

Pièce jointe N°2

Analyse de la cohérence des volumes écoulés au cours de la crue entre Viviers et Tarascon (entre le 1^{er} décembre 0 heure et le 7 décembre 0 heure)

1. Introduction

En raison de la disponibilité des données sur un grand nombre de stations du Rhône et de ses affluents, il était tentant d'analyser la cohérence des volumes écoulés sur 6 jours (du 1^{er} au 6 décembre 2003).

Nous avons distingué 2 sections :

- Ternay-Viviers
- Viviers-Tarascon

Sur la section Ternay-Viviers, ces deux stations sont considérées comme fiables, y compris la station intermédiaire de Valence.

Nous pensons ainsi avoir une bonne approche des volumes écoulés sur les bassins-versant intermédiaires (BVI) non mesurés.

Sur la section Viviers-Tarascon, les stations intermédiaires sont plus délicates à utiliser :

- Pont Saint Esprit est située sur le Rhône court-circuité ; il nous faut donc estimer le débit qui a transité dans l'aménagement de Donzère-Mondragon.
- Avignon : il s'agit d'une véritable station d'annonce des crues en niveau. La transformation en débit est délicate du fait de la présence de 3 bras du Rhône et de l'influence de la Durance.

Sur la 2^{ème} section, des hypothèses pour l'estimation des apports des BVI non mesurées ont été effectuées à partir des BV voisins mesurés.

Limites de l'analyse :

Cette analyse a été effectuée sur 6 jours. Pendant cette durée, l'essentiel des zones d'expansion des crues ont sans doute été ressuyées, mais il faudrait procéder à une analyse plus fine pour le vérifier.

Cette analyse ne fait pas non plus apparaître la dynamique de la crue avec les concomitances des crues sur les affluents, les phases de remplissage et de ressuyage des champs d'expansion.

Enfin, il faudra croiser les hypothèses retenues sur l'apport des BV intermédiaires avec les données pluie fournies par Météo-France. En particulier au niveau des apports directs au Rhône qui apparaissent très différents suivant que l'on se situe en rive droite ou rive gauche.

2. Section Ternay-Viviers

2.1 Section Ternay – Valence :

Stations	Ternay	Givors	Sarras	Saint-Uze	Tournon	Beaumont-Montheux	Valence
Cours d'eau	Rhône	Gier	Cance	Galaure	Doux	Isère	Rhône
Sup. BV (km ²)	51 100	406	380	232	636	11 800	66 450
Courbe de tarage	CNR	SEMA RA	SEMA RA	SEMA RA	CNR	CNR	CNR
Q max (m ³ /s)	2257	328	417	114	903	1513	5566
Date Q max	2/12 23 :00	2/12 16 :00	2/12 14 :00	2/12 18 :00	2/12 13 :00	2/12 22 :00	2/12 22 :00
Volumes écoulés (millions de m ³)	779,2	38,7	45,4	13,7	101,2	254,2	1369,7
Lame d'eau écoulée (en mm)		95	119	59	159	22	

Total reconstitué à Valence : 1 233 millions de m³

Le BV intermédiaire non mesuré (1896 km²) a contribué à un volume de 137 millions de m³ (soit l'équivalent de 72 mm écoulé).

A titre de comparaison, sur la Bourne, affluent aval de l'Isère la lame d'eau écoulée à la station de Pont de Manne (BV de 787 km²) a été de 114 mm.

2.2 Section Valence – Viviers

Stations	Valence	Beaumont	Les Ollières	Pontpierre	Saillans	Loriol	Montélimar	Viviers
Cours d'eau	Rhône	Véore	Eyrieux	Eyrieux	Drôme	Drome	Roubion	Rhône
Superficie BV (km ²)	66450	192	600	818	1150	1640	610	70900
Courbe de tarage	CNR	SEMA RA	CNR	CNR	DIREN RA DB	CNR	CNR	CNR
Q max	5566	62	955	1716	634	863	704	7943
Date Q max	2/12 22 :00	2/12 16 :00	2/12 12 :00	2/12 12 :00	2/12 21 :00	3/12 3 :00	2/12 16 :00	3/12 4 :00
Volumes écoulés (millions de m ³)	1369,7	9,2	148,8	195,4	101,4	141,7	74,4	1914,5
Lame d'eau écoulée (en mm)		48	248	239	88	86	122	

Total reconstitué à Viviers : 1 790 millions de m³

Sur l'Eyrieux en rive droite, la prise en compte de 2 stations (Les Ollières et Pontpierre) a permis de calculer la lame d'eau écoulée entre ces 2 stations : 46,6 millions de m³ pour 218 km² soit 214 mm.

Sur la Drôme en rive gauche, entre les 2 stations de Saillans et de Loriol, la lame d'eau écoulée est de 82 mm (40,3 millions de m³ divisés par 490 km²).

Sur l'ensemble de cette section, le BV intermédiaire non mesuré (1190 km²) a contribué à un volume de 124 millions de m³ (soit l'équivalent de 104 mm écoulé).

Sachant que l'essentiel du BVI se situe en rive droite (coté affluents cévenols, ce chiffre apparaît un peu faible, compte-tenu de la lame d'eau écoulée sur l'Eyrieux aval (214 mm) comparable à celle de l'Ardèche (215 mm - cf. ci-après).

3. Section Viviers à Beaucaire-Tarascon

3.1 Section Viviers – Pont Saint Esprit (PSE)

La station de PSE ne mesure que le débit transitant par le Rhône court-circuité (RCC).

Estimation du volume transité par le canal usinier :

Pour les faibles débits du Rhône (mesurés à Viviers) le débit réservé par la CNR dans le RCC est de 60 m³/s.

Pour les forts débits, entre 6000 et 7000 m³/s environ, le débit turbiné par la CNR diminue de 1900 à 1500 m³/s.

Ces éléments ont permis de calculer le volume ayant transité par l'aménagement : 910 millions de m³.

Stations	Viviers	Vallon	Sauze-St martin (SEMA)	Sauze-St martin (CNR)	PSE	Canal usinier	Rhône total
Cours d'eau	Rhône	Ardèche	Ardèche	Ardèche	RCC		
Superficie BV (km ²)	70900	1931	2240	2240	73500		73500
Courbe de tarage	CNR	CNR	SEMA RA	CNR	CNR	Estimation DB	
Q max (m ³ /s)	7943	2601	2950	3562	8327		
Date Q max	3/12 4 :00	2/12 13 :00	2/12 14 :00	2/12 15 :00	3/12 8 :00		
Volumes écoulés (millions de m ³)	1914,5	489,1	555,6	599,1	1641,6	910,5	2552,0
Lame d'eau écoulée (en mm)		253	248	267			

Cas de l'Ardèche

On remarque que le débit maxi à la station de Sauze-St Martin affiché par le SEMA est inférieur de 600 m³/s à celui donné par la CNR.

Avec prise en compte de la station de Vallon : la différence de BV entre ces 2 stations est de 309 km². La lame d'eau écoulée entre Vallon et Sauze calculée par la différence des volumes écoulés sur l'ensemble de l'épisode est de :

- Avec courbe de tarage SEMA : 215 mm
- Avec courbe de tarage CNR : 356 mm

La lame d'eau de 356 mm est manifestement trop importante.

De plus, la comparaison des lames d'eau écoulées par les BV aval de l'Ardèche (avec la courbe de tarage SEMA) et l'Eyrieux est plus cohérente. On retiendra dans la suite de l'analyse sur cette section, pour les BVI non mesurés, la lame d'eau moyenne de 200 mm.

La superficie du BVI non mesuré entre Viviers et PSE est de 360 km². Avec l'hypothèse d'une lame d'eau de 200 mm, l'apport de ce BVI serait de 72 millions de m³.

- Volume total avec Ardèche CT SEMA : 2542 millions de m³
- Volume total avec Ardèche CT CNR : 2585 millions de m³
- Le cumul des volumes (avec les débits SEMA à Sauze-St Martin sur l'Ardèche) sont très proches du débit calculé à PSE (2552 millions de m³).

On retiendra pour le volume ayant transité par la station de PSE (Rhône total) la valeur moyenne de 2547 millions de m³.

3.2 Section PSE à Avignon

Stations	PSE total	Bollène	Bagnols	Bagnols	Orange	Bédarrides	Avignon
Cours d'eau	Rhône	Lez	Cèze	Cèze	l'Aygues	Ouvèze	Rhône
Superficie BV (km ²)	73500	500 (environ)	1305	1120	1000 (environ)	1860	78500 (environ)
Courbe de tarage	CNR	Pas de courbe	CNR	SAC 30	CNR	CNR	Origine CNR (non mise à jour)
Q max (m ³ /s)		(H = 3,20 m)	739	848	497	585	(H = 7,65 m)
Date Q max	3/12 8 :00	2/12 19 :00	2/12 20 :00	2/12 20 :00	2/12 19 :00	2/12 21 :00	3/12 17 :00
Volumes écoulés (millions de m ³)	2 547	34,1	168,3	180	68,3	0,149	2 970
Lame d'eau écoulée (en mm)		68	129	160	68	80	

La station du SAC 30 à Bagnols n'a pas été prise en compte dans la suite des calculs, c'est la station CNR qui est retenue (mais ce point mériterait d'être approfondi par une analyse pluie-débit).

Pour la station de Bollène sur le Lez, compte-tenu de l'absence de courbe de tarage fiable, le volume écoulé a été par hypothèse pris égal au volume écoulé sur le BV voisin de l'Aygues, pour une superficie correspondant à la moitié de ce BV.

Pour la station d'Avignon, la courbe de tarage n'est pas considérée comme fiable.

Sur cette section, le BVI non mesuré est de 335 km², ce qui peut contribuer à un volume de 33 millions de m³ (avec une hypothèse de 100 mm écoulé).

Le volume reconstitué à partir de PSE serait de : 3005 millions de m³, supérieur de 35 millions de m³ au volume calculé à Avignon.

3.3 Section Avignon - Tarascon

Stations	Avignon	Bonpas	Rémoulins	Tarascon
Cours d'eau	Rhône	Durance	Gardons	Rhône
Superficie BV (km ²)	78500 (environ)	14225	2050	95590
Courbe de tarage	Origine CNR (non mise à jour)	CNR	CNR	Proposée dans la contribution
Q max (m ³ /s)		1496	1364	(h = 11,30 m)
Date Q max	3/12 17 :00	3/12/03 13 :00	4/12/03 00 :00	
Volumes écoulés (milliards de m ³)	3 005	233,2	238,5	Question posée
Lame d'eau écoulée (en mm)		16	116	

Le BV intermédiaire non mesuré est de 815 km². Avec la même valeur d'écoulement de 100 mm, l'apport intermédiaire est estimé à 81,5 millions de m³.

- Total reconstitué à partir de PSE: 3,558 milliards de m³
- Total avec courbe de tarage proposée par CETE-DB : 3,519 milliards de m³
- Total avec courbe de tarage utilisée par le SAC 84 lors de la crue : 3,791 milliards de m³

L' écart entre le volume donné par la courbe de tarage proposée et le volume reconstitué à partir de PSE est de 1% environ; les valeurs sont donc très voisines.

Par contre, l'écart avec le volume donné par la courbe de tarage utilisée lors de la crue est de 7 % environ.

On peut retenir pour le volume écoulé sur 6 jours du 1^{er} au 6 décembre, la valeur moyenne de 3 500 Mm³ ; les incertitudes sur la reconstitution des débits sont de l'ordre de + ou – 100 Mm³. La fourchette à retenir est la suivante : 3 400 à 3 600 Mm³.

4. Conclusions

Cette analyse permet de situer globalement la représentativité des volumes écoulés le long du Rhône à l'aval de Lyon:

- A Tarascon, elle permet de considérer que le volume écoulé avec la courbe de tarage utilisée par le SAC 84 pendant la crue est trop élevé.
- Sur l'Ardèche à Sauze-St Martin : elle permet de retenir la courbe de tarage du SEMA RA. On remarque une similitude forte des lames d'eau écoulées sur l'Eyrieux et sur l'Ardèche (affluents cévenols typiques du Rhône).
- Sur l'Eyrieux : la cohérence des volumes entre les 2 stations aval apparaît satisfaisante même si le débit de pointe à Pontpierre apparaît élevé par rapport à celui des Ollières.
- Sur la station d'Avignon, les volumes estimés avec la courbe de tarage utilisée pendant la crue (qui est à valider) apparaissent un peu faibles.

On constate également que les lames d'eau écoulées les plus fortes se situent sur l'Eyrieux et l'Ardèche dans leurs parties intermédiaires et aval, ce qui a conduit à un débit très important à Viviers* et à Pont St Esprit*, qui a provoqué une sollicitation importante des champs d'expansion des crues de ce secteur (plaine du Tricastin en particulier).

Un peu plus à l'aval sur la Cèze, les lames sont sensiblement moins élevées : le point le plus fort de la crue serait donc situé au niveau du secteur de Pont St Esprit, à l'aval de la confluence de l'Ardèche.

JF CELLE

* En ce qui concerne les stations de référence prises en compte lors de **l'étude globale sur le Rhône**, pour les raisons qui apparaissent ci-dessus, seules ont été retenues sur le tronçon aval du Rhône, les stations de Viviers et de Beaucaire-Tarascon. Le débit centennial estimé à Viviers par cette étude est de 8118 m³/s (lors de la crue de décembre 2003, le débit maximum atteint à cette station a été de 7943 m³/s - ce qui correspondrait à une période de retour d'environ 90 ans).

La même étude a estimé le débit centennial à Beaucaire-Tarascon à 11302 m³/s.