

Guide de bonnes pratiques de jaugeages par ADCP mobile : du jaugeage au post-traitement QRev

Préconisations du Groupe Doppler Hydrométrie - 20/10/2020

Rédacteurs : Aurélien DESPAX, Jocelyn COUSSEAU, Alexandre HAUET, Gaspard HUBERT, Franck LE BARBANCHON, Arnaud BELLEVILLE, Stéphane HELOUIN, Quentin MORICE, Pierre MARCHAND, Dominique LEPA

Préambule : cette fiche méthodologique propose un protocole pour réaliser un jaugeage par ADCP mobile (de la marque SonTek ou Teledyne RDI) puis de le traiter à l'aide du logiciel QRev 3.43 ou 4.16. Le but de ce document est de préconiser une méthodologie de mesure garantissant une qualité de mesure optimale et de tenter d'homogénéiser les pratiques de mesures des différents services hydrométriques français.

Le protocole distingue les étapes à réaliser (A) sur le terrain lors de la mesure et (B) les étapes à suivre pour contrôler la qualité de la mesure avec le logiciel QRev. Il est indispensable de veiller à l'application des bonnes pratiques préconisées par la Charte qualité de l'hydrométrie (Perret et al, 2017) notamment en ce qui concerne le choix de la section de mesure. Cette fiche suppose que les concepts théoriques et pratiques liés à l'ADCP sont maîtrisés. Au besoin, le lecteur pourra se référer au guide intitulé *Mesures hydrologiques par profileur Doppler (aDcp)* (Le Coz et al, 2008). Enfin, l'opérateur peut adapter les préconisations mentionnées dans ce document en fonction des conditions particulières de mesure et de son expertise.

A. Étapes à réaliser avant et lors de la mesure par ADCP

1. Sélection du site : le choix d'une bonne section de mesure, adaptée aux capacités de l'ADCP, est primordial.

2. Préparation de la mesure

- a. Vérifier l'heure de l'ADCP.
- b. Tester le système.
- c. Ajouter les informations du site de mesure et les conditions de la mesure (intensité et direction du vent).
- d. Vérifier les gradients possibles de température et de salinité.

3. Configuration de l'ADCP

- a. Mettre l'ADCP en condition de mesure.
- b. Étalonner le compas selon les préconisations du logiciel constructeur d'étalonnage (même si le GPS n'est pas la référence pour le suivi du déplacement du bateau, disposer d'un compas bien étalonné permet de contrôler la trajectoire de l'ADCP en post-traitement) :
 - Couvrir la gamme de mouvements possibles de l'ADCP pendant les mesures.
 - S'éloigner des structures magnétiques et se mettre dans les conditions magnétiques de la mesure (calibration avec bateau), couvert végétal limité pour une bonne couverture GPS.
- c. Configurer l'ADCP :
 - Mesurer l'enfoncement du capteur. S'assurer d'un enfoncement suffisant pour éviter l'entraînement de bulles d'air sous le capteur (risque de séparation des faisceaux) en fonction du support utilisé et des conditions de mesure.
 - Profondeur neutralisée pour l'acquisition : il est conseillé de mettre 0 cm et de modifier si cela est pertinent. Il est possible de filtrer ensuite en post-traitement.
 - Renseigner la déclinaison magnétique et le décalage éventuel de l'antenne GPS par rapport à l'axe de l'ADCP.
 - Choisir la méthode de suivi de fond (BT, GPS).

- Choisir le mode de mesure adéquat selon l'appareil (si manuel sinon auto-adaptatif) et les valeurs *a priori* des profondeurs et des vitesses.
 - Réglages des berges (renseigner la forme des berges, sur WinRiver II : fixer le nombre de pings de berge à 10).
 - Réglage d'extrapolation (par défaut choisir une loi puissance avec un coefficient de 1/6).
- d. Attendre la stabilisation de la température mesurée par l'appareil et contrôler la température à l'aide d'une sonde externe étalonnée.
- e. Faire une première traversée d'essai (ou un aller et un retour) pour contrôler le bon mode de mesure, le bon paramétrage et s'approprier la qualité de la section de mesure.
- f. En cas de possibilité de fond mobile :
- Réaliser un test de fond mobile : boucle ou stationnaire si le fond mobile est suspecté.
 - i. Si le test identifie du fond mobile :
 1. Utiliser les données GPS si la qualité le permet (nombre de satellites supérieur à 5, qualité GPS égale à 2, HDOP inférieur à 4).
 2. Sinon, utiliser le suivi de fond Bottom Track et réaliser une méthode de correction du fond mobile (Boucle de préférence, si le compas est présent et étalonné, ou SMBA sur plusieurs verticales de la section de mesure).
 3. Sinon opter pour un jaugeage Section par Section (SxS) (non analysable avec QRev).

4. Réalisation de la mesure

- a. Au niveau du point de départ et d'arrivée :
- Au moins 2 cellules de vitesse doivent être valides sur chaque ensemble.
 - Maintenir l'appareil en position stationnaire pendant 10 ensembles.
 - Mesurer la distance à la berge (distance-mètre laser ou décamètre, à défaut évaluer l'incertitude de l'estimation de la distance).
- b. Lors de la traversée, essayer de maintenir une vitesse et une orientation constante de l'ADCP (limiter la rotation et l'accélération de l'appareil). Si possible, garder la vitesse de l'ADCP inférieure à la vitesse de l'eau.
- c. Répéter la mesure de débit sur au moins 6 traversées (3 séries d'aller-retour) pour une durée d'au moins 12 minutes.
- d. Sauvegarde de la mesure :
- Télécharger les données des appareil SonTek, notamment en cas de missing samples.
 - Sauvegarder les données brutes dans un répertoire spécifique.

B. Protocole de traitement d'un jaugeage ADCP sous QRev



Le post-traitement devrait se faire idéalement sur le terrain, à l'aide du logiciel d'acquisition puis de QRev. Au besoin réaliser une autre mesure afin de corriger d'éventuels problèmes identifiés lors de la critique du jaugeage.

Le processus de critique de la qualité d'un jaugeage suit un ordre logique selon le cheminement indiqué par les boutons situés à gauche de l'interface QRev 3.43 ou dans l'ordre des onglets de l'interface QRev 4.16. Un code couleur permet de visualiser rapidement les étapes qui nécessitent une attention particulière : vert ⇒ aucun problème détecté, jaune ⇒ point de vigilance et rouge ⇒ erreur significative pouvant affecter la qualité d'un jaugeage. Le panneau **Messages** synthétise les problèmes identifiés par QRev par ordre d'importance (en gras puis en italique).

Bien que reflétant la politique qualité de l'USGS, les messages et le code couleur alertent sur d'éventuels problèmes liés à la mesure. Une mesure comportant des problèmes peut être acceptable. Dans ce cas, il est conseillé de justifier au maximum, à l'aide du bouton de commentaire, les choix que l'opérateur a effectués et les conditions particulières rencontrées lors de la mesure.

QRev procède à un traitement automatique des données à partir de différents filtres. Il n'est pas nécessaire de les modifier. Il convient d'identifier les problèmes et d'en comprendre la cause. L'opérateur peut ensuite modifier le paramétrage des extrapolations grâce à son expertise du site de mesure, corriger la température, adapter le nombre de pings de berge et adapter la distance exclue sous le capteur.

L'utilisation du logiciel est détaillée dans la notice originale en anglais ou traduite en français. L'utilisateur devra s'y référer pour les aspects pratiques et techniques.

1. Sélection des données (Select Data) / Ouvrir une mesure

- a. Sélectionner les données selon le constructeur de l'appareil (ou une mesure déjà traitée sous QRev) :
 - S'assurer que tous les transects ont été sélectionnés (6 au minimum, par couple aller/retour, sur une durée d'au moins 12 minutes) ou cochés dans le logiciel constructeur. Si cela est justifié : décocher les transects inutiles.
 - S'assurer de la cohérence des mesures (débits du même signe).

2. Options

Si besoin, basculer le système d'unités en unités internationales (SI)

3. Information de l'ADCP et du site

Ces informations sont indispensables dans un souci de traçabilité ou pour bancariser les données. L'emplacement exact du jaugeage peut être renseigné dans le champ des commentaires. Il n'est pas nécessaire de modifier le mode de traitement du jaugeage (par défaut QRev). Il est possible d'utiliser le même algorithme de traitement de la mesure selon le constructeur voulu (SonTek ou Teledyne RDI).

4. Test système

Les tests systèmes sont en principe chargés automatiquement avec la mesure. Si un test système a été collecté en dehors des procédures normales et n'est pas stocké dans un fichier situé dans le dossier par défaut, l'utilisateur peut charger manuellement le fichier (bouton Load Test Results, QRev 3.43).

- a. S'assurer qu'un test système a bien eu lieu et que tous les tests du système ne présentent pas d'échec.

5. Compas / P / R (si GPS)

Les fichiers de calibration du compas sont en principe chargés automatiquement avec la mesure. Il est possible de changer le fichier que l'on souhaite retenir pour l'appliquer au jaugeage.

- a. Si les données GPS ou le test de fond mobile en boucle sont utilisés, il faut :
 - S'assurer qu'une évaluation/calibration du compas a été réalisée.

- S'assurer de la cohérence de la variation magnétique parmi les transects.
- Vérifier que le tangage et le roulis sont limités, et dans la gamme de l'étalonnage du compas.

6. Température / Salinité (Temperature / Salinity)

- Vérifier que la température est stable au cours de la mesure et qu'une mesure indépendante de température a été enregistrée :
 - Si besoin corriger la température avec la meilleure estimation possible.

7. Test de fond mobile (Moving-bed Test)

Les fichiers sont en principe chargés automatiquement avec la mesure.

- Si aucun test de fond mobile n'est affecté à la mesure : il faut justifier en renseignant les raisons à l'aide du bouton commentaires. Au besoin, modifier l'incertitude liée au fond mobile en saisissant la valeur voulue dans le tableau.
- S'assurer que le test utilisé n'a pas d'erreur.

8. Filtres Bottom-Track (BT Filters)

QRev applique des filtres de manière automatique. Il n'est donc pas nécessaire de modifier les seuils calés de manière statistique. Néanmoins l'utilisateur peut parcourir les graphiques afin de s'assurer de la cohérence du déplacement de l'ADCP et d'identifier les zones de la section de mesure présentant des anomalies. Si le suivi BT est invalide, il faut utiliser le suivi GPS. S'il n'y a pas de GPS ou de données GPS valides, il faut réaliser un jaugeage Section par Section (non pris en charge dans QRev).

9. Filtres GPS (GPS Filters)

Si les données GPS sont utilisées :

- S'assurer que la proportion d'ensembles perdus reste faible.
- S'assurer que la qualité du signal GPS est satisfaisante et que le déplacement de l'ADCP reflète son trajet réel.

10. Choix de la référence

QRev choisit de manière automatique la référence en fonction de la qualité de la référence (BT, VTG ou GGA). L'opérateur peut modifier la référence en fonction des conditions de la mesure :

- En cas d'absence de fond mobile :
 - Si bonne qualité du suivi BT : référence BT.
 - Si mauvaise qualité du suivi BT et bonne qualité du GPS : référence GPS GGA (ou VTG si problème sur les données GGA de type chemins multiples).
 - Si mauvaise qualité du suivi BT et mauvaise qualité GPS : opter pour un jaugeage Section par Section (non pris en charge par QRev).
- En cas de fond mobile :
 - Si bonne qualité du suivi GPS : référence GPS GGA (ou VTG si problème sur les données GGA de type chemins multiples).
 - Si mauvaise qualité du GPS : référence BT et correction de fond mobile (boucle de préférence ou correction stationnaire si compas mauvais).

11. Filtres profondeur / enfoncement du capteur (Depth Filters / Draft)

QRev choisit de manière automatique la référence utilisée pour le calcul du profil bathymétrique. Il faut néanmoins :

- S'assurer que la profondeur du capteur est conforme à celle de la mesure et non nulle.
- Vérifier que le nombre d'ensembles invalides ou manquants reste faible.

- c. Si l'ADCP dispose d'un écho-sondeur vertical (Vertical Beam), s'assurer de la cohérence des profils bathymétriques entre la solution 4 faisceaux et la solution Vertical Beam.

12. Filtre vitesse de l'eau (WT Filters)

QRev applique des filtres de manière automatique. Il n'est donc pas nécessaire de modifier les seuils calés de manière statistique.

- a. L'utilisateur peut parcourir les graphiques afin de :
 - S'assurer de la cohérence des vitesses de l'eau mesurées par l'ADCP.
 - Identifier les zones de l'écoulement présentant des anomalies.
 - Identifier des problèmes comme la séparation des faisceaux.
- b. La distance exclue (Excluded Distance) en dessous du transducteur pour laquelle les données WT mesurées ne seront pas utilisées est par défaut de zéro sauf pour les M9 (SonTek) : 16 cm et RioPro (Teledyne RDI) : 25 cm. L'utilisateur peut modifier ces valeurs (à la hausse ou à la baisse) en fonction de la perturbation de l'écoulement engendrée par le flotteur utilisé. On conseille de mettre 0 cm et de modifier si on estime cela pertinent, notamment à partir de l'analyse du profil vertical de vitesse dans le module d'extrapolation (section 13). Dans ce cas, penser à justifier une telle modification.

13. Extrapolation

Le débit calculé est particulièrement sensible à l'extrapolation du profil vertical des vitesses, surtout lorsque les différentes lois proposées (puissance ou constante sans-glissement) divergent et lorsque la zone non explorée en surface et au fond est importante par rapport au tirant d'eau. Il convient donc d'analyser finement cette étape tout en s'appuyant sur les connaissances du site de mesure (présence d'un seuil ou d'une singularité à proximité, direction du vent).

- a. Caler le meilleur profil selon l'expertise de l'opérateur
- b. En général, exclure les vitesses mesurées proche des berges à l'aide du bouton Subsection
 - Utiliser toujours un intervalle symétrique (10-90, 20-80 ou 25-75). QRev raisonne en débit cumulé. Pour chaque transect, QRev calcule la somme cumulée de débit sur les ensembles, indépendamment du sens de traversée.
- c. Modifier éventuellement le seuil (par défaut *Threshold* défini à 20 %) du nombre médian de points par segments. Cela permet d'ôter les hauteurs pour lesquelles un nombre insuffisant de points est disponible pour caler la loi d'extrapolation.
- d. Étudier la sensibilité du débit aux différentes lois proposées


14. Berges (Edges)

- a. Vérifier que les berges ont été acquises selon les préconisations :
 - 10 ensembles collectés en mode stationnaire et pour lesquels au minimum 2 cellules de vitesse sont valides. Au besoin réduire le nombre d'ensembles de berges si la condition de stationnarité n'est pas suffisante.
- b. S'assurer de la conformité des formes de berges et des distances à la berge par rapport aux conditions de mesure.

15. Vérification globale dans le Tableau Measurement Details

Vérifier la cohérence des mesures géométriques (largeur, aire, section, orientation des transects) et vélocimétriques (vitesses, orientation des vitesses vs. transect).

16. Synthèse, qualité de la mesure et incertitude

 Le débit post-traité qui apparaît dans le panneau central (Measurement Details) doit être utilisé comme la valeur de débit finale, une fois que les étapes précédentes ont été réalisées et à condition que la qualité de la mesure soit satisfaisante. Dans le panneau Measurement Quality Assessment, la dispersion des résultats (coefficient

de variation : COV %,) parmi les transects en termes de débit, de largeur et d'aire de la section permet de vérifier la cohérence des données.

Enfin, l'incertitude affichée donne uniquement une valeur indicative de l'incertitude finale. La méthodologie utilisée reste simpliste. Chacun des termes d'incertitude peuvent être modifiés par l'utilisateur. Il est notamment possible de réduire l'incertitude liée au fond mobile lorsque les conditions de mesure justifient l'absence de fond mobile. Des travaux sont en cours afin de disposer d'une autre méthode utilisable de manière opérationnelle pour quantifier plus finement l'incertitude de mesure.

17. Sauvegarde (Save) et visualisation de commentaires (View Comments)

Il est utile de stocker l'analyse QRev accompagnée des commentaires saisis par l'utilisateur.