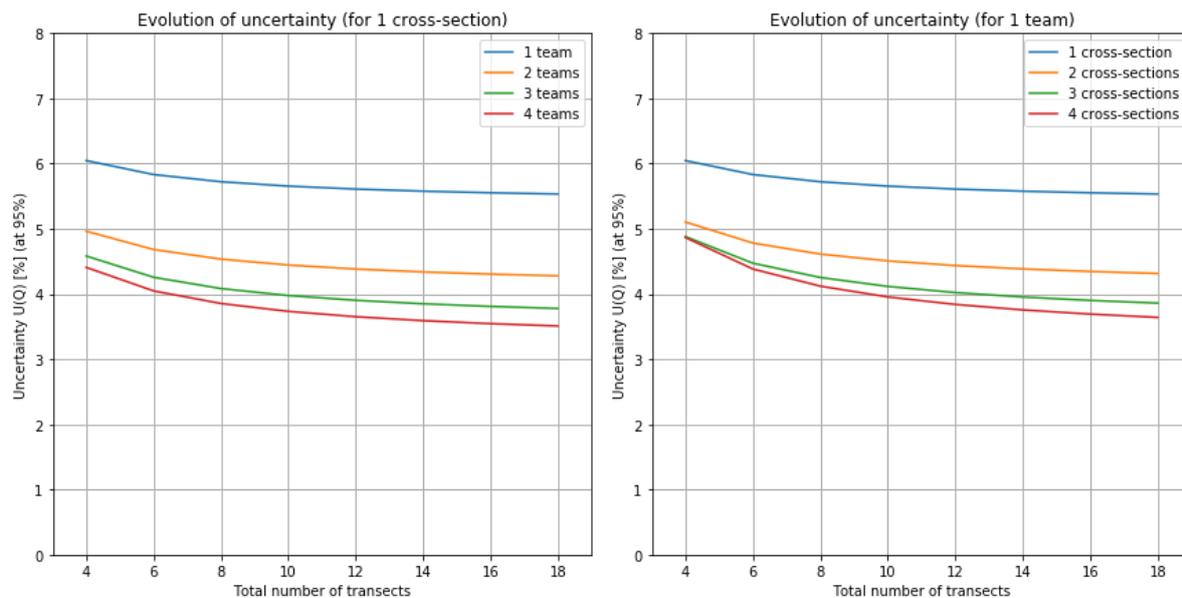


Figure 11 : Evolution de l'incertitude en fonction du nombre total de transects réalisés sur une seule section pour différents nombres d'équipes (à gauche) ou réalisés par une seule équipe sur différentes sections (à droite). Pour chaque situation, le nombre de transect est équitablement répartis, par exemple 2 transects mesurés par chacune des 4 équipes sur une section donnent un nombre de transects total de 8.

Perspectives

La finalisation de l'article sur la décomposition des sources d'incertitude à partir des essais de Chauvan 2016 est prévue pour janvier 2019.

Des discussions avec l'USGS sont en cours afin de réduire la sensibilité de QRev aux choix des lois d'extrapolation.

3. Travaux complémentaires

3.a. Comparer entre elles les méthodes analytiques de la littérature

D'autres méthodes d'estimation d'incertitude par propagation existent. Il s'agit de celles proposées par le logiciel QRev (USGS) [Mueller, 2016], RiverFlowUA (South Florida Water management District) [González-Castro et al., 2016] ou encore QUant (Water Survey of Canada) [Moore et al., 2016]. Il est prévu de tester ces différentes méthodes sur un panel de jaugeages contrastés afin de mettre en évidence leurs avantages et leurs éventuelles lacunes.

En ce qui concerne la méthode Quant, des discussions auront lieu le 19 décembre 2018.

La confrontation de ces méthodes pourra éventuellement conduire à l'amélioration de la méthode OURSIN.

3.b. Confronter les résultats interlaboratoires aux méthodes analytiques (dont OURSIN)

La possibilité d'un calcul en masse des jaugeages avec le code Python développé (couplage QRev-OURSIN) permettra le calcul de l'incertitude de tous les jaugeages des essais interlaboratoires (Chauvan 2016 et éventuellement intercomparaisons précédentes). Ces résultats d'incertitude seront confrontés à l'estimation empirique de celle obtenue par la méthode interlaboratoire (ou ANOVA). La convergence des résultats pourra souligner la pertinence de la méthode OURSIN. Dans le cas contraire, les termes omis ou mal quantifiés devront être ré-évalués.

La confrontation avec les autres méthodes analytiques de la littérature (Quant, RiverFloUA) dépendra en grande partie de l'implication des organismes concernés.

Une publication scientifique est envisagée pour chacune des deux pistes de travail (3.a. et 3.b.).

Bibliographie

- Blanquart, B. (2013). Panorama des méthodes d'estimation des incertitudes de mesure. *La Houille Blanche*, 6:9–15.
- Bertrand, X, Collobert, M., Besson, D. & Puechberty, R. (2016). Guide pratique Intercomparaisons de mesures de débit en rivière. Rapport technique, SCHAPI, 50p.
- Despax, A., Hauet, A., Le Coz, J., Dramais, G., Blanquart, B., Besson, D. & Belleville, A. (2017). Inter-laboratory comparison of discharge measurements with Acoustic Doppler Current Profilers, Chauvan field experiments, 8, 9 and 10th November 2016, Preliminary report [Comparaison interlaboratoire de mesures de débit par profileur hydro-acoustique ADCP, Essais de Chauvan - 8, 9 et 10 novembre 2016, Rapport - Version provisoire]. Rapport technique, 86p. <https://irsteadoc.irstea.fr/cemoa/PUB00055007>
- Dramais, G. (2011). Quantification des incertitudes d'un jaugeage par profileur acoustique à effet Doppler – CNR – Cemagref – CNAM – Rapport de stage 86p.
- Dramais, G., Blanquart, B., Le Coz, J., Pierrefeu, G., Hauet, A., Atmane, D., & Pobanz, K. (2014). Les essais inter-laboratoires en hydrométrie, méthodologie et cas d'applications. *Houille Blanche*, 5(5), 17-23.
- González-Castro, J., Buzard, J. & Mohamed. (2016). RiverflowUA - A package to estimate total uncertainty in AdCP discharge measurements by FOTSE - with an application in hydrometry. In *Proceeding of River Flow 2016*, Saint-Louis, USA, pages 715–723. CRC Press.
- Hauet, A., Le Coz, J., Sevrez, D., Dramais, G., Hénault, F., Perret, C., Pierrefeu, G., Pobanz, K. & Thollet, F. (2012). Intercomparaison ADCP sur le canal de La Gentille (12-16/09/2011). Rapport d'essais, Groupe Doppler. 62 p.
- ISO (2009). NF EN ISO 748 : 2009, Hydrométrie – Mesurage du débit des liquides dans les canaux découverts au moyen de débitmètres ou de flotteurs, Organisation internationale de normalisation (ISO), Genève, Suisse, 47 p.
- Le Coz, J., Saysset, G. & Pierrefeu, G. (2009). Régate ADCP Vézère 2009. Rapport d'essais, Groupe Doppler. 14 p.
- Le Coz, J., Blanquart, B., Pobanz, K., Dramais, G., Pierrefeu, G., Hauet, A., & Despax, A. (2016). Estimating the Uncertainty of Streamgauging Techniques Using In Situ Collaborative Interlaboratory Experiments. *Journal of Hydraulic Engineering*.
- Moore, S. A., Jamieson, E. C., Rainville, F., Rennie, C. D. & Mueller, D. S. (2016). Monte Carlo approach for uncertainty analysis of acoustic Doppler current profiler discharge measurement by moving boat. *Journal of Hydraulic Engineering*, 04016088.
- Mueller, D. S. (2016). QRev - Software for computation and quality assurance of acoustic Doppler current profiler moving-boat streamflow measurements - user's manual. Rapport technique, US Geological Survey, 56p.
- Naudet, G. (2018). OUtil de Répartition deS Incertitudes (OURSIN), Notice technique, CNR, 94p.
- Perret, C., et al. (2017) - *Charte qualité de l'hydrométrie. Guide de bonnes pratiques. Ministère de l'Environnement*, 98 p.
- Pierrefeu, G., Berthet, T., Le Boursicaud, R., Bompard, P., Triol, T. & Blanquart, B. (2019). OURSIN : OUtil de Répartition deS INcertitudes de mesure de débit par ADCP mobile. *La Houille Blanche* (en relecture).

Pobanz, K., Le Coz, J. & Pierrefeu, G. (2011). Intercomparaison ADCP sur le Rhône à l'aval du barrage de Génissiat (12-15/10/2010). Rapport d'essais, Groupe Doppler. 59 p.

Pobanz, K., Le Coz, J., Hauet, A., Thollet, F., Longefay, Y., Pierrefeu, G., (2015) Intercomparaison ADCP/SVR sur le Rhône à l'aval du barrage de Génissiat, 25 au 28 septembre 2012. Rapport d'essais. Groupe Doppler Hydrométrie. 40p.