

## **Pièce jointe N°1**

### **Proposition pour l'estimation du débit à Beaucaire-Tarascon**

#### **Note de présentation**

#### **1. Introduction**

Pour l'estimation du débit à Tarascon, l'approche développée ci-après est axée sur l'hydrométrie : prise en compte des jaugeages effectués par la CNR et analyse des vitesses moyennes sur la section de mesure à la station de Beaucaire-Tarascon.

#### **2. Les jaugeages effectués lors de la crue de décembre 2003**

Lors de la crue de décembre 2003, la CNR a effectué 8 jaugeages ADCP situés près du maximum, correspondant à 52 mesures ADCP (3 jaugeages à la montée le 3/12 et 5 en décrue le 4/12).

Ces jaugeages sont rattachés aux cotes lues à l'échelle (entre 9,93 m et 11,10 m) ; le maximum atteint lors de cette crue dans la nuit du 3 au 4/12 a été de 11,30 m.

Ces jaugeages sont récapitulés dans les tableaux joints (Annexe 1 – feuille 1)

*La technique de jaugeage ADCP est rappelée ci-après :*

L'ADCP embarqué sur un bateau permet une exploration complète des champs de vitesse. Le dispositif calcule sa propre trajectoire en se repérant sur le fonds du cours d'eau, ce qui peut entraîner une dérive en cas de fonds mobile. Le GPS permet une référence absolue de positionnement de l'appareil.

L'ADCP 1200 (pour une fréquence de 1200 kHz) mesure jusqu'à la partie haute des fonds mobiles.

L'ADCP 600 moins sensible au transport des matériaux permet un balayage jusqu'au fond réel du lit. Il n'y a pas lieu de corriger la trajectoire du bateau.

A ce jour, il est admis que l'ADCP 600 + GPS donne les meilleures valeurs.

Lors de la crue de décembre 2003, la quasi-totalité des jaugeages ont été effectués avec l'ADCP 600.

Enfin, on admet que 5 à 6 traversées sont nécessaires pour obtenir un résultat convergent. Ce principe est communément admis dans les différents services utilisateurs.

### *Commentaires sur les cotes*

Les cotes retenues lors des jaugeages sont les cotes lues par les observateurs. Le tableau suivant fait apparaître les cotes de la station télétransmise du SAC 84. Cette station utilise le même capteur que la station CNR mais avec un automate de transmission dédié à l'annonce des crues.

Les différences entre ces cotes sont résumées ci-après :

- Il apparaît qu'en moyenne les cotes télétransmises sont un peu inférieures à la montée aux cotes lues à l'échelle (environ 4 cm) et un peu supérieures à la descente (environ 10 cm).

La CNR estime l'incertitude sur la lecture de la cote entre 5 et 10 cm. De par sa propre expérience, la DIREN RA estime cette incertitude entre 2 et 5 cm.

### *Les 3 jaugeages effectués à la montée :*

Les 3 jaugeages ADCP effectués à la montée ont fait l'objet d'une attention particulière. Ils correspondent en moyenne à 6 traversées pour lesquelles la CNR a précisé le débit et la section mesurés.

*Complément sur la méthode ADCP :* la méthode ADCP permet de mesurer à la fois les vitesses et les sections. Pour chaque passage ADCP, on obtient une vitesse moyenne. Un jaugeage est constitué de plusieurs passages ADCP sur une plage de 30 à 60 mn environ.

Pour obtenir le débit du jaugeage, on effectue la moyenne des débits mesurés.

Afin d'obtenir la section, on peut effectuer la moyenne des sections mesurées mais pour diminuer l'incertitude nous avons retenu la surface de la section géométrique calculée pour la cote moyenne du jaugeage.

En ce qui concerne les vitesses, si l'on prend la moyenne des vitesses (ce qu'a fait la CNR dans un premier temps), on obtient des résultats inférieurs d'environ 0,07 m/s par rapport au calcul débit moyen divisé par la section calculée.

Pour 5000 m<sup>2</sup> de section, cette différence représente 350 m<sup>3</sup>/s.

*Possibilité d'optimisation :* A partir du tableau CNR des passages ADCP pour les jaugeages à la montée, une légère optimisation a été recherchée dans le cadre de cette contribution.

Les valeurs extrêmes (une seule par jaugeage, relativement éloignées des autres) ont été écartées.

Dans chaque cas, la valeur moyenne du débit de jaugeage est recalculée. Les débits rapportés aux sections calculées (méthode Philippe BOIS) donnent des vitesses plus homogènes que celles obtenues sans suppression de ces valeurs extrêmes (croissantes par rapport à la cote lue lors des jaugeages).

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-après :

Heure du jaugeage	Cote moyenne (lecture échelle)	Section calculée Ph. Bois	Débit moyen CNR	Vitesse CNR	Débit moyen (sup extrême) retenu par CETE - DB	Vitesse correspondante
9 :23	10,88	5044	10881	2,16	10804	2,14
10 :10	10,92	5057	10863	2,15	10930	2,16
12 :30	11,10	5114	11051	2,16	11141	2,18

### 3. Sélection / classement des jaugeages

La CNR a également fourni une liste de jaugeages effectués depuis 1993, essentiellement des jaugeages ADCP et quelques jaugeages au moulinet.

La plupart des jaugeages au moulinet sont des jaugeages simplifiés (effectués sur une verticale avec prise en compte d'un coefficient de surface fonction de la section mesurée). Ils ont été réalisés davantage pour situer la cohérence des jaugeages ADCP, mais ils ne constituent pour la CNR qu'une mesure indicative.

Nous avons retenu dans l'analyse qui suit, les jaugeages ADCP récents (il y en a 20) sur les crues suivantes (cf. liste sur tableau en annexe – feuille 2):

- Mars 2001,
- Novembre 2002
- Décembre 2003

#### *Classement des jaugeages (montée/descente) :*

Il est admis que lors des jaugeages à la montée (en raison d'une moindre résistance aval), il est mesuré pour une même cote un débit supérieur par rapport aux jaugeages effectués en décrue.

Afin de pouvoir comparer des valeurs plus homogènes, nous avons ainsi classé les jaugeages en montée et en descente de crue.

Il fallait disposer des dates des maximum atteints lors des crues:

- Mars 2001 : il s'agit d'une crue qui a duré un mois environ. Le premier maxi a été atteint le 9 mars avant midi. Un plateau a été constaté entre le 13 et le 16 mars 2001.
- Novembre 2002 : il y a eu 2 pointes :
  - Le 17 novembre vers 14 heures (environ 9200 m<sup>3</sup>/s)
  - Le 26 novembre vers 9 à 10 heures (environ 10200 m<sup>3</sup>/s)

- Décembre 2003 : le maxi a été atteint le 4/12 entre 2 et 4 heures du matin (présence d'un plateau d'une durée un peu plus grande au voisinage de 11,30 m).

Pour chacun des jaugeages, la vitesse moyenne a été recalculée avec la superficie de la section calculée à l'aide de la formule de Philippe Bois membre du GAES ( $S = 2000 + 240 H + 3,656 H^2$ )

#### 4. Analyse de l'évolution des vitesses

On constate que les vitesses croissent avec la hauteur lue à l'échelle (cf. tableau en annexe – graphe):

Commentaire général : cette analyse sur les vitesses est considérée comme représentative du fait que la section concernée (PK 269 ,600) est régulière et ne présente pas de débordements. En cas de section variable avec débordement en lit majeur, il serait logique de voir apparaître un ou des points d'inflexion. Dans ce cas de figure l'analyse qui suit serait insuffisante

Les vitesses à la montée s'alignent sur une droite d'équation :

$$- V_m = 0,1859 H + 0,1189$$

Les vitesses à la descente s'alignent sur une droite d'équation :

$$- V_d = 0,1969 H - 0,0394$$

On observe un décalage entre les 2 courbes qui pourrait être représentatif de l'effet raquette.

On note cependant que pour les jaugeage effectués le 4/12 à 10,87 m et à 10,75 m, les vitesses se situent sensiblement au dessus de la droite des vitesses de descente.

Ces jaugeages qui se retrouvent sur la courbe rouge sont des jaugeages effectués à l'ADCP 600 (meilleurs résultats en cas de fonds mobiles qu'avec l'ADCP 1200).

Le jaugeage effectué à 10,74 avec l'ADCP 1200 est environ 200 m<sup>3</sup>/s en dessous de celui effectué à 10,75, ce qui pourrait s'expliquer du fait de la présence de fonds mobiles qui aurait pu diminuer la mesure.

Par contre le jaugeage à 10,49 vers 13 h50 est aligné sur la droite des jaugeages à la descente.

La vitesse à 11, 30 m est calculée avec ces 2 formules ; la superficie de la section est calculée avec la formule de Philippe Bois : 5179 m<sup>2</sup>. Il sera retenue la moyenne entre ces 2 valeurs :

$$- \text{à la montée} : V_m = 2,220 \text{ m/s}$$

$$- \text{à la descente} : V_d = 2,185 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{moyen}} (11,30) = 2,202 \text{ m/s}$$

$$Q_m = V_m \times 5179 = 11\,394 \text{ m}^3/\text{s} \text{ arrondi à } 11\,400 \text{ m}^3/\text{s}.$$

De même, la courbe moyenne d'équation :  $V_{\text{moy}} = 0,1914 H + 0,0397$  sera retenue pour la courbe de tarage.

Dans ce domaine des vitesses, on remarque que dans un tableau du rapport du GAES (Philippe BOIS - page 5), que pour les jaugeages de la crue de 1994 (jugés trop forts par le GAES), la vitesse moyenne est de 2,21 pour une cote de 10,50 m environ. Avec l'analyse précédente, la vitesse moyenne est repositionnée à 2,05 m (l'écart en débit est de l'ordre de 800m<sup>3</sup>/s).

## 5. Proposition de courbe de tarage

Jusqu'aux environ de 8 m, la courbe de tarage CNR est considérée comme fiable ; au delà c'est l'équation ci-dessus (vitesses moyennes multipliées par la superficie de la section) qui sera prise en compte.

La courbe correspondante apparaît dans le tableau joint.

Avec cette courbe de tarage, le débit à Tarascon est de 11457 m<sup>3</sup>/s, le volume écoulé sur 6 jours est de 3 519 millions de m<sup>3</sup>.

## 6. Conclusions

On remarque une bonne homogénéité des jaugeages, en particulier des 3 jaugeages à la montée lors de la crue de décembre 2003 (il faudrait approfondir le cas des 2 jaugeages à la descente au dessus de la courbe signalés ci-dessus).

Pour cette raison et compte-tenu de l'expérience acquise sur le Rhône depuis de nombreuses années, on pourra retenir pour l'incertitude du résultat la valeur basse de la fourchette couramment admise (de 5 à 7%) pour ce type de mesure.

**Le débit proposé est le suivant : 11 500 m<sup>3</sup>/s, à plus ou moins 5% soit 500 m<sup>3</sup>/s ; le débit serait situé entre 11000 et 12000 m<sup>3</sup>/s**

JF BROCHOT