

# Rapport sur la crue du RHONE et ses affluents du 1 au 5 décembre 2003

## Daniel DUBAND (expert SHF) Philippe BOIS (professeur ENSHMG)

Conférence de consensus du 26 au 28 juillet 2005

### Introduction

Le rapport d'expertise s'appuie sur les données détaillées de jaugeages effectués sur le Rhône à Beaucaire entre 1992 et 2003, et communiquées par la CNR entre mai et juillet 2004 à l'IGE-MEDD

Ces informations étaient complétées par les limnigrammes et les hydrogrammes des crues importantes du Rhône à Ternay, Valence, Pont de Viviers, Beaucaire (cotes moyennes horaires, débits moyens horaires) pendant la même période.

De même nous avons été destinataires des chroniques de débits moyens journaliers du 1 janvier 1990 au 31 décembre 2003 pour le Rhône à Ternay (BV 50560 km<sup>2</sup>), Valence (BV 65800 km<sup>2</sup>), Pont de Viviers (BV 70900 km<sup>2</sup>), Beaucaire (95600 km<sup>2</sup>).

Par contre notre demande de débits moyens journaliers calculés aux aménagements hydro électriques de Donzère, Caderousse, Avignon, Vallabrègue, particulièrement en décembre 2003 n'a pas été satisfaite, la CNR estimant trop importantes les incertitudes affectant ces données, qui auraient été utiles pour mieux valider les volumes d'eau.

La question essentielle de l'étude suivante est d'analyser la pertinence du débit de pointe de crue du RHONE à Beaucaire le 4 décembre 2003 évalué par CNR à 13000 m<sup>3</sup>/s à la cote N=11,3 mètres au cours des jours suivants.

## 1-Ajustement de courbes de tarage aux jaugeages.

Nous avons retenu 37 jaugeages réalisés par la CNR de 1992 à 2003, pour un niveau N (ou cote) supérieur à 3m:

- 23 jaugeages au moulinet, au PK .272.250,
- 8 jaugeages à l'ADCP (Acoustical Doppler Current Profiler), dont 7 les 3-4/12/03,
- 3 jaugeages au moulinet effectués au PK 269.600 en octobre 1993,
- 3 jaugeages de surface au moulinet effectués le 8 janvier 1994 n'ont pas été pris en compte dans l'ajustement numérique des courbes de tarage retenues (cf. ci dessous).
- On notera que 4 débits jaugés les 9 et 10/10/1993 ont été corrigés de déversements estimés de 600 à 750 m<sup>3</sup>/s, par la Cnr.
- 

Deux ajustements de courbe de tarage (relation débit en fonction du niveau) ont été calculés par la méthode des moindres carrés (MMC) appliquée aux 26+8=34 jaugeages, définis par les niveaux N(Ngf) et les débits **Qo** calculés d'après les mesures pendant ces jaugeages.

Deux relations ont été testées : une relation parabolique comparable à celle proposée par le service des Ponts et Chaussées du Rhone (M.Kleitz) après la crue de mai 1856, et, une relation logarithmique plus conforme à l'hydraulique fluviale.

### 1.1) ajustement par une relation parabolique :

On notera  $Q_1$  le débit estimé d'après la relation suivante établie par MMC :

$$Q_1 = 390N + 51,9N^2 + 214 \text{ avec un coefficient de corrélation } r_1 = 0,99408165$$

l'écart type  $s_1$  des écarts  $Q_1 - Q_0$  est égal à **314m<sup>3</sup>/s**,

soit un intervalle d'incertitude à 80% de  $1,28 * s_1 = \pm 400 \text{m}^3/\text{s}$ , il est constant quelque soit N indépendamment du débit.

### 1.2) ajustement par une relation logarithmique :

1.3) On notera  $Q_2$  le débit estimé d'après la relation suivante établie par MMC :

$$\text{Ln}Q_2 = 1,3819 \text{Ln}N + 5,944915 \text{ avec un coefficient de corrélation } r_2 = 0,99612467,$$

l'écart type  $s_2$  des écarts  $\text{Ln}Q_2 - \text{Ln}Q_0$  est égal à **0,0455**,

soit un intervalle d'incertitude à 80% de  $1,28 * s_2 = \pm 0,05824$  . En valeurs naturelles :

$$Q_{250\%} = 382 * N^{1,3819}, Q_{210\%} = 360 * N^{1,3819}, Q_{290\%} = 405 * N^{1,3819}$$

Dans ce cas l'intervalle d'incertitude à 80% croit avec N, donc avec les débits et il est dissymétrique, ce qui paraît plus logique relativement aux incertitudes de mesures.

Pour ce second ajustement, lorsque l'on compare les valeurs naturelles  $Q_2$  et  $Q_{OBS}$ , leur coefficient de corrélation = 0,99327.

**Nota** : il serait plus judicieux de considérer le rayon hydraulique pour être plus conforme au schéma de Manning Strickler, mais ici la cote à l'échelle et la profondeur paraissent voisines.

### 1.3) Commentaires.

**1.3.1)** L'ajustement de la relation  $Q_1$  par MMC donne un poids plus important aux forts débits qui interviennent dans le coefficient du terme  $N^2$ ; alors que l'ajustement de la relation  $Q_2$  par MMC a tendance à pondérer les débits importants lorsque l'on applique la transformation logarithmique aux données, **c'est cette courbe de tarage  $Q_2$  que nous privilégions.**

**1.3.2)** Les jaugeages réalisés par ADCP n'ont pas fait l'objet de calcul d'incertitudes sur les mesures de débits particulièrement en crues ,jusqu'à juin 2003, autant par la société commercialisant les capteurs et logiciels que par les organismes acquéreurs et utilisateurs. Cette démarche apparaît nécessaire compte tenu de l'intérêt opérationnel prometteur de cette méthode hydrométrique.

Pendant l'épisode de crue du 3 et 4 décembre 2003, la CNR a effectué 7 jaugeages par Adcp dont 3 avec GPS ,ainsi que 2 jaugeages au moulinet ,à Beaucaire restitution PK 272.250, qui sont riches d'informations .Ils mettent en évidence une incertitude modérée des jaugeages réalisés par ADCP dans une gamme élevée de débits.

On notera dans le tableau suivant, pour les 3 et 4 / 12 /03, les écarts entre les débits observés en jaugeage  $Q_0$  et les débits déduits des courbes de tarage  $Q_2$  (ajustées aux 34 jaugeages) et les débits  $Q_{Cnr}$  déduits de la courbe utilisée par Cnr entre 1994 et 2003(tableaux 2 et 3).

On remarque pour les 5 jaugeages ( $N > 10,8$ ) dont la moyenne des niveaux est 10,91 (écart-type 0,09) que :

$(Q_2 - Q_0)$  a pour valeur moyenne **-193m<sup>3</sup>/s** et écart-type 353 m<sup>3</sup>/s (min-605,max+350 m<sup>3</sup>/s)

$(Q_{Cnr} - Q_0)$  a pour valeur moyenne **+1446m<sup>3</sup>/s** et écart-type 430 m<sup>3</sup>/s (min 937,max 2116)

pour un débit moyen  $Q_{Cnr} = 12020 \text{m}^3/\text{s}$  ,et moyen  $Q_0 = 10574 \text{m}^3/\text{s}$  ,et moyen  $Q_2 = 10381 \text{m}^3/\text{s}$ .

Jaugeage	date	heure	niveau	Q <sub>0</sub>	Q <sub>2</sub> -Q <sub>0</sub>	Q <sub>Cnr</sub> -Q <sub>0</sub>
Adcp	3-12-03	9h24	10,77	10881	-689	819
Adcp	3-12-03	10h14	10,82 *	10863	-605	937
Moulinet	3-12-03	11h35	11,03 *	10184	+350	2116
Adcp	4-12-03	11h22	10,99 *	10810	-329	1390
Adcp	4-12-03	12h23	10,88 *	10614	-278	1286
<b>Adcp+GPS</b>	4-12-03	12h32	10,85 *	10401	-104	1499
<b>Adcp+GPS</b>	4-12-03	13h50	10,65	9874	162	1528
<b>Adcp+GPS</b>	4-12-03	16h44	10,12	8929	+423	1271
Moulinet	4-12-03	16h55	9,85	8394	+615	1286

(le niveau maxi. de crue a atteint N=11,30 le 4-12-03 à 3h)

On observe que les écarts ( $Q_{Cnr}-Q_0$ ) les moins importants concernent les 2 premiers jaugeages Adcp en montée de crue, peut être imputables aux déplacements en fond de lit du fleuve.

On observe également, en descente de crue, que les écarts ( $Q_{Cnr}-Q_0$ ) sont un peu plus élevés lorsque les mesures Adcp sont effectuées avec GPS. Mais pour N=11,03 le jaugeage au moulinet de 11h35 le 3-12-03 présente le plus grand écart  $Q_{Cnr}-Q_0=2116$  m<sup>3</sup>/s. Ces jaugeages auraient dû attirer l'attention du service technique de la CNR.

L'ajustement de la forme analytique  $Q_1$  présente des écarts  $Q_1-Q_0$  proches de  $Q_2-Q_0$ , et aussi importants pour les 3 jaugeages du 8/01/1994, mais moindres pour les 4 jaugeages corrigés des 9 et 10 octobre 1993. (cf. tableaux 1 et 4)

**1.3.3)** Les jaugeages au moulinet de janvier 1994 effectués au PK 269.600 n'ont pas été pris en compte dans les ajustements définitifs de  $Q_1$  et  $Q_2$ . On note que pour les 3 jaugeages de la crue d'octobre 1993 (10 et 14) l'écart moyen de  $Q_2-Q_0$  est de -150 m<sup>3</sup>/s et celui de  $Q_1-Q_0$  est de -215 m<sup>3</sup>/s. Il est intéressant de comparer les jaugeages moulinet du 10-10-93 au PK 269.600  $Q_0=9233$  m<sup>3</sup>/s pour N=9,84 au PK 272.250  $Q_0=9578$  m<sup>3</sup>/s pour N=9.9 (avec  $Q_2=9000$  m<sup>3</sup>/s dans les 2 cas).

Par contre, les 3 jaugeages réalisés le 8-01-94 au PK 269.600 (entre 11h et 16h) posent question, puisque pour un débit jaugé moyen de 10965 m<sup>3</sup>/s, l'écart moyen de  $Q_2-Q_0=-1185$  m<sup>3</sup>/s et l'écart moyen de  $Q_1-Q_0=-1008$  m<sup>3</sup>/s, ce sont de véritables horsains (cf. Annexe 1 Analyse Hydraulique rapide des jaugeages Rhône à Beaucaire, P. BOIS).

Ces trois jaugeages de surface constituent très probablement la cause de la surestimation à 13000 m<sup>3</sup>/s du débit de pointe de la crue du RHONE à Beaucaire le 4-12-2003 : en conditionnant la courbe de tarage établie par CNR depuis 1994, ils ont été privilégiés au détriment des 5 jaugeages réalisés en crue les 3 et 4 décembre 2003 et déjà cités (3 ADCP, 1 moulinet, 1 ADCP-Gps) pourtant promus par la CNR, à juste titre (sous réserve d'analyse approfondie des différentes sources d'incertitudes associées aux mesures en fortes crues).

Question à CNR : -quelles explications hydrométriques et hydrauliques pour les jaugeages du 8-01-1994 ? Y a-t-il eu erreur technique (hélice) ?

## **2. Estimation proposée des débits de pointe de crues du RHONE à Beaucaire PK 272.250 .**

**le 4 décembre 2003, niveau N=11,30 du maximum de crue**

courbe de tarage  $Q_2$  débit  $Q=10890 \text{ m}^3/\text{s}$  soit près de  $11000 \text{ m}^3/\text{s}$  (au lieu de  $12940 \text{ m}^3/\text{s}$ )  
**intervalle d'incertitude à 80% :10%  $Q=10280 \text{ m}^3/\text{s}$ \_ 90%  $Q=11545 \text{ m}^3/\text{s}$**

courbe de tarage  $Q_1$  débit  $Q=11240 \text{ m}^3/\text{s}$

intervalle d'incertitude à 80% :10%  $Q=10840 \text{ m}^3/\text{s}$ \_ 90%  $Q=11640 \text{ m}^3/\text{s}$

### **Remarques :**

Si l'on prend en compte les 3 jaugeages de janvier 1994 dans l'ajustement de la relation  $Q_2(N)$  par la MMC on obtient un débit de pointe de  $11100 \text{ m}^3/\text{s}$  pour  $N=11,3$  avec incertitude de +ou-  $800 \text{ m}^3/\text{s}$ , l'estimation à 50% étant à peine supérieure de  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  à la valeur obtenue ci-dessus.

**Avec  $10900 \text{ m}^3/\text{s}$ , on note donc une surestimation par la CNR, comprise entre  $1500$  et  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ , du débit de pointe de crue du 4-12-03, annoncé rapidement à  $13000 \text{ m}^3/\text{s}$  en décembre 2003 ,(à la cote  $10,9 \text{ m}$  il y avait déjà  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$  en trop, cf §1.3.2, qui préfigurait l'écart de plus de  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$  à la cote  $11,3 \text{ m}$ ).**

A titre d'information et de réflexion nous avons représenté sur le même graphique les courbes de tarage (N,Q) établies en 1856(Kleitz), 1925(Pardé), 2004(DD,PB) .

**le 10 septembre 2002, niveau N=10,27**

courbe de tarage  $Q_2$   $Q=9540 \text{ m}^3/\text{s}$  (au lieu de  $10540 \text{ m}^3/\text{s}$ )

intervalle d'incertitude à 80% :10%  $Q=9000 \text{ m}^3/\text{s}$ \_ 90%  $Q=10120 \text{ m}^3/\text{s}$

courbe de tarage  $Q_1$   $Q=9690 \text{ m}^3/\text{s}$

intervalle d'incertitude à 80% :10%  $Q=9290 \text{ m}^3/\text{s}$ \_ 90%  $Q=10100 \text{ m}^3/\text{s}$

Ainsi, le débit annoncé pour la pointe de crue du Rhône le 10-09-02 paraît surestimé de  **$1000 \text{ m}^3/\text{s}$**  ce qui modifie le volume reconstitué pour la crue du GARD du 9-09-02.

**Les surestimations de débits de crues du Rhône à Beaucaire par la courbe de tarage 2003 CNR concernent les niveaux supérieurs à  $N=9$  ,soit les débits supérieurs à  $8000 \text{ m}^3/\text{s}$ , depuis le 01-10-1993 semble-t-il ?**

**Le 8 janvier 1994**, pour  $N=10,5$  le débit de pointe est estimé à  **$Q_2=9900 \text{ m}^3/\text{s}$**  (au lieu de  $11000 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

**Le 6 novembre 1994** ,pour  $N=9,89$  ,le débit de pointe de crue est estimé à  **$Q_2=9060 \text{ m}^3/\text{s}$** (au lieu de  $9740 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

**Le 10 octobre 1993**, pour  $N=9,90$  ,le débits de pointe de crue est estimé à  **$Q_2=9070 \text{ m}^3/\text{s}$**  (au lieu de  $9770 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

## **3 .Observations sur la composition des crues (pointe,volume) du RHONE et AFFLUENTS entre Ternay et Beaucaire.**

La composition des crues des affluents du Rhône dans le bassin versant intermédiaire Ternay-Beaucaire mériterait une étude chronologique détaillée des relations horaires pluie-débit pour l'ensemble des sous bassins en rive droite et en rive gauche en liaison avec les propagations des intumescences de crues d'amont en aval dans ce tronçon du fleuve Rhône .

Cette crue à Beaucaire d'origine méditerranéenne extensive (comparable à celle de novembre 1935 dans sa genèse) a essentiellement été façonnée par les pluies du 1 décembre et les crues résultantes des affluents rive droite, la contribution des grands affluents rive gauche ayant été décalée de près de 24h et bien plus modeste .

On peut ainsi observer que ce sont les affluents en rive droite tels que l'Eyrieux, l'Ardèche, la Cèze, qui ont largement contribué à la montée rapide des débits à Beaucaire, du fait de leur gradient de montée entre 6h le 1/12 et 14h le 2/12. On observe bien ce phénomène d'après l'hydrogramme de crue du Rhône à St Etienne des Sort reconstitué comme la somme du débit Rhône à Pont St Esprit (à l'aval du confluent avec l'Ardèche) et du débit turbiné à Bolène estimé à 1700m<sup>3</sup>/s, arrivant par le canal usine.

On constate que la pointe de crue du Rhône à Pont de Viviers arrive plusieurs heures après la pointe due surtout à l'Ardèche et **on observe un plateau d'une quinzaine d'heures de l'hydrogramme à St Etienne des Sort de 19h le 2/12 à 10h le 3/1**, plateau que l'on note en décalé de 20h le 3/12 à 7h le 4/12 sur l'hydrogramme du Rhône à Beaucaire . La fin du plateau à Beaucaire ayant probablement été maintenue par l'arrivée des pointes de crues du Rhône à Avignon puis de la Durance (vers 20h le 3/12) et la seconde pointe de crue du Gard (à 22h le 3/12) .

Ces observations sont déduites de l'examen chronologique des hydrogrammes de crues et des dérivées (ou différences premières) au pas de temps horaire , de ceux-ci .

### **3.1 REMARQUES sur les POINTES de crues d'affluents du Rhône les 2 et 3 décembre 2003.**

Débit de pointe de l'Isère à St Gervais (BV 9910 km<sup>2</sup>) : 406 m<sup>3</sup>/s

Débit de pointe de la Bourne à Pt de Manne (BV 787 km<sup>2</sup>) : 567 m<sup>3</sup>/s

Débit de pointe estimé à Beaumont confluence Isère-Rhône (BV 11800 km<sup>2</sup>) : 1200 m<sup>3</sup>/s à 3h (3/12) .

Débit de pointe de l'Eyrieux à Pt de Chervil (BV 392 km<sup>2</sup>) : 634 m<sup>3</sup>/s

Débit de pointe de l'Eyrieux au confluent Rhône (BV 850 km<sup>2</sup>) : 1200 m<sup>3</sup>/s .

Débit de pointe de l'Ardèche à St Martin (BV 2240 km<sup>2</sup>) , estimé par Diren : 3000 m<sup>3</sup>/s à 12h (2/12) ;

Débit de pointe la Durance à Cadarache (BV 11700 km<sup>2</sup>) : 1600 m<sup>3</sup>/s à 4h (3/12), il s'étale ensuite en propagation et atteint 1450 m<sup>3</sup>/s à 12h (3-12) à Bompas ;

Débit de pointe du Gard à Remoulins dont l'hydrogramme est à recalculer : 950 m<sup>3</sup>/s à 22h (3/12) ;

Nous ne disposons d'aucunes données sur les jaugeages du Rhône à Avignon.

### **3.2 REMARQUES sur les VOLUMES de CRUES du Rhône entre Ternay et Beaucaire.**

Pour obtenir une estimation du volume de crue pendant les 5 jours du 1 au 5 décembre 2003

On a soustrait le volume de base au départ de la crue du volume total , ainsi (tableau 6) :

Rhône à Ternay	240 hm <sup>3</sup> ,
Rhône à Valence	600 hm <sup>3</sup> ,
Rhône à Pont de Viviers	930 hm <sup>3</sup> ,
Rhône à Pont St Esprit	1340 hm <sup>3</sup> ,
Rhône à Avignon	1680 hm <sup>3</sup> ,
Rhône à Beaucaire	1990 hm <sup>3</sup> ,

Le volume cumulé des crues du RHÔNE entre Ternay et Beaucaire est estimé à :  
1990-240=1750 hm<sup>3</sup> du 1 au 5 décembre pour un volume total de 3050 hm<sup>3</sup> à Beaucaire .

On remarque que les pointe de crues des affluents rive droite se produisent le 2/12 vers 12h ,et, plusieurs heures après pour les affluents en rive gauche (BV<2000km<sup>2</sup>) ,celle de l'Isère et de la Durance se produisant vers 0h le 3/12.

Pour ce qui concerne le volume estimé de la crue du Rhône à Beaucaire pendant les 5 jours du 1 au 5 décembre 2003 ,en adoptant le barème de tarage Q<sub>2</sub>,on obtient un volume global de 3050 hm<sup>3</sup> .

En considérant seulement les apports en crues des affluents du bassin versant intermédiaire TERNAY-BEAUCAIRE (BV 45000 km<sup>2</sup>) supérieurs au volume de base à Beaucaire et en retranchant les apports de crue à l'amont de Ternay, on obtient un volume de: 1750 hm<sup>3</sup> (avec le barème de tarage Cnr on note 2050 hm<sup>3</sup> soit 17% de plus soit ) ; ce chiffre correspond à un écoulement de 52 mm pour 33000 km<sup>2</sup>( en diminuant de 6000 km<sup>2</sup> la surface du BV Isère ,et de 6000km<sup>2</sup> la surface du BV de la Durance ),si l'on adopte une lame d'eau pluviale moyenne de 145 mm(valeur estimée d'après des informations fournies par Météo France ) on peut évaluer le coefficient de ruissellement moyen global à 36% (chiffre à valider) .

### **3.3Le RHONE à Pont de Viviers :**

- 1-Analyse des jaugeage,calage d'une courbe de tarage,
- 2-Incidence sur le calcul des débits de crues récentes.

#### **1-Ajustement d'une courbe de tarage.**

D'après les résultats de 16 jaugeages effectués par la CNR entre 1992 et 2003 à Pont de Viviers(données communiquées à l'IGE-MEDD le 6-05-2004), nous avons ajusté une relation linéaire simple entre les débits jaugés Q<sub>0</sub> et les niveaux N en calculant les deux coefficients par la méthode des moindres carrés,soit :

$$Q_{pv} = 1608 * N - 93652$$

Le coefficient de corrélation étant  $r_1 = 0,99384637$

L'écart-type d'incertitude associée à l'écart (Q<sub>pv</sub>-Q<sub>0</sub>) étant  $s_1 = 218$  m<sup>3</sup>/s,et l'intervalle d'incertitude à 80% étant défini par la plage (-280 à +280 m<sup>3</sup>/s) quelques soient les valeurs de N ,donc indépendant de l'importance des débits.(tableau 5 )

#### **2-Incidence sur le calcul de crues récentes.**

Débit de pointe de la crue du 3-12-2003 à 4h :

on obtient une estimation de 7670 m<sup>3</sup>/s avec 90% de chances de se situer entre 7300 et 8000 m<sup>3</sup>/s , la valeur fournie (non validée) par Cnr étant 7943m<sup>3</sup>/s au niveau N=63,01 ;

Débit de pointe de la crue du 7-01-1994 à 14h :

on obtient une estimation de 7363 m<sup>3</sup>/s avec 90% de chances de se situer entre 7000 et 7700m<sup>3</sup>/s , la valeur fournie par Cnr étant 7564 m<sup>3</sup>/s au niveau N=62,82

## ANNEXE 1.

### Analyse hydraulique rapide des jaugeages du Rhône à Beaucaire (Version 16 juin 2005)

#### Données de base :

38 jaugeages CNR effectués de 1992 à 2003 (cf. Tableau 1).

Ces jaugeages n'ont pas tous été effectués au même endroit, mais comme à chaque jaugeage, la CNR avait relevé le niveau à Beaucaire Restitution (PK 269.6), nous avons fait l'hypothèse raisonnable que le débit mesuré correspondait à celui qui passait à Beaucaire Restitution.

Pour cette station, la CNR nous a fourni le profil en travers ayant servi au jaugeage de surface du 8/1/94. Nous avons ainsi pu écrire l'équation de la section mouillée A, du périmètre mouillé P, et du rayon hydraulique R en fonction du niveau du Rhône au PK 269.6 Z :

$$A=200+240*Z+3.656*Z^2 \quad (A \text{ en m}^2, Z \text{ en m}) \quad P=242+Z*3.16 \quad (P \text{ et } Z \text{ en m})$$

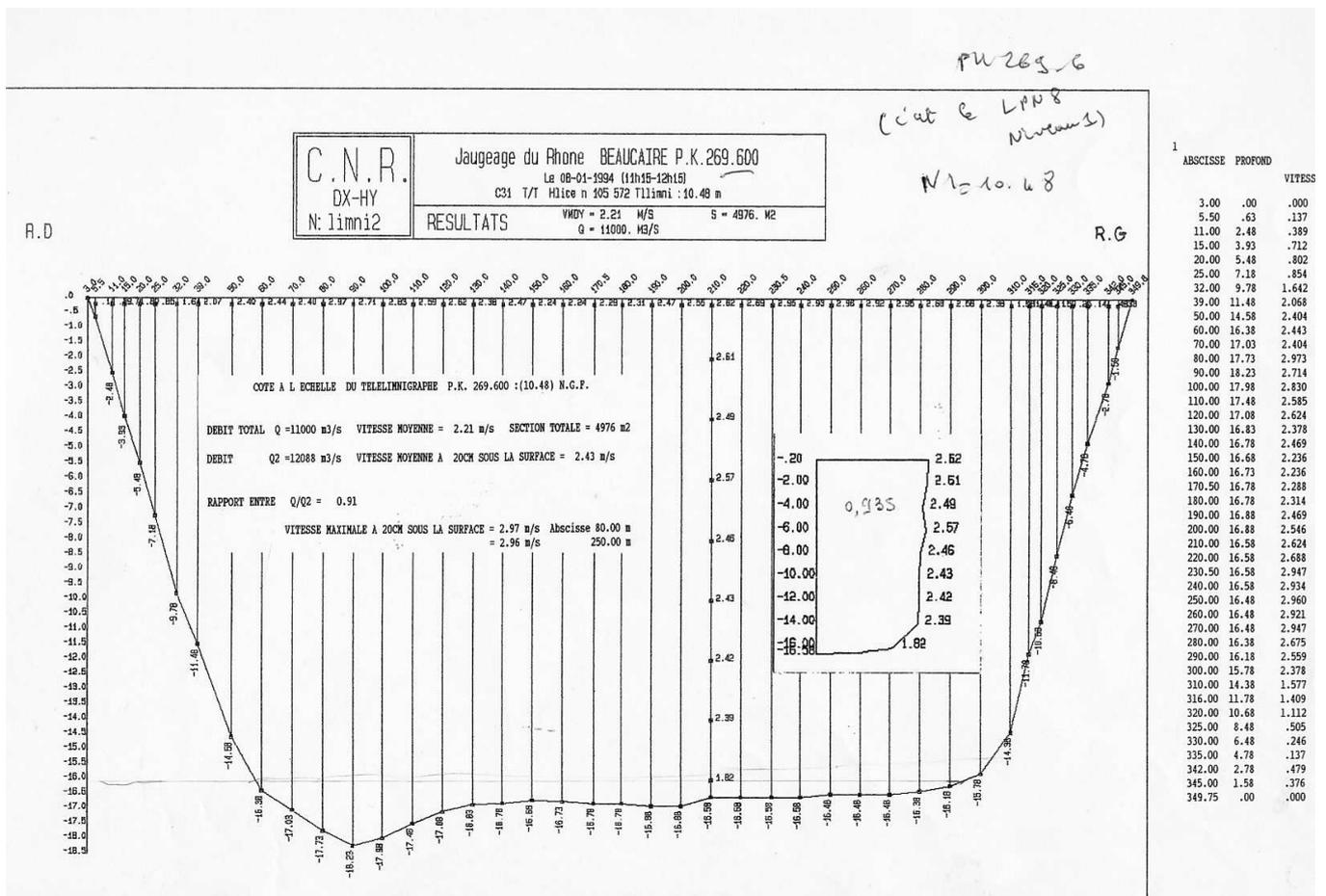
**TABLEAU 1**

DATE	HEURE DE LA MESURE		Z NGF	DEBITS en m3/s		SECTION MOULLEE jaugeage en m <sup>2</sup>	A en 1	Vm en 1	Pér. Est. en 1	R est. en 1	DEBITS en m3/s		Q/A*R <sup>2/3</sup>	LN(Vm)	Ln(R)
	Début	Fin		[1]	Total						Q	Total			
18/10/03	10h45	11h35	0.86	434		1804	1874	0.23	265	7.08	434	0.063	-1.46	1.96	
18/10/03	11h35	12h15	0.87	522		1807	1877	0.28	265	7.09	522	0.075	-1.28	1.96	
06/08/92	14h05	16h05	1.39	928		1055	2027	0.46	267	7.60	928	0.118	-0.78	2.03	
23/03/94	10h40	12h15	3.25	1974		1615	2580	0.77	274	9.43	1974	0.171	-0.27	2.24	
23/03/94	12h20	12h40	3.28	1974		1615	2589	0.76	274	9.46	1974	0.170	-0.27	2.25	
23/03/94	14h43	15h47	3.29	2128		1625	2592	0.82	274	9.47	2128	0.183	-0.20	2.25	
05/11/92	14h55	16h30	3.73	2437		1688	2727	0.89	275	9.91	2437	0.194	-0.11	2.29	
24/02/95	10h40	12h00	5.00	3532		2110	3123	1.13	280	11.16	3532	0.226	0.12	2.41	
24/02/95	9h00	10h30	5.01	3570		2110	3126	1.14	280	11.17	3570	0.229	0.13	2.41	
18/11/92	10h20	12h00	6.40	4657		2413	3574	1.30	285	12.55	4657	0.241	0.26	2.53	
18/11/92	12h15	12h45	6.40	4748		2417	3574	1.33	285	12.55	4748	0.246	0.28	2.53	
24/09/93	10h50	12h55	6.85	5502		2529	3722	1.48	286	12.99	5502	0.268	0.39	2.56	
*14/10/93	9h20	10h00	7.17	5950		3742	3828	1.55	288	13.31	5950	0.277	0.44	2.59	
24/11/92	10h35	12h30	7.20	5407		2590	3838	1.41	288	13.34	5407	0.251	0.34	2.59	
24/11/92	12h35	12h50	7.20	5435		2590	3838	1.42	288	13.34	5435	0.252	0.35	2.59	
*14/10/93	10h05	12h00	7.35	6093		3801	3888	1.57	288	13.49	6093	0.277	0.45	2.60	
24/09/93	14h50	16h25	7.40	5930		2680	3904	1.52	288	13.54	5930	0.267	0.42	2.61	
14/10/93	15h40	16h00	7.65	6178		2871	3988	1.55	289	13.78	6178	0.269	0.44	2.62	
24/09/93	16h55	17h10	7.70	6278		2758	4005	1.57	290	13.83	6278	0.272	0.45	2.63	
24/09/93	17h10	17h25	7.72	6423		2764	4012	1.60	290	13.85	6423	0.278	0.47	2.63	
06/10/93	16h20	17h35	7.85	6148		2763	4056	1.52	290	13.98	6148	0.261	0.42	2.64	
06/10/93	17h40	17h55	7.86	6187		2763	4059	1.52	290	13.99	6187	0.263	0.42	2.64	
09/10/93	13h00	14h20	9.64	8552		3485	4672	1.83	297	15.76	8552	0.291	0.60	2.76	
09/10/93	15h15	17h00	9.72	8805		3519	4700	1.87	297	15.84	8805	0.297	0.63	2.76	

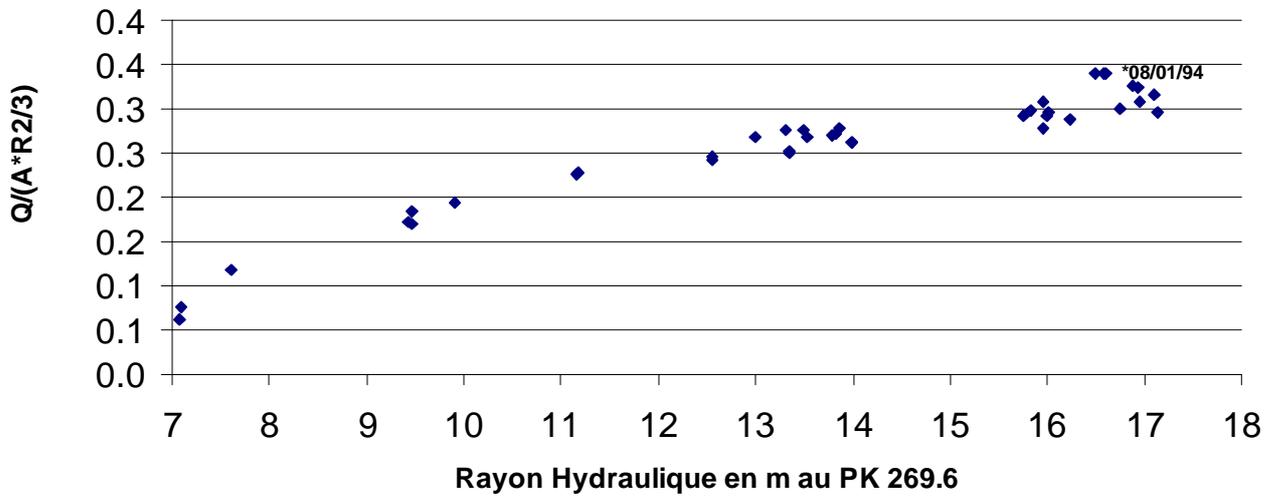
*10/10/93	11h45	12h20	9.84	9233	4637	4742	1.95	297	15.95	9233	0.307	0.67	2.77
04/12/03	16h55		9.85	8334	4810	4745	1.76	297	15.96	8334	0.277	0.56	2.77
10/10/93	9h20	10h45	9.89	8839	3574	4760	1.86	297	16.00	8839	0.292	0.62	2.77
10/10/93	8h40	9h10	9.90	8978	3592	4763	1.88	297	16.01	8978	0.297	0.63	2.77
04/12/2003			10.12	8929		4841	1.84	298	16.23	8929	0.288	0.61	2.79
*08/01/94	15h20	16h30	10.38	10883	4940	4933	2.21	299	16.49	10883	0.341	0.79	2.80
*08/01/94	11h15	12h15	10.48	10984	4976	4969	2.21	300	16.59	10984	0.340	0.79	2.81
*08/01/94	10h00	11h00	10.50	11029	4983	4976	2.22	300	16.61	11029	0.340	0.80	2.81
04/12/2003			10.65	9874		5030	1.96	300	16.76	9874	0.300	0.67	2.82
03/12/2003			10.77	10881		5073	2.15	301	16.88	10881	0.326	0.76	2.83
03/12/2003			10.82	10863		5091	2.13	301	16.93	10863	0.324	0.76	2.83
04/12/2003			10.85	10401		5101	2.04	301	16.96	10401	0.309	0.71	2.83
04/12/2003			10.99	10810		5152	2.10	301	17.09	10810	0.316	0.74	2.84
03/12/03	11h35		11.03	10184	5103	5166	1.97	302	17.13	10184	0.297	0.68	2.84
		Min	0.86	434	1055	1874	0.23	265	7.08	434	0.063		
		Max	11.03	11029	5103	5166	2.22	302	17.13	11029	0.341		

### Quelques graphiques :

Section en travers du Rhône à Beaucaire restitution PK 269.6 (celui utilisé lors du jaugeage de 1994) :



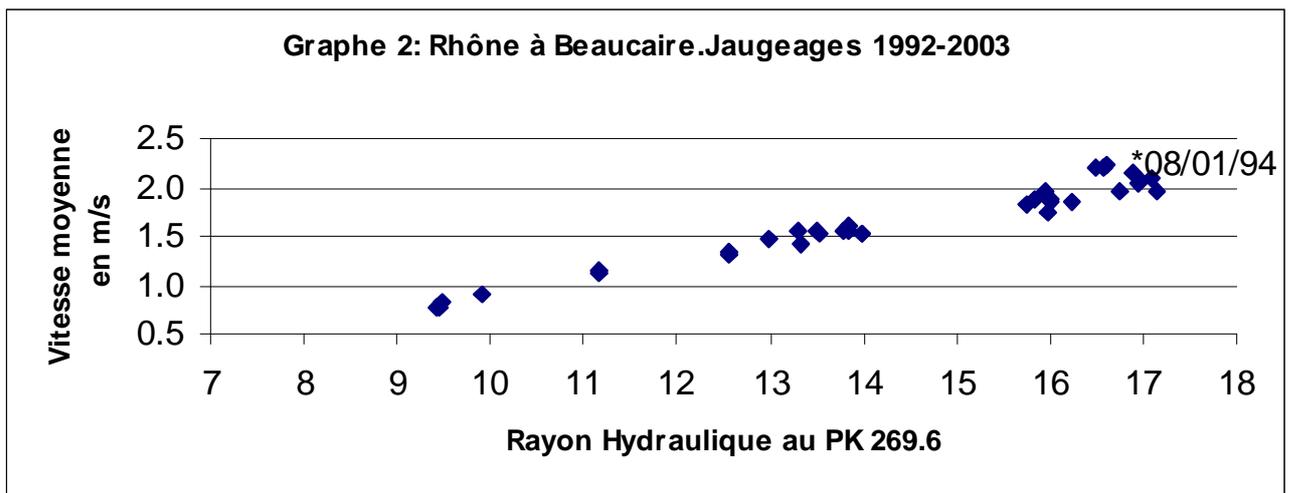
**Graphe 1: Rhône à Beaucaire. Jaugeages 1992-2003**



**Graphe 1 :**  $Q/(A \cdot R^{2/3}) = f(R)$ . Cette quantité dans un écoulement permanent et uniforme à pente d'énergie constante et à rugosité constante doit peu varier (Formule de Manning Strickler).

On constate que l'hypothèse précédente est loin d'être respectée et qu'il y a pour des mêmes rayons hydrauliques des écarts de 10% environ entre les valeurs. Les points les plus hauts correspondent aux jaugeages de 1994.

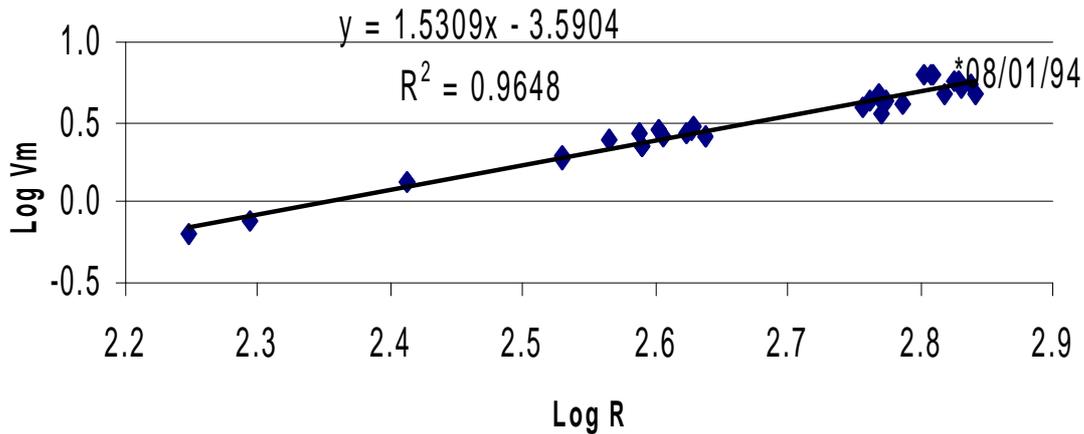
**Graphe 2 :**  $Q/A = \text{Vitesse moyenne} = V_m = f(R)$  :



On retrouve évidemment les points précédents écartés d'une ligne moyenne.

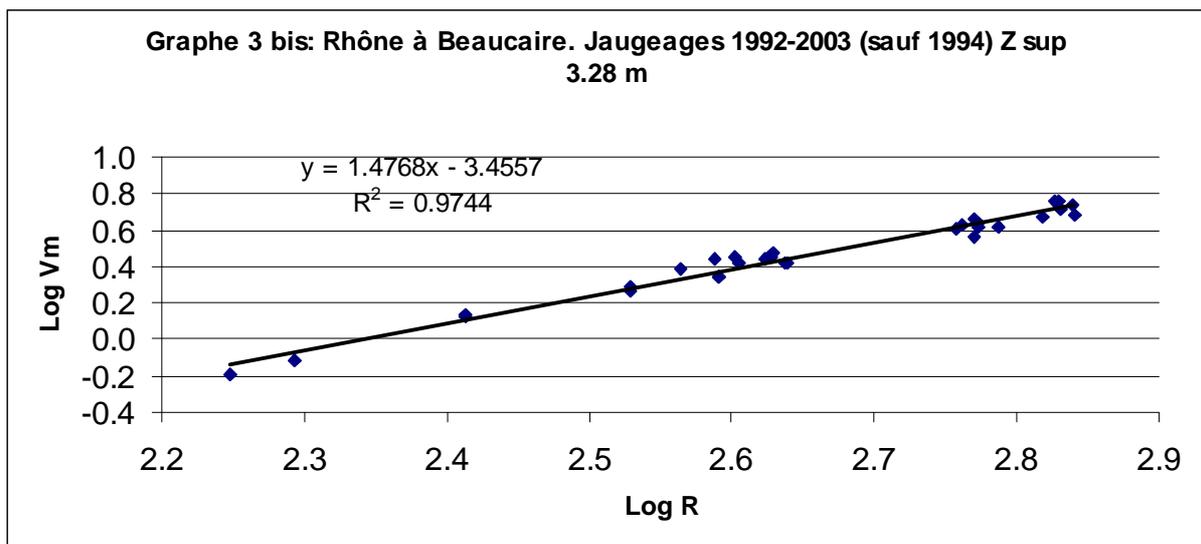
**Graphe 3 :**  $\text{Log}(V_m) = \text{Log}(R)$  Ce graphe est intéressant car, dans l'hypothèse de Manning Strickler :  $Q/A = V_m = 1/n * R^{2/3} J^{1/2}$  n rugosité, J pente d'énergie. En traçant  $\text{Log}(V_m)$  en fonction de R, si n et J sont constants, on devrait retrouver comme pente cette puissance de 2/3.

**Graphe 3: Rhône à Beaucaire. Jaugeages 1992-2003 Z sup 3.28 m**



On retrouve bien évidemment les jaugeages de 1994 au dessus de la droite et le fait que l'on est loin de l'hypothèse de Strickler. La pente de la droite qui correspond en variables brutes à la puissance à affecter à R ressemble à la valeur de l'équation d'un déversoir où R serait la hauteur amont au dessus du seuil. La corrélation est bonne mais on a des points dans une très large gamme de Log R.

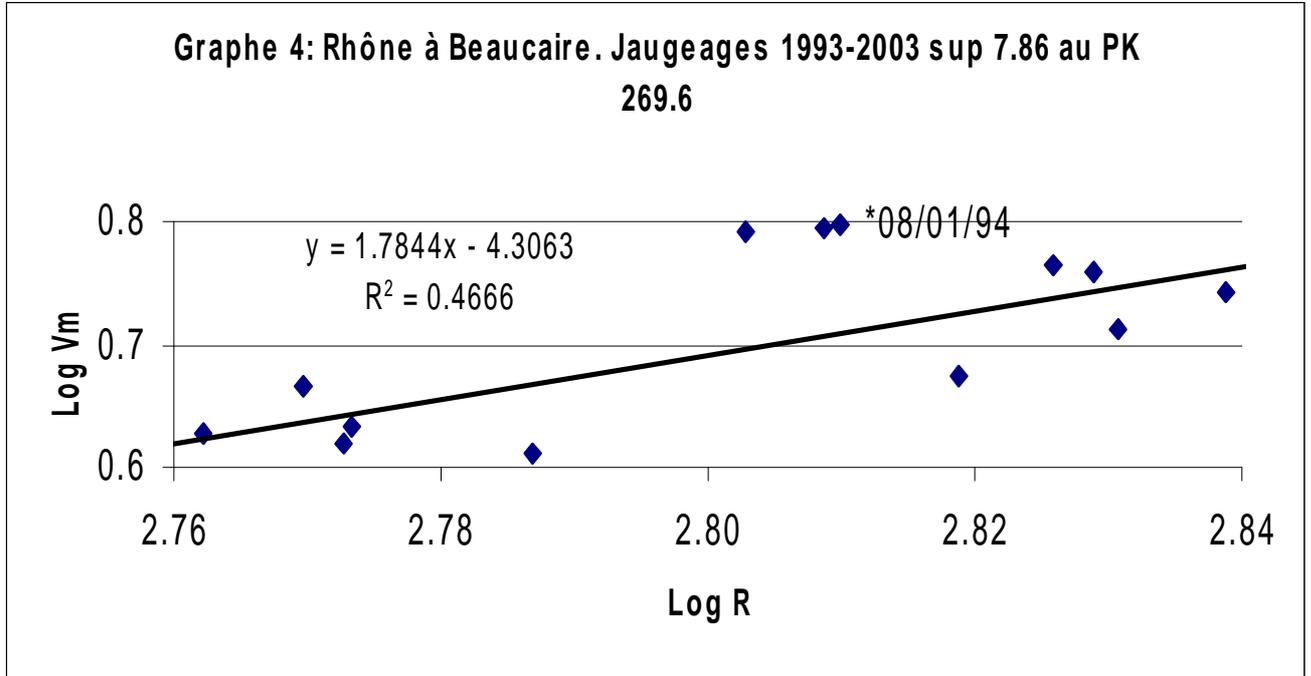
**Graphe 3 Bis :** le même que précédemment mais sans prendre en compte les jaugeages de 1994.



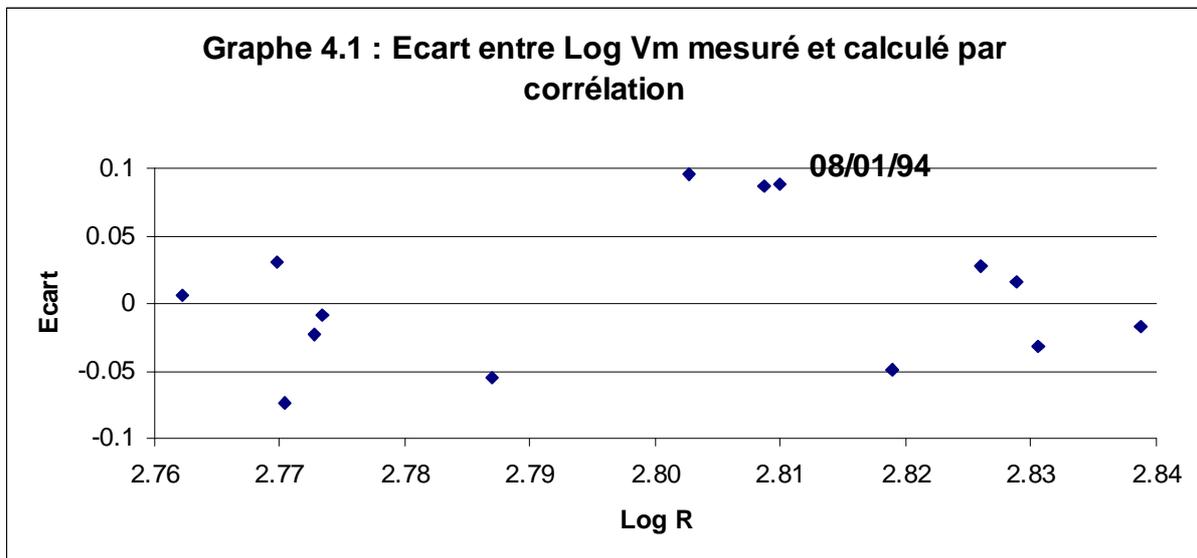
La corrélation augmente significativement mais le coefficient de régression reste voisin.

## Etude des jaugeages de forts débits :

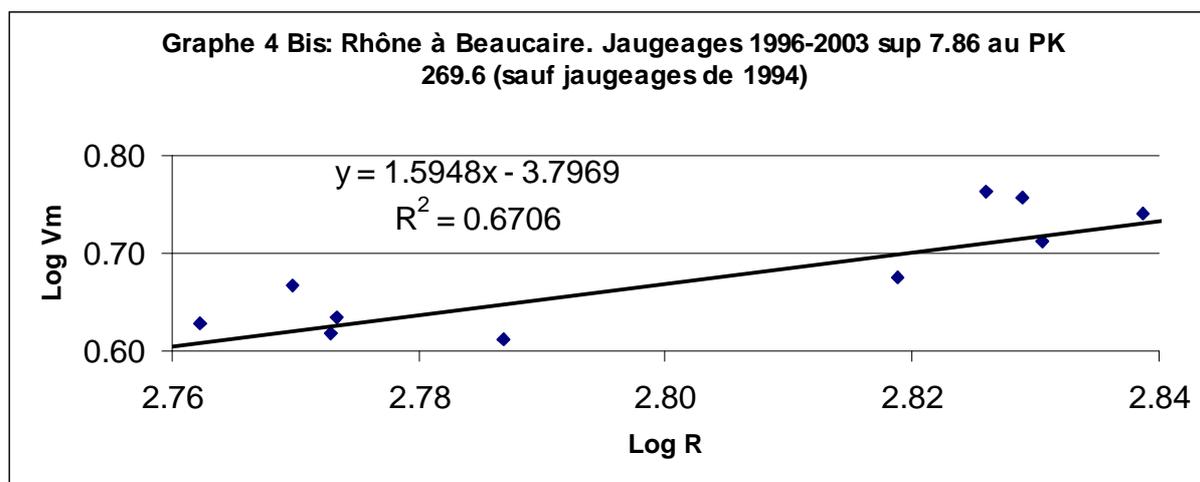
**Graphe 4** :  $\text{Log}(V_m)=f(\text{Log}(R))$  pour  $Z>9$  m



On retrouve bien les 3 points de 1994 les plus éloignés de la droite moyenne. Le graphe 4.1 montre les écarts entre les points et la droite de régression où ces 3 points sortent en évidence.



**Graphe 4 bis :  $\text{Log}(V_m)=f(\text{Log}(R))$  pour  $Z>9$  m (sauf les jaugeages de 1994)**



Le nuage de points est évidemment beaucoup moins étalé autour de la droite des moindres carrés (le coefficient de détermination augmente très sensiblement) et le coefficient de régression décroît un peu.

Les jaugeages de 1994 sont assez isolés par rapport aux autres (cf. graphes 4 et 4.1)

### **Recommandations :**

Compte tenu des remarques hydrauliques précédentes, il nous semble important d'analyser, même de façon simplifiée, les conditions d'écoulement du Rhône à Beaucaire en fort débit afin de répondre aux questions suivantes :

- L'écoulement à Beaucaire peut-il pour une même hauteur être différent d'une crue à l'autre et dans quelle proportion ?..

- Si l'on peut raisonnablement (avec semble-t-il une précision relative de 5%) avoir une liaison hauteur débit moyenne à Beaucaire, peut-on améliorer cette précision en tenant compte simplement de niveaux amont et aval ?.

- Enfin, quelle est l'influence du régime non permanent sur la relation hauteur débit.

### **Additif au 15/06.2005 : Remarques et calculs de débits pour 1994 :**

N'ayant à ce jour (15/06/2005) reçu aucun élément nouveau par rapport aux recommandations précédentes, je présenterai des résultats simples concernant la crue jaugée de 1994 :

Hypothèse 1 : on conserve les valeurs mesurées et on estime les débits par la vitesse moyenne estimée par corrélation selon la formule de corrélation du graphe 4 et par la section mouillée définie au début.

Hypothèse 2 : on ignore les mesures de 1994 et on estime les débits par la vitesse moyenne estimée par corrélation selon la formule de corrélation du graphe 4.1 et par la section mouillée définie au début.

Date	Heure	Niveau	Mesure	Débit selon H1	Débit selon H2
08/01/94	10h	10.5	11029	10098	9865
08/01/94	11h15	10.48	10984	10062	9832
08/01/94	15h20	10.38	10883	9883	9668

Les écarts relatifs sont de 8 à 9% pour l'hypothèse 1 et de 10 à 11% pour l'hypothèse 2 ; on se rapproche (ce qui n'est pas anormal puisqu'on en a tenu compte) des jaugeages de décembre 2003.

tableau1	N m	Qo m3/s	Q2	Q1	Q2-Qo	Q1-Qo
05-11-92 M	3,73	2437	2354	2390	-83	-47
18-11-92 M	6,4	4657	4965	4833	308	176
18-11-92 M	6,4	4748	4965	4833	217	85
24-11-92 M	7,2	5407	5842	5710	435	303
24-11-92 M	7,2	5435	5842	5710	407	275
24-09-93 M	6,85	5502	5454	5318	-48	-184
24-09-93 M	7,4	5930	6068	5939	138	9
24-09-93 M	7,7	6278	6410	6291	132	13
24-09-93 M	7,72	6423	6433	6315	10	-108
06-10-93 M	7,85	6148	6584	6470	436	322
06-10-93 M	7,86	6187	6595	6482	408	295
<b>09-10-93 M</b>	<b>9,64</b>	<b>9302</b>	<b>8745</b>	<b>8792</b>	<b>-557</b>	<b>-510</b>
<b>09-10-93 M</b>	<b>9,72</b>	<b>9555</b>	<b>8845</b>	<b>8903</b>	<b>-710</b>	<b>-652</b>
<b>09-10-93 M</b>	<b>9,9</b>	<b>9578</b>	<b>9072</b>	<b>9157</b>	<b>-506</b>	<b>-421</b>
<b>10-10-93 M</b>	<b>9,89</b>	<b>9439</b>	<b>9060</b>	<b>9143</b>	<b>-379</b>	<b>-296</b>
14-10-93 M	7,65	6178	6353	6232	175	54
23-03-94 M	3,25	1974	1946	2029	-28	55
23-03-94 M	3,28	1974	1971	2051	-3	77
23-03-94 M	3,29	2128	1980	2058	-148	-70
24-02-95 M	5,01	3570	3540	3469	-30	-101
24-02-95 M	5	3532	3530	3460	-2	-72
03-12-03 M	11,03	10184	10534	10824	350	640
04-12-03 M	9,85	8394	9009	9086	615	692
24-02-95 A	5	3540	3530	3460	-10	-80
03-12-03 A	10,77	10881	10192	10429	-689	-452
03-12-03 A	10,82	10863	10258	10504	-605	-359
04-12-03 A	10,99	10810	10481	10763	-329	-47
04-12-03 A	10,88	10614	10336	10595	-278	-19
4-12-03Agps	10,85	10401	10297	10550	-104	149
4-12-03Agps	10,65	9874	10035	10249	161	375
4-12-03Agps	10,12	8929	9352	9471	423	542
10-10-93 M	9,84	9233	8996	9072	-237	-161
14-10-93 M	7,17	5950	5809	5675	-141	-274
14-10-93 M	7,35	6093	6011	5881	-82	-212
<b>08-01-94M°</b>	<b>10,5</b>	<b>11029</b>	<b>9841</b>	<b>10026</b>	<b>-1188</b>	<b>-1003</b>
<b>08-01-94M°</b>	<b>10,48</b>	<b>10984</b>	<b>9815</b>	<b>9996</b>	<b>-1169</b>	<b>-988</b>
<b>08-01-94M°</b>	<b>10,38</b>	<b>10883</b>	<b>9686</b>	<b>9849</b>	<b>-1197</b>	<b>-1034</b>
<b>10-09-2002</b>	<b>10,27</b>	<b>10539</b>	<b>9544</b>	<b>9688</b>	<b>-995</b>	<b>-851</b>
<b>4-12-2003</b>	<b>11,3</b>	<b>12938</b>	<b>10892</b>	<b>11242</b>	<b>-2046</b>	<b>-1696</b>

Q1= 390N+52NN+214 23+8+3=34j

LnQ2= 1,3819LnN+5,944915 23+8+3=34j

M=moulinet

A=Adcp

° Jaugeages non pris en compte

tableau 2	N m	Qobs m3/s	Q2 50%	Qcnr	Q2-Qo	Qcnr-Qo
05-11-92 M	3,73	2437	2354	2550	-83	113
18-11-92	6,4	4657	4965	4890	308	233
18-11-92	6,4	4748	4965	4890	217	142
24-11-92	7,2	5407	5842	5710	435	303
24-11-92	7,2	5435	5842	5710	407	275
24-09-93	6,85	5502	5454	5340	-48	-162
24-09-93	7,4	5930	6068	5920	138	-10
24-09-93	7,7	6278	6410	6270	132	-8
24-09-93	7,72	6423	6433	6290	10	-133
6-10-93	7,85	6148	6584	6440	436	292
6-10-93	7,86	6187	6595	6450	408	263
9-10-93	9,64	9302	8745	9300	-557	-2
9-10-93	9,72	9555	8845	9450	-710	-105
10-10-93	9,9	9578	9072	9770	-506	192
10-10-93	9,89	9439	9060	9750	-379	311
14-10-93	7,65	6178	6353	6210	175	32
23-03-94	3,25	1974	1946	2180	-28	206
23-03-94	3,28	1974	1971	2200	-3	226
23-03-94	3,29	2128	1980	2210	-148	82
24-02-95	5,01	3570	3540	3620	-30	50
24-02-95	5	3532	3530	3610	-2	78
<b>03-12-03 M</b>	<b>11,03</b>	<b>10184</b>	10534	12300	<b>350</b>	<b>2116</b>
<b>04-12-03 M</b>	<b>9,85</b>	<b>8394</b>	9009	9680	<b>615</b>	<b>1286</b>
24-02-95 A	5	3540	3530	3610	-10	70
<b>3-12-03A</b>	<b>10,77</b>	<b>10881</b>	10192	11700	<b>-689</b>	<b>819</b>
<b>3-12-03A</b>	<b>10,82</b>	<b>10863</b>	10258	11800	<b>-605</b>	<b>937</b>
<b>4-12-03A</b>	<b>10,99</b>	<b>10810</b>	10481	12200	<b>-329</b>	<b>1390</b>
<b>4-12-03A</b>	<b>10,88</b>	<b>10614</b>	10336	11900	<b>-278</b>	<b>1286</b>
<b>4-12-03Agps</b>	<b>10,85</b>	<b>10401</b>	10297	11900	<b>-104</b>	<b>1499</b>
<b>4-12-03Agps</b>	<b>10,65</b>	<b>9874</b>	10035	11400	<b>161</b>	<b>1526</b>
<b>4-12-03Agps</b>	<b>10,12</b>	<b>8929</b>	9352	10200	<b>423</b>	<b>1271</b>
10-10-93 M	9,84	9233	8996	9660	-237	427
14-10-93	7,17	5950	5809	5670	-141	-280
14-10-93	7,35	6093	6011	5870	-82	-223
<b>08-01-94°</b>	<b>10,5</b>	<b>11029</b>	<b>9841</b>	<b>11100</b>	<b>-1188</b>	<b>71</b>
<b>08-01-94°</b>	<b>10,48</b>	<b>10984</b>	<b>9815</b>	<b>11100</b>	<b>-1169</b>	<b>116</b>
<b>08-01-94°</b>	<b>10,38</b>	<b>10883</b>	<b>9686</b>	<b>10800</b>	<b>-1197</b>	<b>-83</b>
10-09-2002	10,27	10539	9544	10600	-995	61
4-12-2003	11,3	12938	10892	13000	-2046	62

**tableau 3**  
**Nm/Qm3/s**

<b>Niveau</b>	<b>Courbes</b>	<b>Tarage</b>	<b>Rhone</b>	<b>Beaucaire</b>	
<b>N</b>	<b>C.tar Cnr</b>	<b>C.tar Q2</b>	<b>Q2 10%</b>	<b>Q2 90%</b>	<b>Q1 50%</b>
3	1990	1743	1644	1847	1851
3,25	2180	1946	1836	2063	2030
3,5	2360	2156	2034	2286	2215
3,75	2570	2372	2238	2514	2406
4	2770	2593	2447	2749	2604
4,25	2980	2820	2660	2989	2809
4,5	3180	3052	2879	3235	3020
4,75	3400	3288	3102	3486	3237
5	3610	3530	3330	3742	3462
5,25	3830	3776	3562	4003	3692
5,5	4050	4027	3799	4268	3929
5,75	4280	4282	4040	4539	4172
6	4510	4541	4284	4814	4422
6,25	4750	4805	4533	5093	4679
6,5	4980	5072	4786	5377	4942
6,75	5240	5344	5042	5665	5211
7	5490	5620	5302	5956	5487
7,25	5760	5899	5565	6252	5769
7,5	6030	6182	5832	6552	6058
7,75	6330	6468	6102	6856	6354
8	6620	6758	6376	7164	6656
8,25	6980	7052	6653	7475	6964
8,5	7330	7349	6933	7790	7279
8,75	7750	7649	7216	8108	7600
9	8160	7953	7503	8430	7928
9,25	8610	8260	7792	8755	8262
9,5	9050	8570	8085	9084	8603
9,75	9500	8883	8380	9416	8950
10	9950	9199	8679	9751	9304
10,25	10500	9519	8980	10089	9664
10,5	11100	9841	9284	10431	10031
10,75	11700	10166	9591	10776	10404
11	12200	10494	9901	11124	10784
11,25	12900	10825	10213	11475	11170
11,5	13500	11159	10528	11828	11563
11,75		11496	10845	12185	11962
12		11835	11166	12545	12368

RhB2-12-03	Tab	4	Q Cnr	Q2 50%	Q210%	Q290%	Q1 50%	Jaugeages
Heure 12	0		9070	8582	8096	9097	8617	
	13	1	9231	8695	8203	9217	8741	
	14	2	9367	8795	8297	9323	8852	
	15	3	9504	8883	8380	9416	8950	
	16	4	9629	8971	8463	9509	9049	
	17	5	9732	9047	8535	9590	9133	
	18	6	9774	9085	8571	9630	9176	
	19	7	9849	9136	8619	9684	9233	
	20	8	10007	9237	8714	9791	9347	
	21	9	10159	9326	8798	9886	9447	
	22	10	10313	9416	8883	9981	9548	
	23	11	10456	9493	8956	10063	9635	
	24	12	10588	9570	9028	10144	9722	
	1	13	10709	9647	9101	10226	9810	
	2	14	10830	9711	9161	10294	9884	
	3	15	10940	9776	9223	10363	9957	
	4	16	11029	9828	9272	10418	10016	
	5	17	11142	9893	9333	10487	10090	
	6	18	11280	9970	9406	10568	10179	
	7	19	11384	10036	9468	10638	10254	
	8	20	11476	10088	9517	10693	10314	
	9	21	11602	10153	9578	10762	10389	10881
	10	22	11740	10231	9652	10845	10480	10863
	11	23	11867	10310	9726	10929	10570	
	12	24	12051	10415	9826	11040	10692	
	13	25	12226	10507	9912	11137	10799	10184
	14	26	12350	10573	9975	11207	10876	
	15	27	12500	10653	10050	11292	10968	
	16	28	12625	10719	10112	11362	11046	
	17	29	12713	10772	10162	11418	11108	
	18	30	12775	10799	10188	11447	11139	
	19	31	12825	10825	10212	11475	11170	
	<b>20</b>	32	12863	10852	10238	11503	11201	
	21	33	12888	10865	10250	11517	11217	
	22	34	12888	10865	10250	11517	11217	
	23	35	12863	10852	10238	11503	11201	
	24	36	12875	10852	10238	11503	11201	
	1	37	12900	10865	10250	11517	11217	
	2	38	12925	10878	10262	11531	11232	
	3	39	<b>12938</b>	<b>10892</b>	10276	11546	11248	
	4	40	12913	10878	10262	11531	11232	
	5	41	12888	10865	10250	11517	11217	
	6	42	12888	10865	10250	11517	11217	
	<b>7</b>	43	12863	10852	10238	11503	11201	
	8	44	12775	10799	10188	11447	11139	
	9	45	12650	10732	10125	11376	11061	
	10	46	12475	10639	10037	11277	10953	
	11	47	12265	10534	9938	11166	10830	
	12	48	12016	10389	9801	11012	10662	10810
	13	49	11717	10218	9640	10831	10465	10614
	14	50	11361	10023	9456	10624	10239	10401
	15	51	10943	9776	9223	10363	9957	9851

16	52	10533	9544	9004	10117	9693	
17	53	10111	9288	8762	9845	9404	9001
18	54	9689	9022	8511	9563	9105	8394
19	55	9331	8770	8274	9296	8824	
20	56	8945	8495	8014	9005	8521	
21	57	8517	8198	7734	8690	8195	
22	58	8109	7916	7468	8391	7888	
23	59	7684	7613	7182	8070	7561	
24	60	7290	7325	6910	7765	7253	

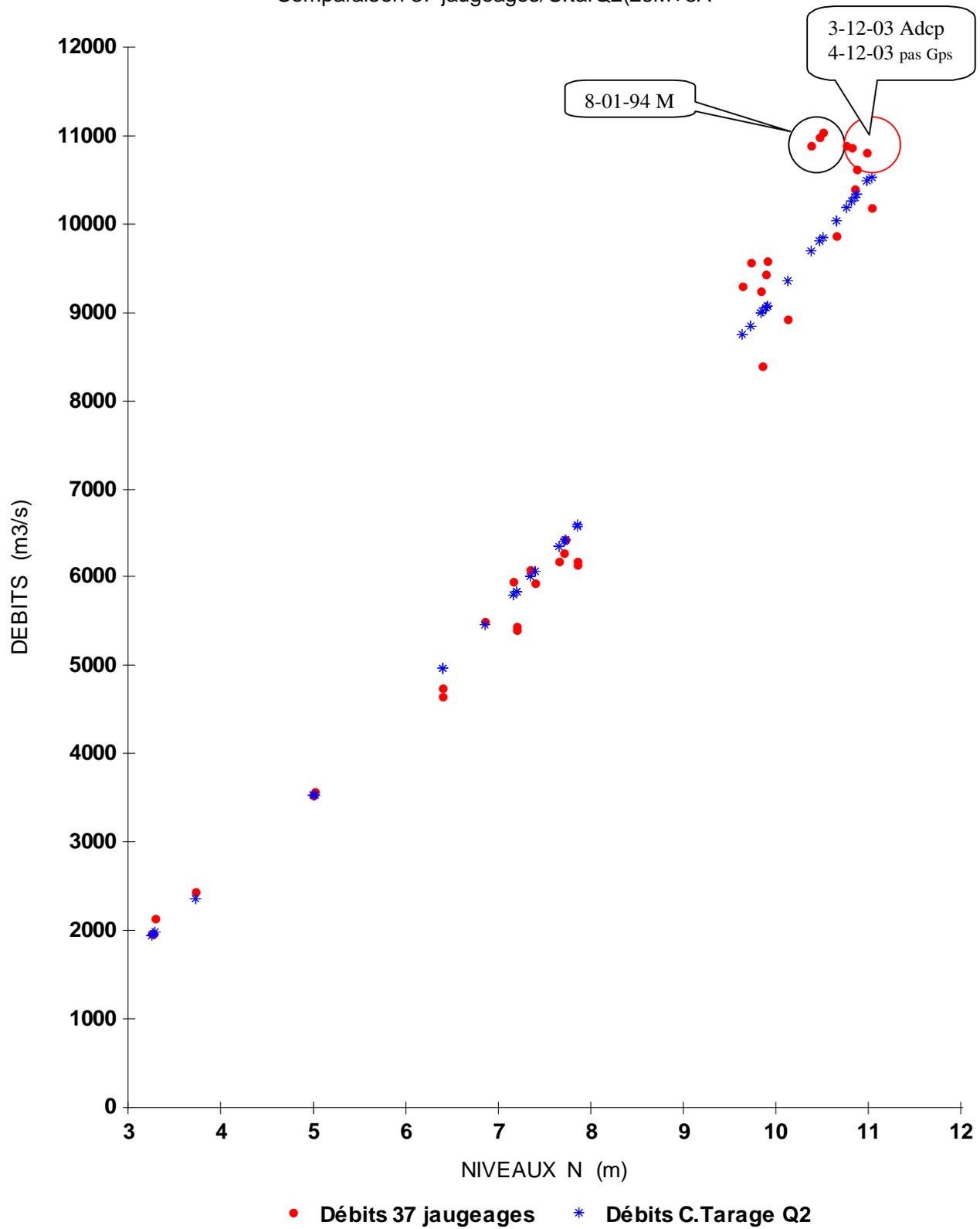
<b>Tableau 5</b>	<b>N m</b>	<b>Qobs m3/s</b>	<b>Q2 50%</b>	<b>Q2 10%</b>	<b>Q2 90%</b>
05-11-92 M	3,73	2437	2354	2221	2496
18-11-92	6,4	4657	4965	4684	5263
18-11-92	6,4	4748	4965	4684	5263
24-11-92	7,2	5407	5842	5512	6193
24-11-92	7,2	5435	5842	5512	6193
24-09-93	6,85	5502	5454	5145	5781
24-09-93	7,4	5930	6068	5724	6432
24-09-93	7,7	6278	6410	6048	6795
24-09-93	7,72	6423	6433	6069	6819
06-10-93	7,85	6148	6584	6211	6979
06-10-93	7,86	6187	6595	6222	6991
<b>09-10-93 M</b>	<b>9,64</b>	<b>9302</b>	8745	8250	9269
<b>09-10-93</b>	<b>9,72</b>	<b>9555</b>	8845	8344	9376
<b>10-10-93</b>	<b>9,9</b>	<b>9578</b>	9072	8559	9617
<b>10-10-93</b>	<b>9,89</b>	<b>9439</b>	9060	8547	9603
14-10-93	7,65	6178	6353	5993	6734
23-03-94	3,25	1974	1946	1836	2063
23-03-94	3,28	1974	1971	1860	2089
23-03-94	3,29	2128	1980	1867	2098
24-02-95	5,01	3570	3540	3339	3752
24-02-95	5	3532	3530	3330	3742
03-12-03 M	11,03	10184	10534	9937	11166
04-12-03 M	9,85	8394	9009	8499	9549
24-02-95 A	5	3540	3530	3330	3742
03-12-03 A	10,77	10881	10192	9615	10804
03-12-03 A	10,82	10863	10258	9677	10873
04-12-03 A	10,99	10810	10481	9888	11110
04-12-03 A	10,88	10614	10336	9751	10956
4-12-03Agps	10,85	10401	10297	9714	10915
4-12-03Agps	10,65	9874	10035	9467	10638
4-12-03Agps	10,12	8929	9352	8823	9913
10-10-93 M	9,84	9233	8996	8487	9536
14-10-93	7,17	5950	5809	5480	6157
14-10-93	7,35	6093	6011	5671	6372
<b>08-01-94°</b>	10,5	<b>11029</b>	9841	9284	10431
<b>08-01-94°</b>	10,48	<b>10984</b>	9815	9259	10404
<b>08-01-94°</b>	10,38	<b>10883</b>	9686	9137	10267

RHONE		Affluents	Heure Qp	Estimations 1-5 décembre 2003			
Tableau 6 Ternay			Débit Pointe	volume		vol. base	BVI hm3
				m3/s	hm3		
			23h/02	<b>2250</b>	<b>680</b>	440	
	Giers		16h/02	340	50		
	Cance		13h/02	430	50		
	Galaure		17h/02	110	20		
	Doux		12h/02	950	110		
	Isère		02h/03	1200	240	90	mes.470
<b>Valence</b>			22h/02	<b>5500</b>	<b>1250</b>	650	<b>570</b>
	Eyrieux		10h/02	1200	170	20	
	Drome		22h/02	600	120		
	Roubion		16h/02	750	80		
<b>Pont Viviers</b>			03h/03	<b>7650</b>	<b>1730</b>	800	mes.370 <b>480</b>
	Ardèche		13h/02	3000	500	120	mes.500
<b>Pont StEsprit St Etienne Sorts</b>			18h02- 9h/03	6400			
				8000-8200?	<b>2250</b>	910	<b>520</b>
	Cèze		19h/02	710	160		
	Aygues		18h/02	500	75		
	Ouvèze		20h/02	590	135		
<b>Avignon</b>			17h/03	9000-9500?	<b>2650</b>	970	mes.370 <b>400</b>
	Durance		13h/03	1450	290	90	
	Gard		12h2-20h03	950	110		
<b>Beaucaire</b>			03h/04	<b>11000</b>	<b>3050</b>	1060	mes.400 <b>400</b>
			Crues BVI Ternay - Beaucaire		3050-1060 = <b>1990</b> (>vol.base)	-240	<b>1750</b> (amont Ternay)



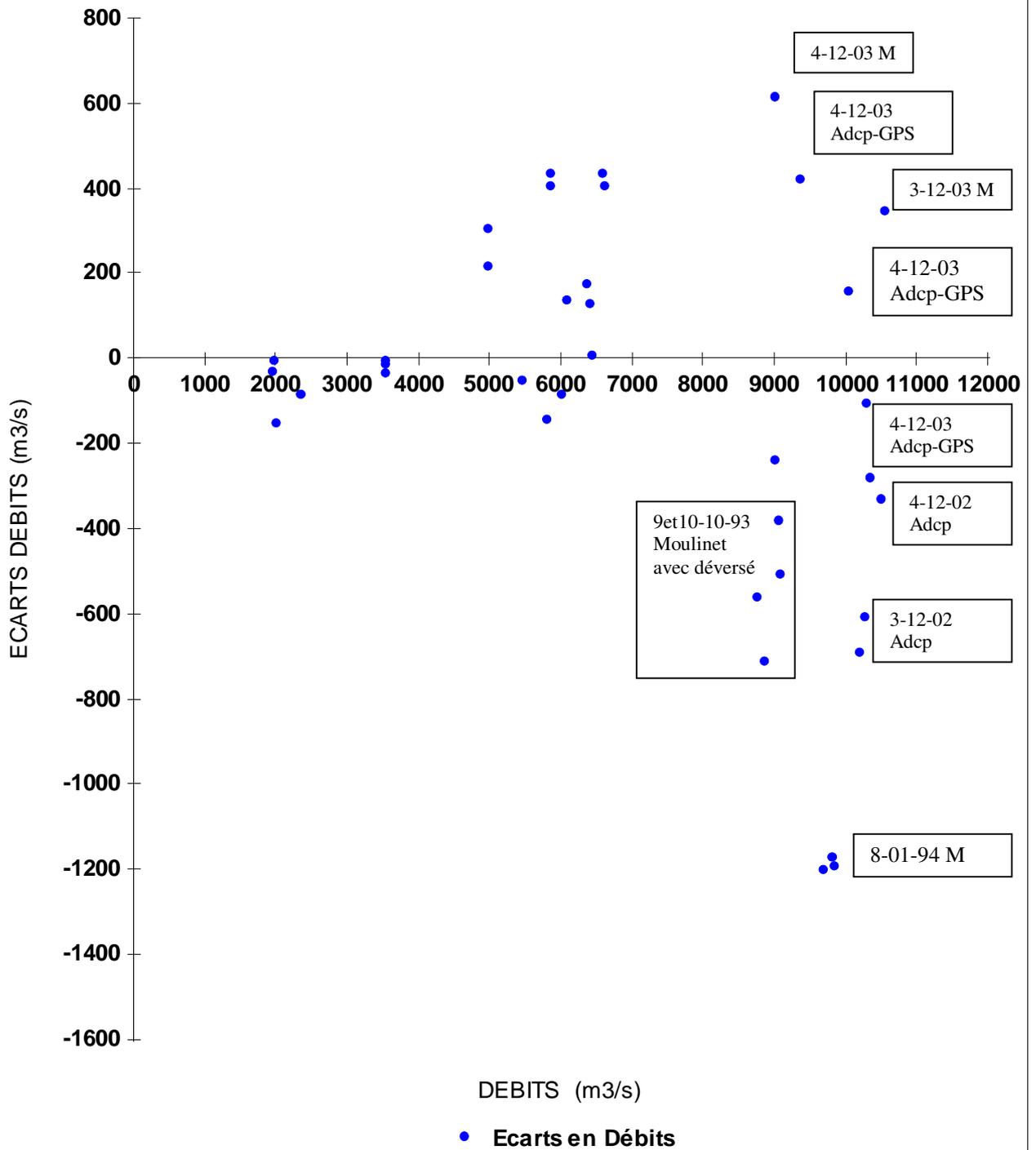
# RHONE à Beaucaire Restitution

Comparaison 37 jaugeages/C.tarQ2(26M+8A)



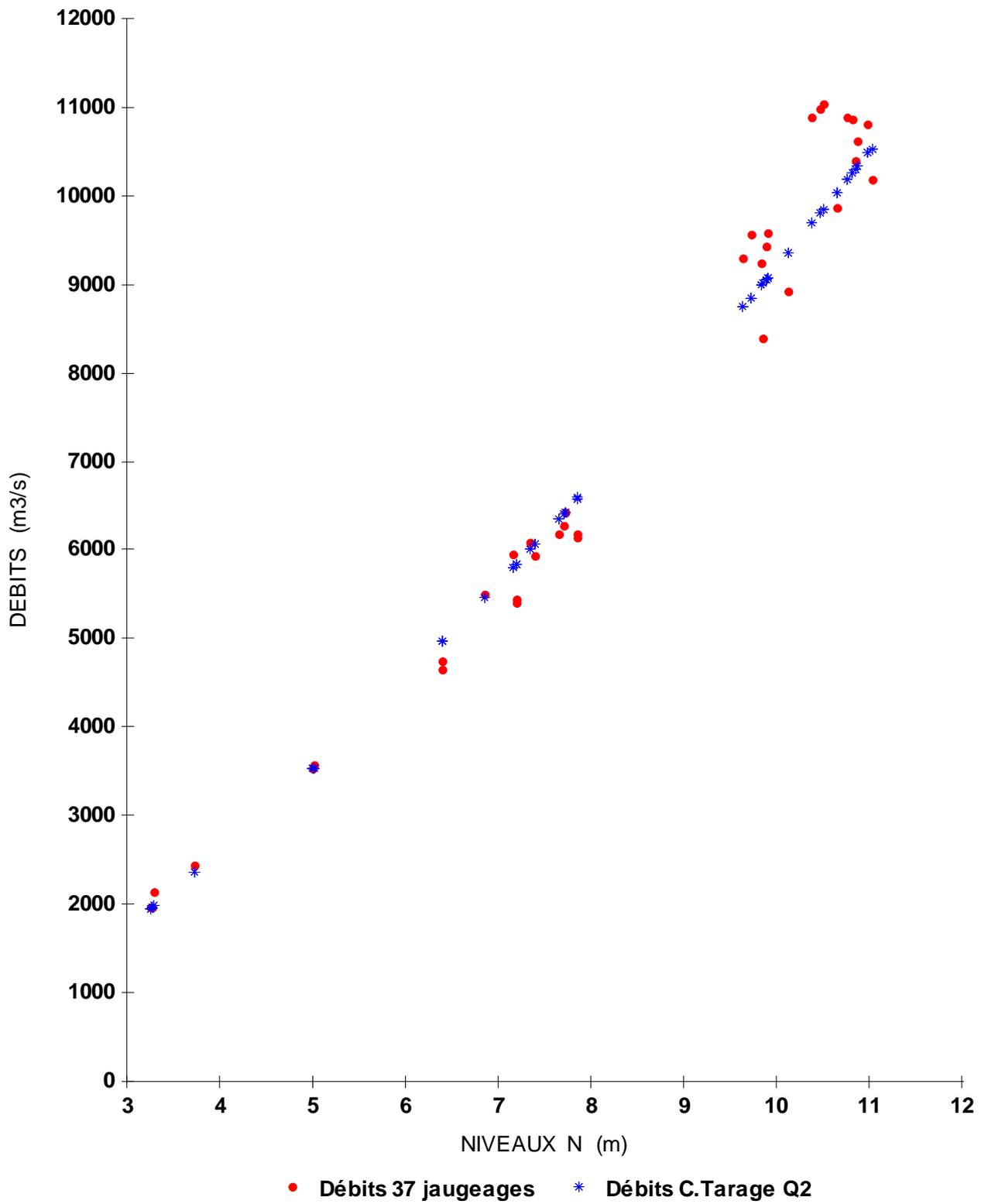
# RHONE à Beaucaire Restitution

Ecart de débits jaugés/estimés C.tar.Q2



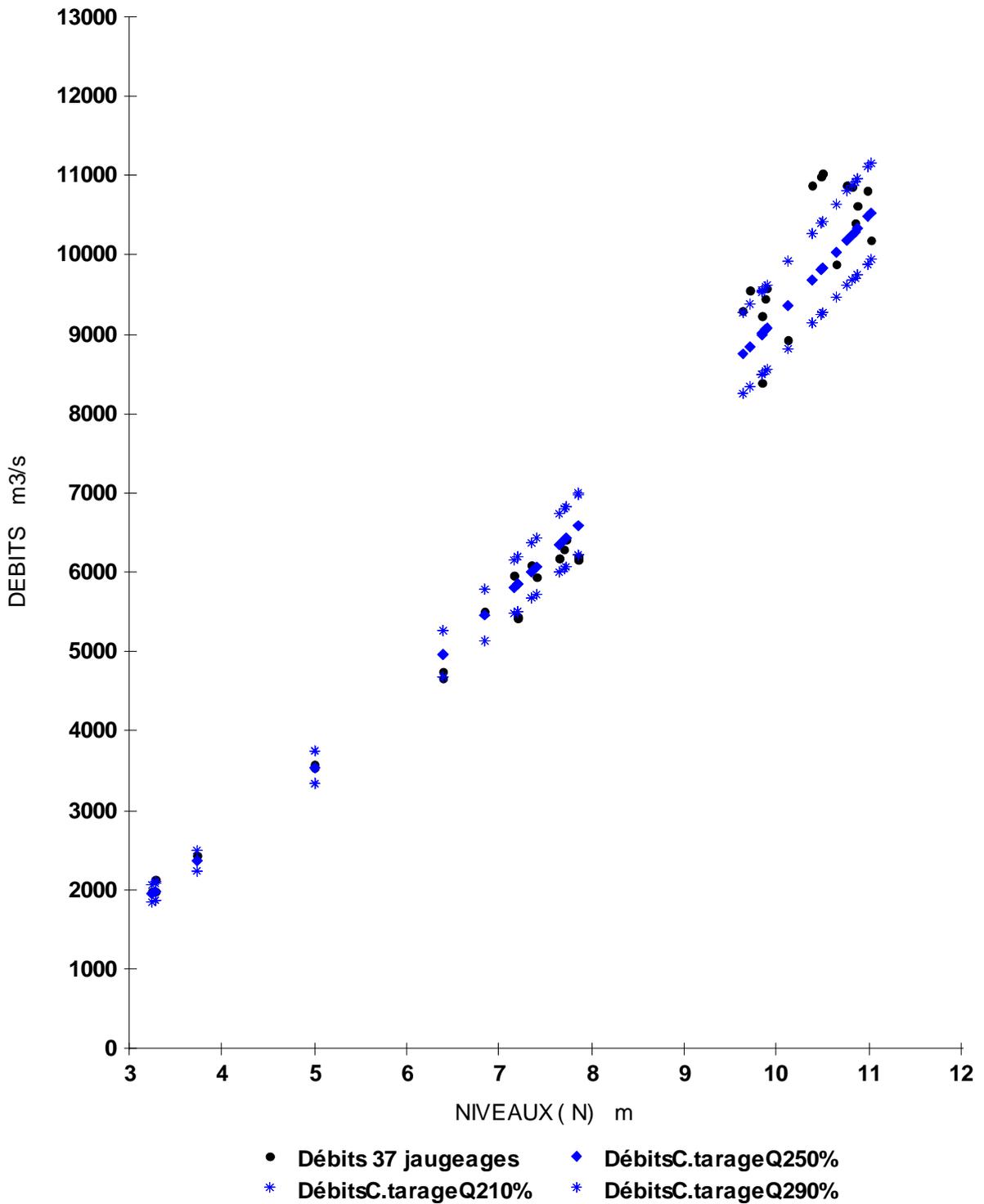
# RHONE à Beaucaire Restitution

Comparaison 37 jaugeages/C.tarQ2(26M+8A)



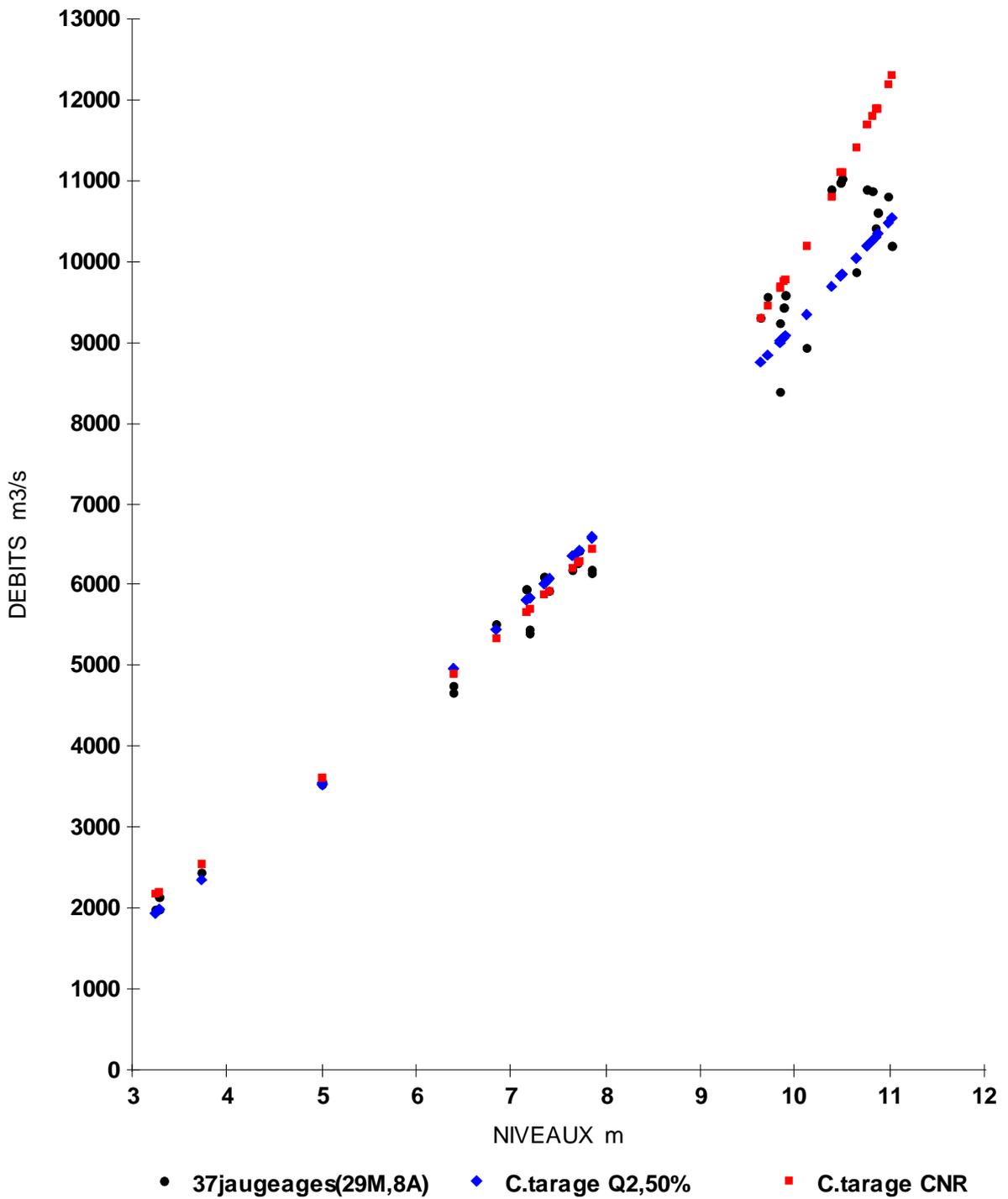
### RHONE à Beaucaire Restitution

Comparaison 37jaugeages/C.tarageQ2(80%)



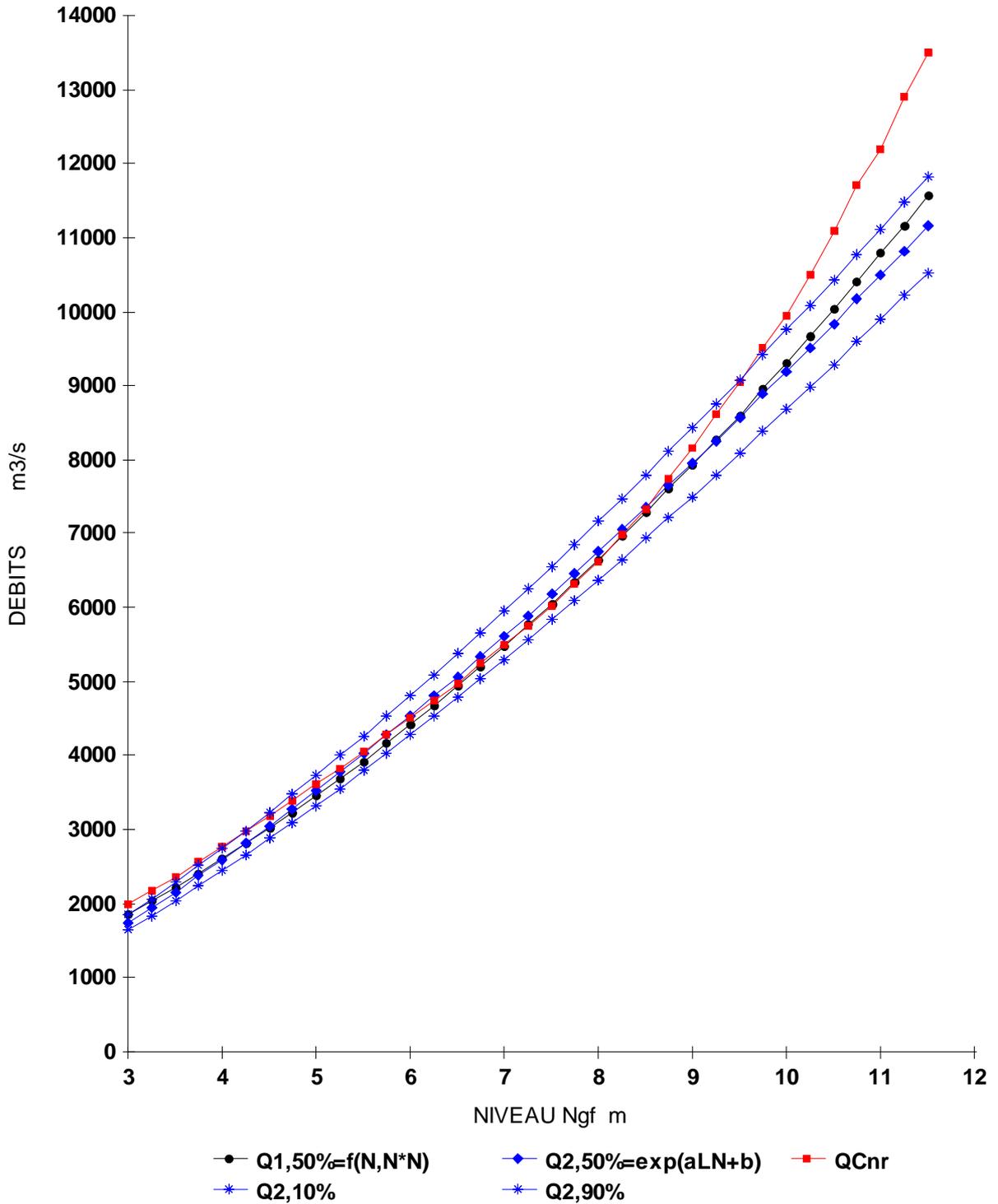
# RHONE à Beaucaire Restitution

Position 37 jaugeages/courb tarageQ2-CN



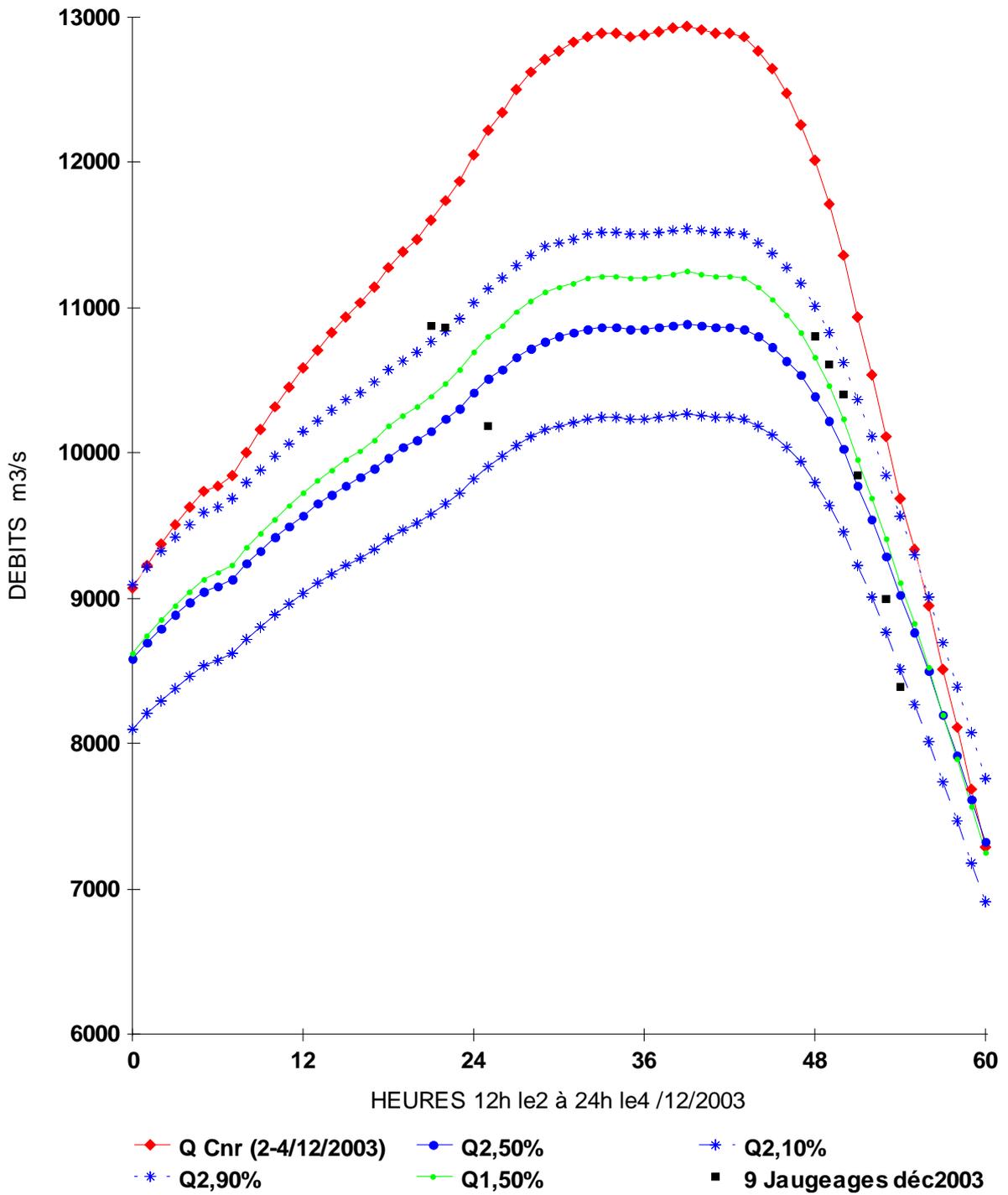
# COURBES de tarage RHONE à Beaucaire

Courb.tarageCnr,et,Q1-Q2 ajusté 37jaug



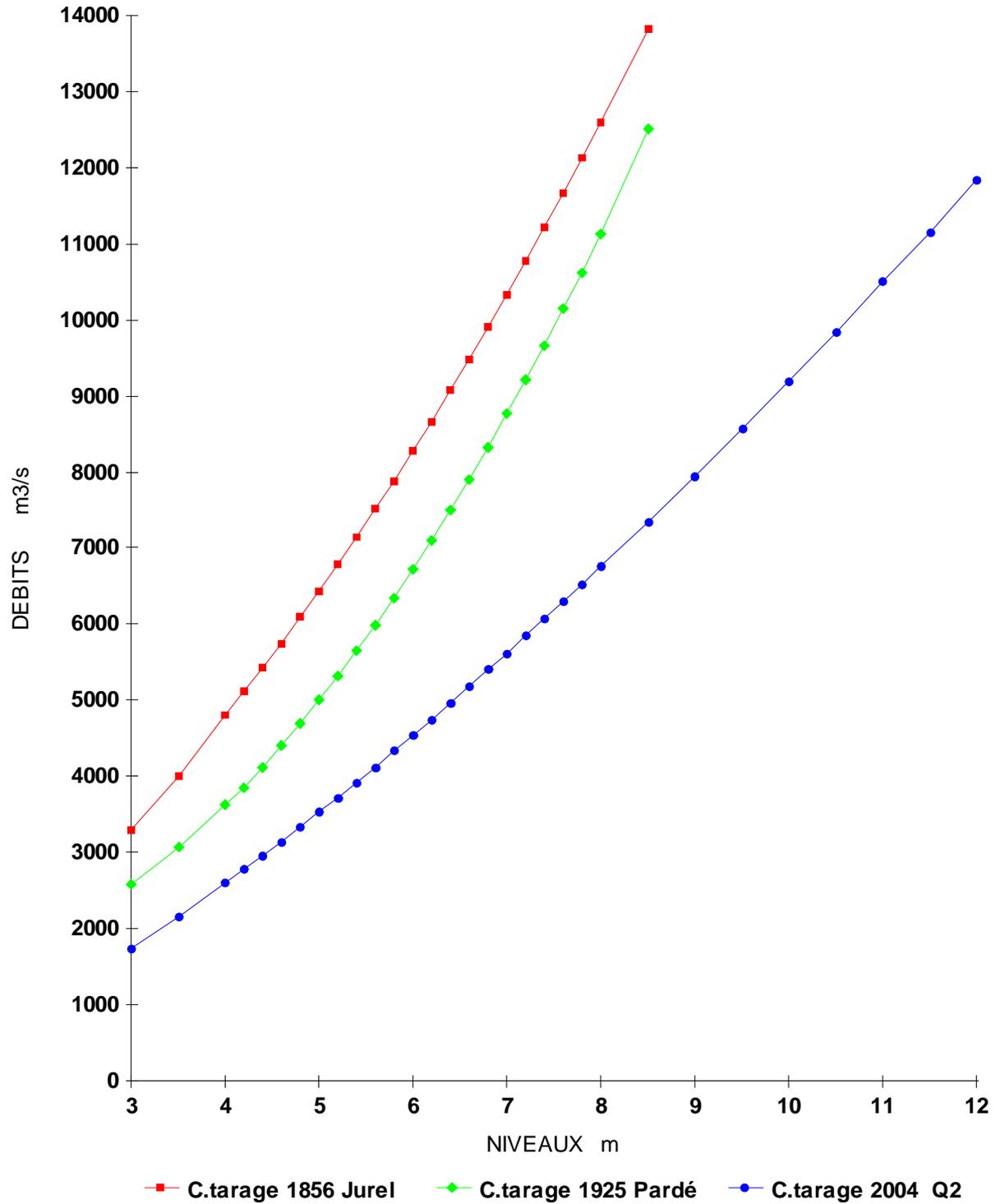
# RHONE Beaucaire Crue 2-4 décembre 2003

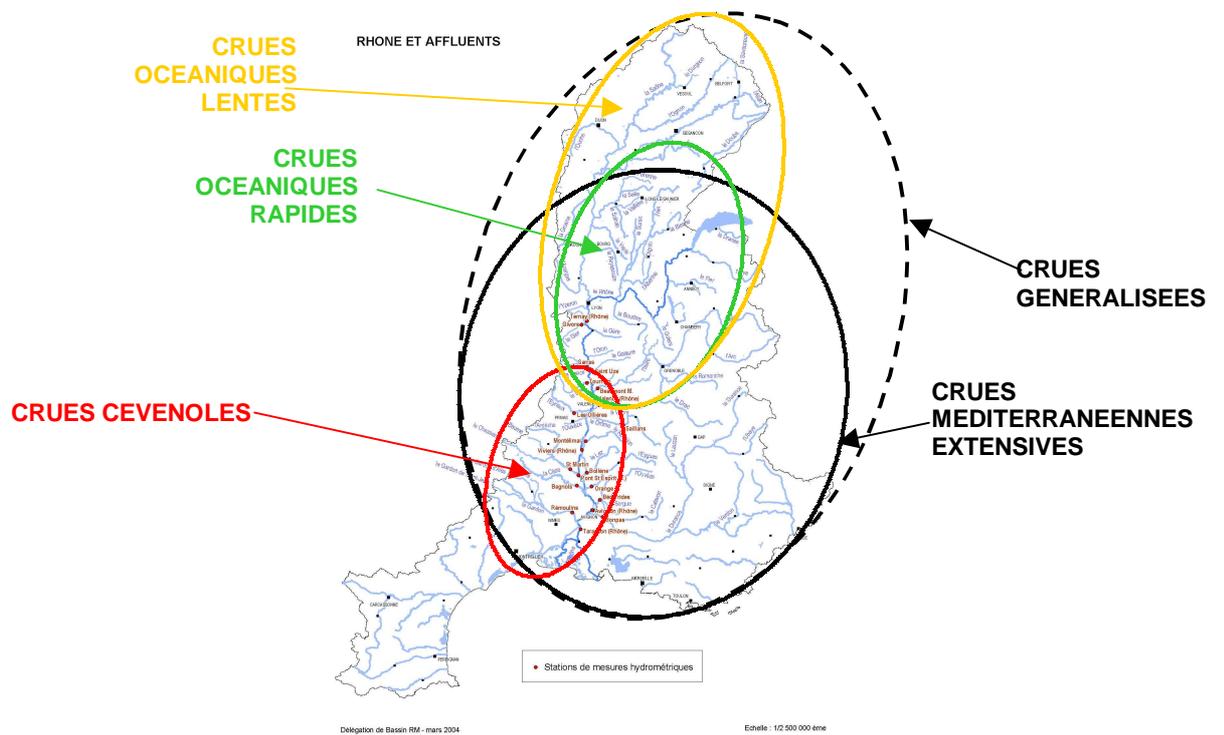
Hydrogrammes: CNR, estimés c.t.Q2 et Q1



# RHONE à Beaucaire

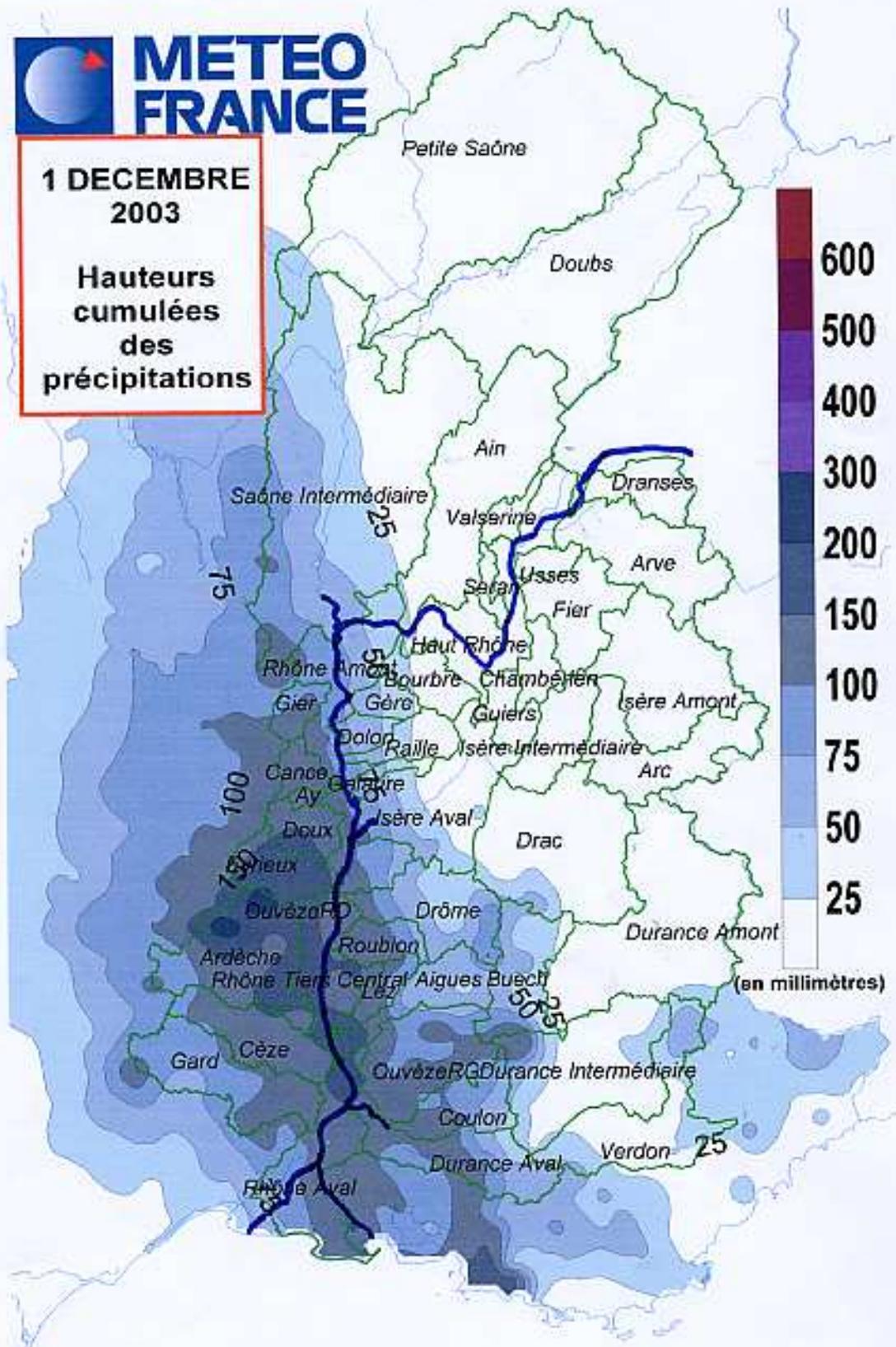
Comparaison de 3 courbes de tarage Hist



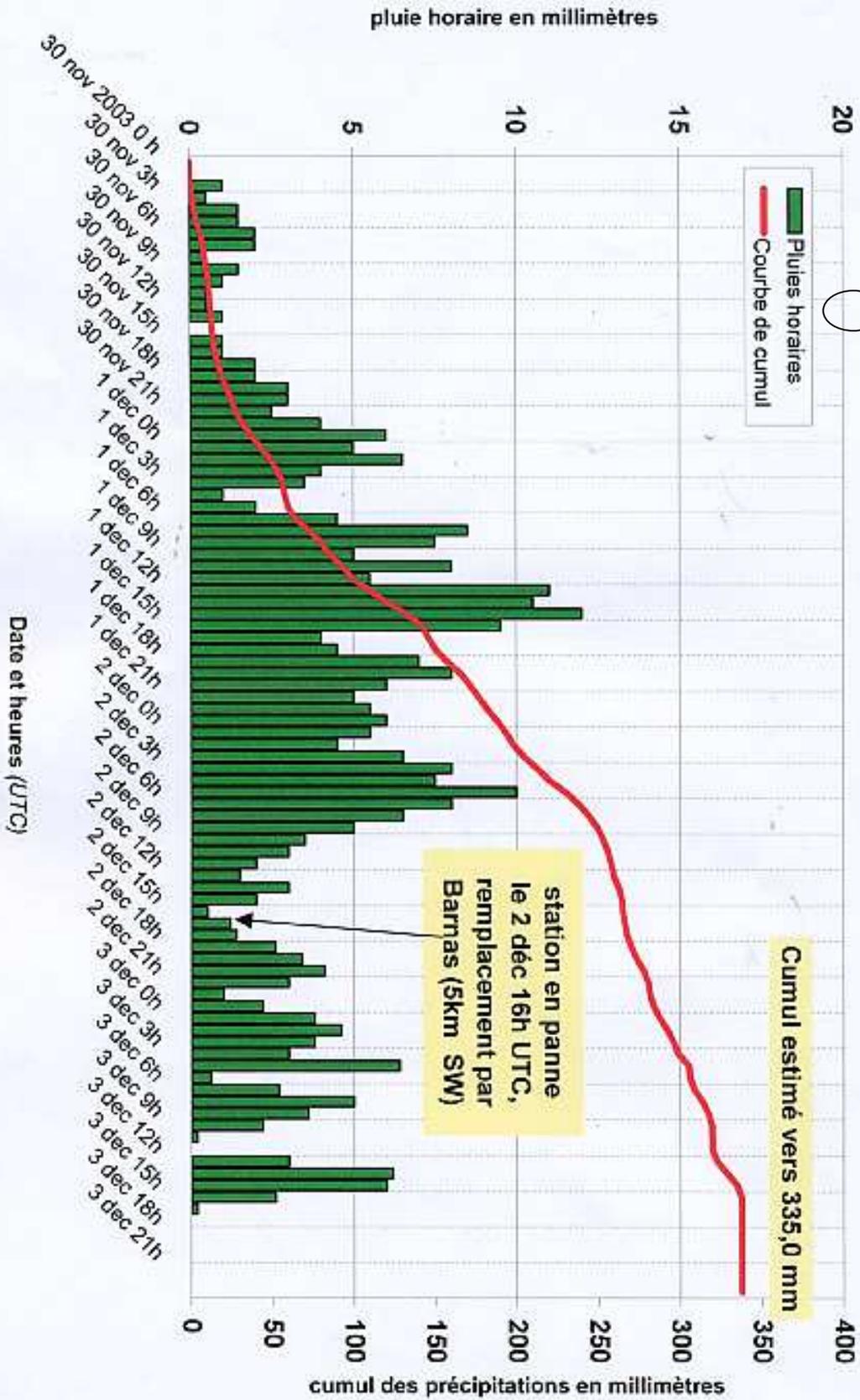


**1 DECEMBRE  
2003**

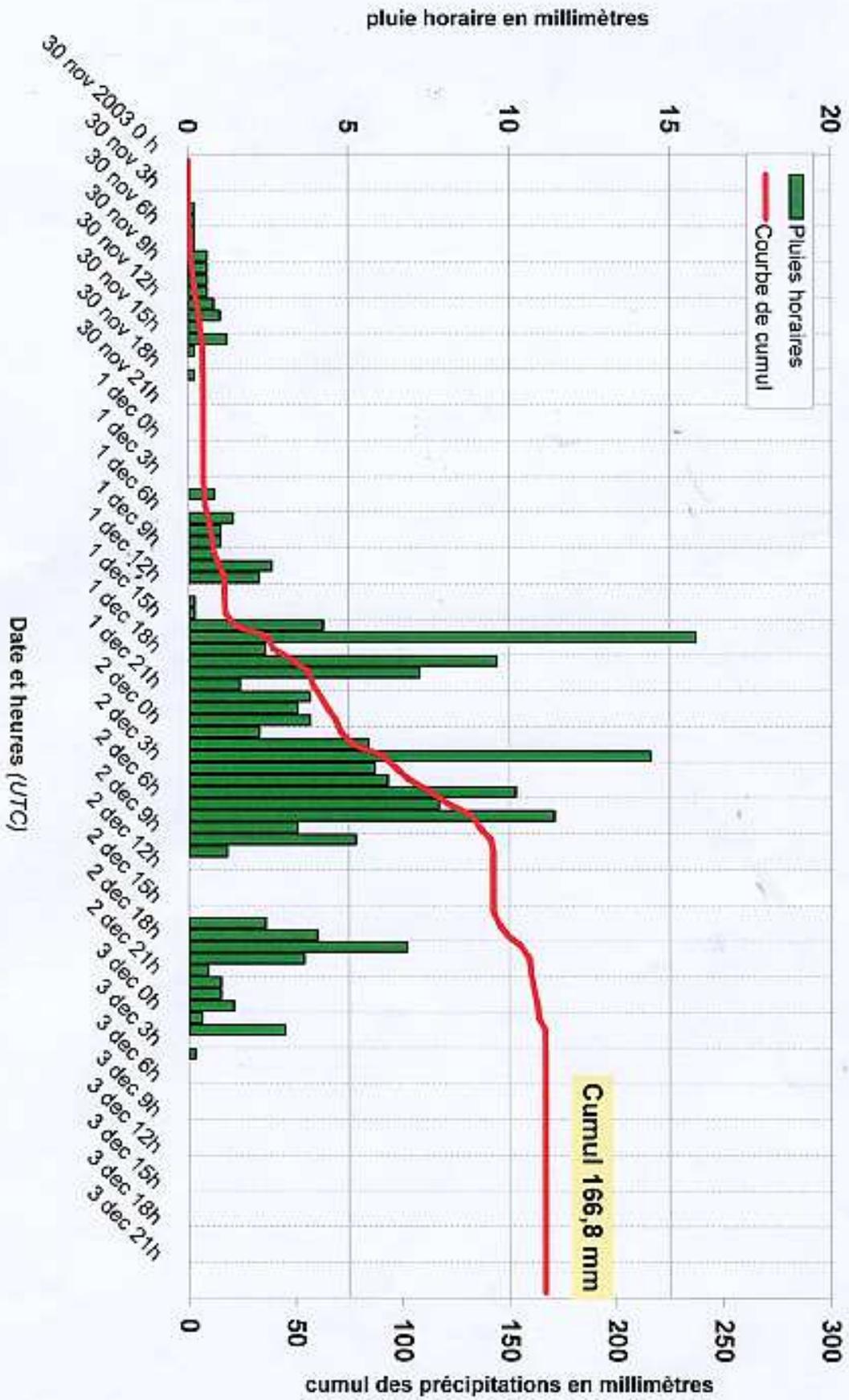
**Hauteurs  
cumulées  
des  
précipitations**



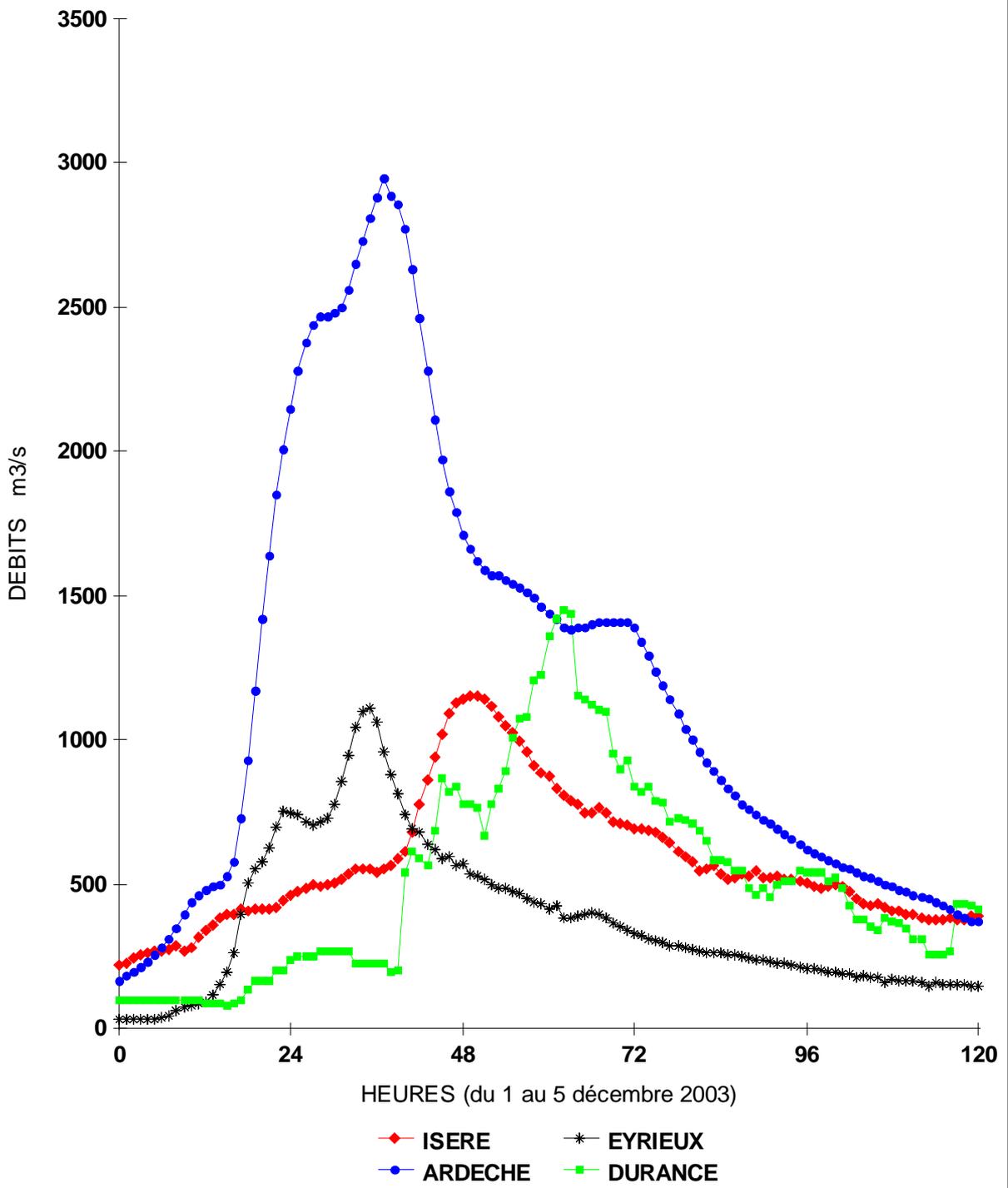
Précipitations à Montpezat (alt: 600 m, Bassin de l'Ardèche)  
du 30/11/2003 à 0h (UTC) au 3/12/2003 à 23h (UTC)



**Précipitations à Avignon aéroport (alt: 37 m, Bassin de la Durance aval)  
du 30/11/2003 à 0h (UTC) au 3/12/2003 à 23h (UTC)**

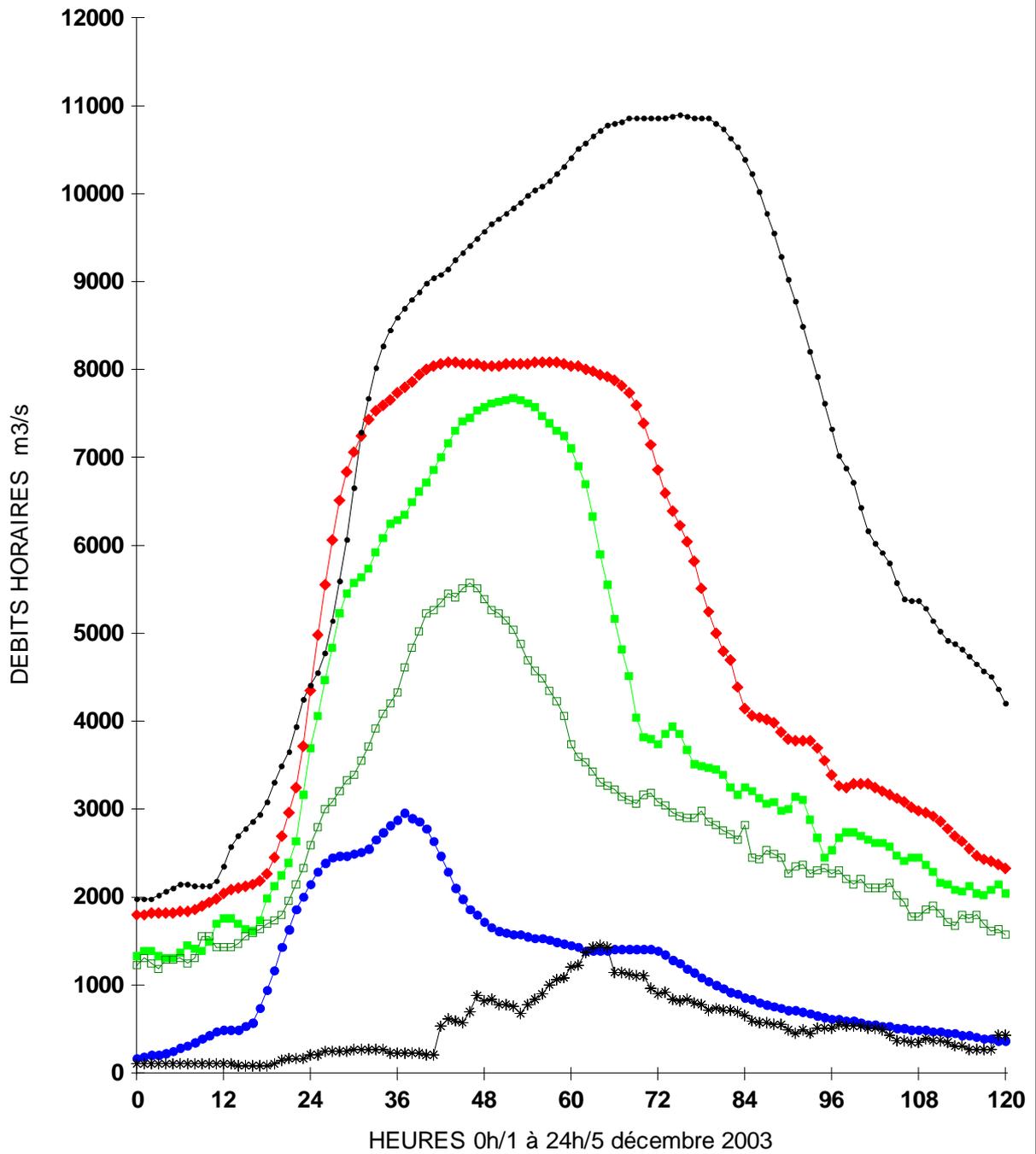


**Affluents RHONE 1-5/12:2003**  
Hydrogrammes de Crues 1 au 5 décembre



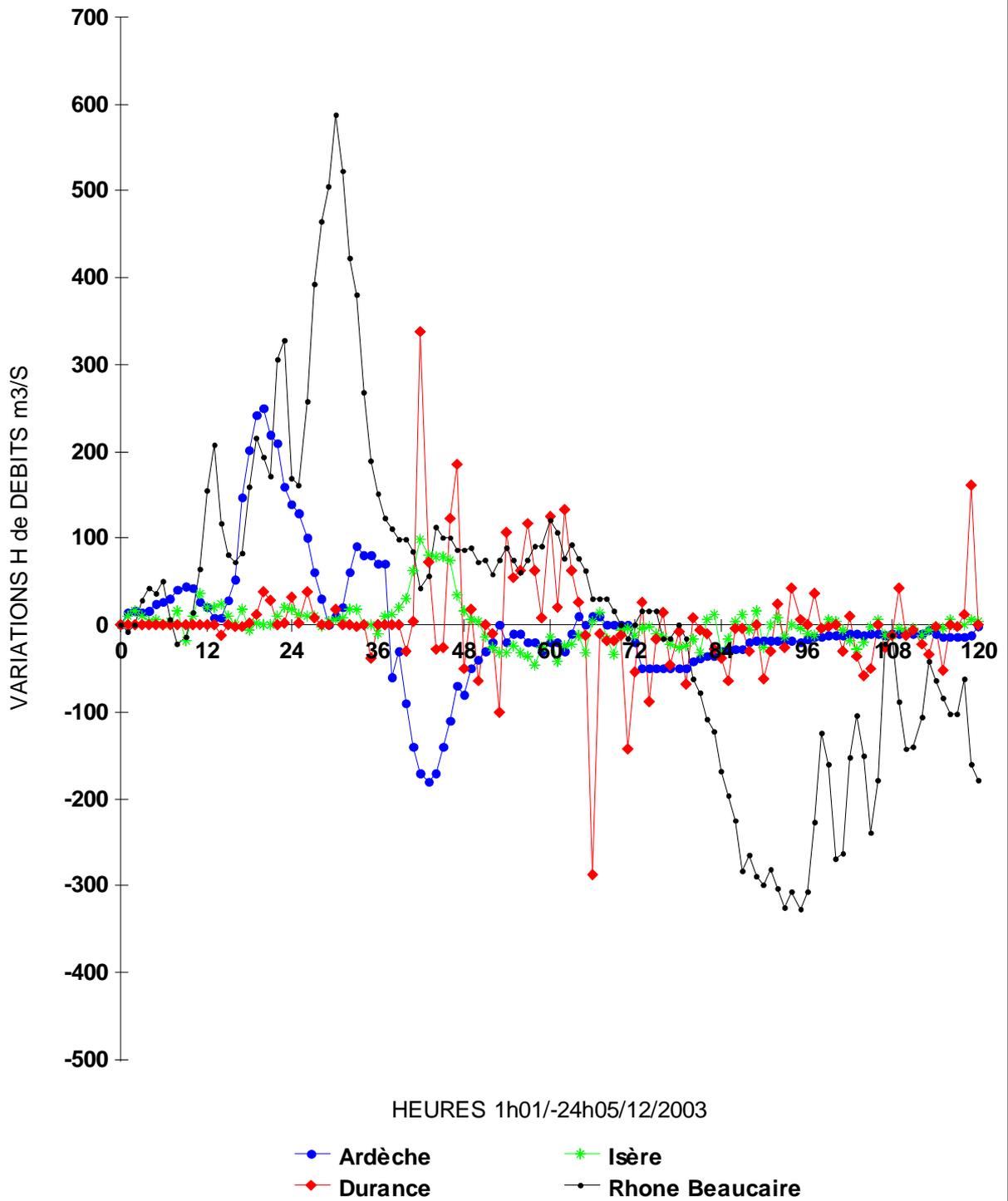
# RHONE et Affluents crues 1-5 /12/2003

Hydrogrammes de Crue



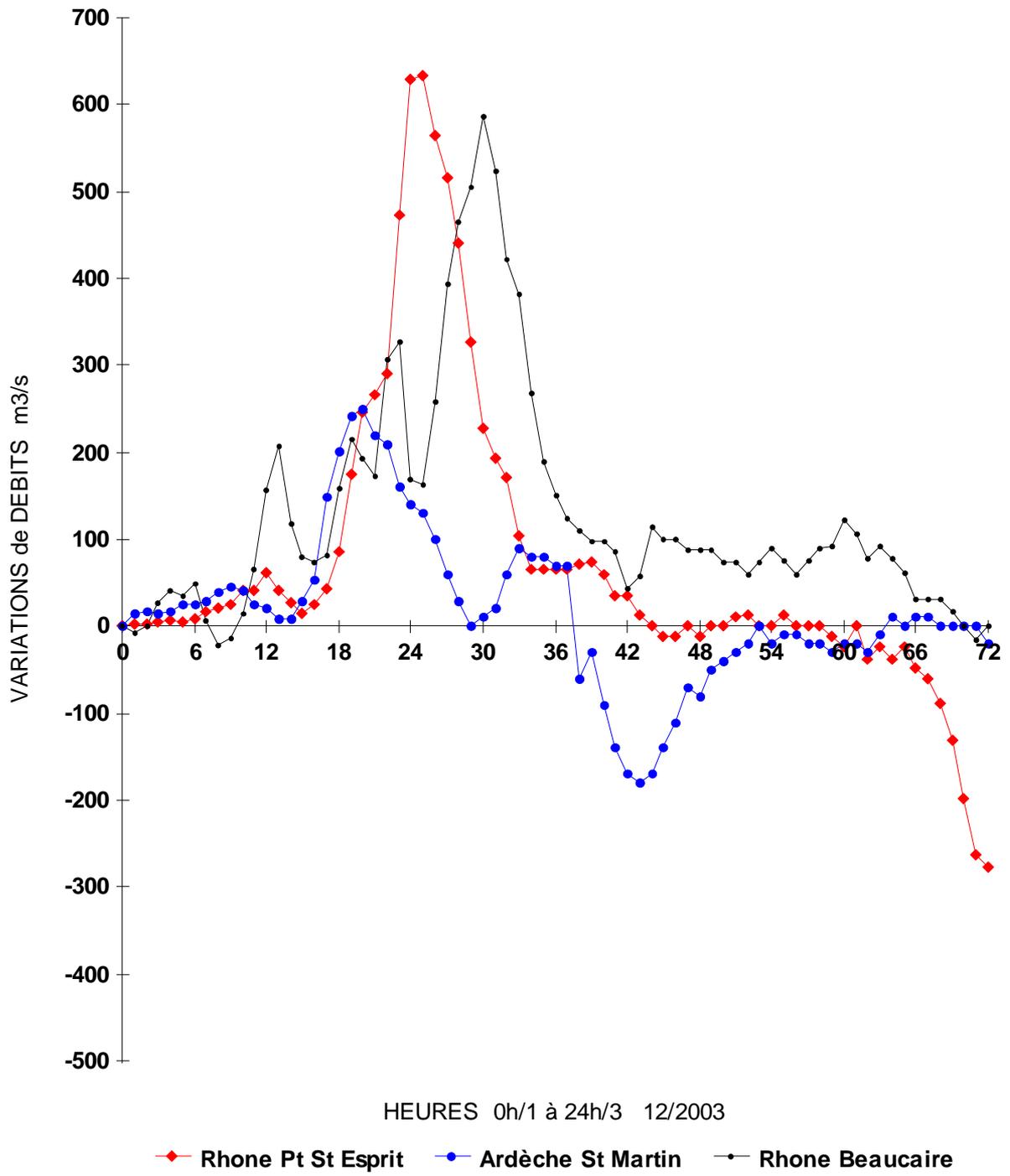
# Rhone- Affluents, Variations débits H

Variations Horaires Débits 1-5/12/2003



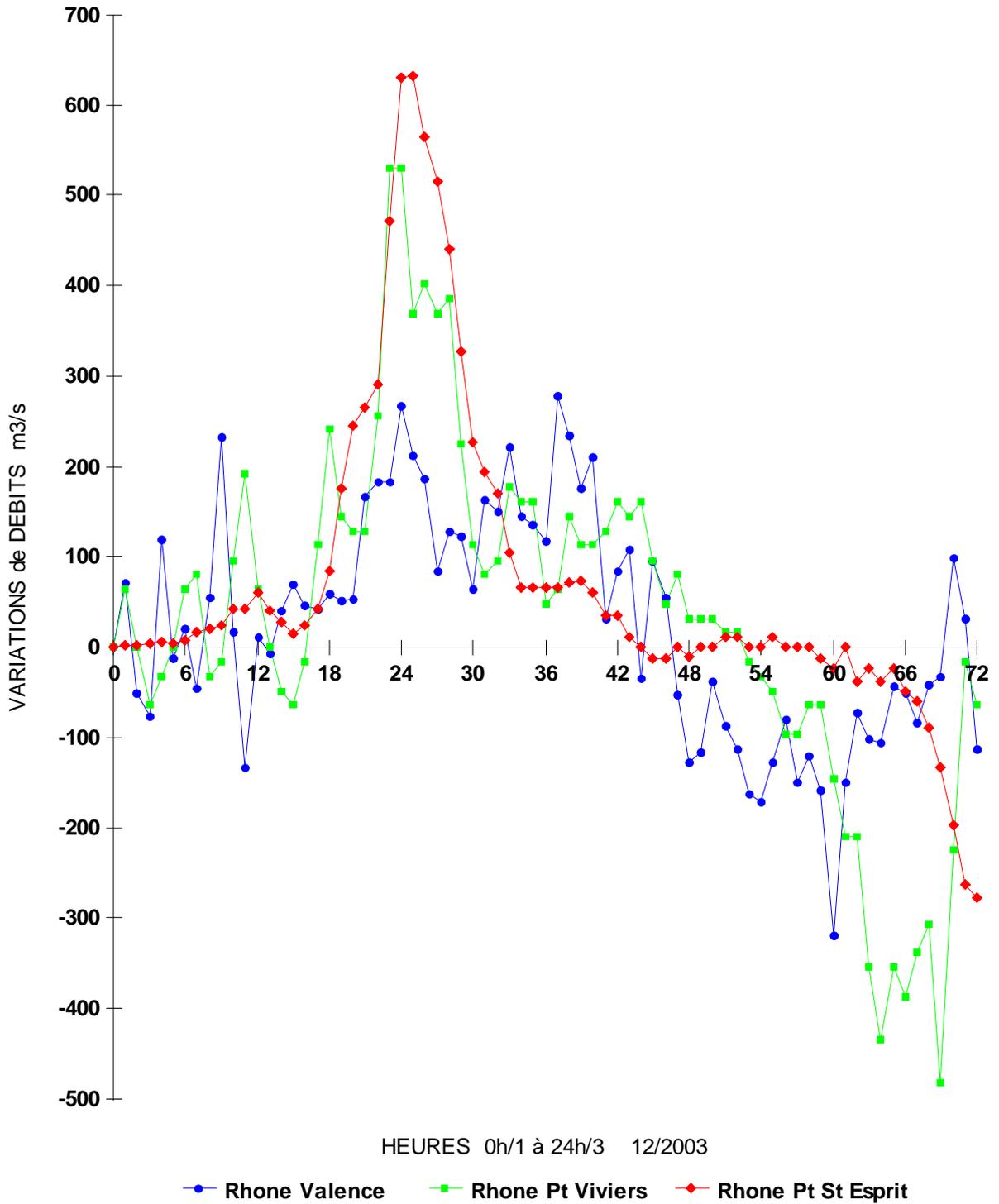
### Variations Horaires Débits 1-3/12/2003

Débits de Crues 1 au 3 décembre 2003



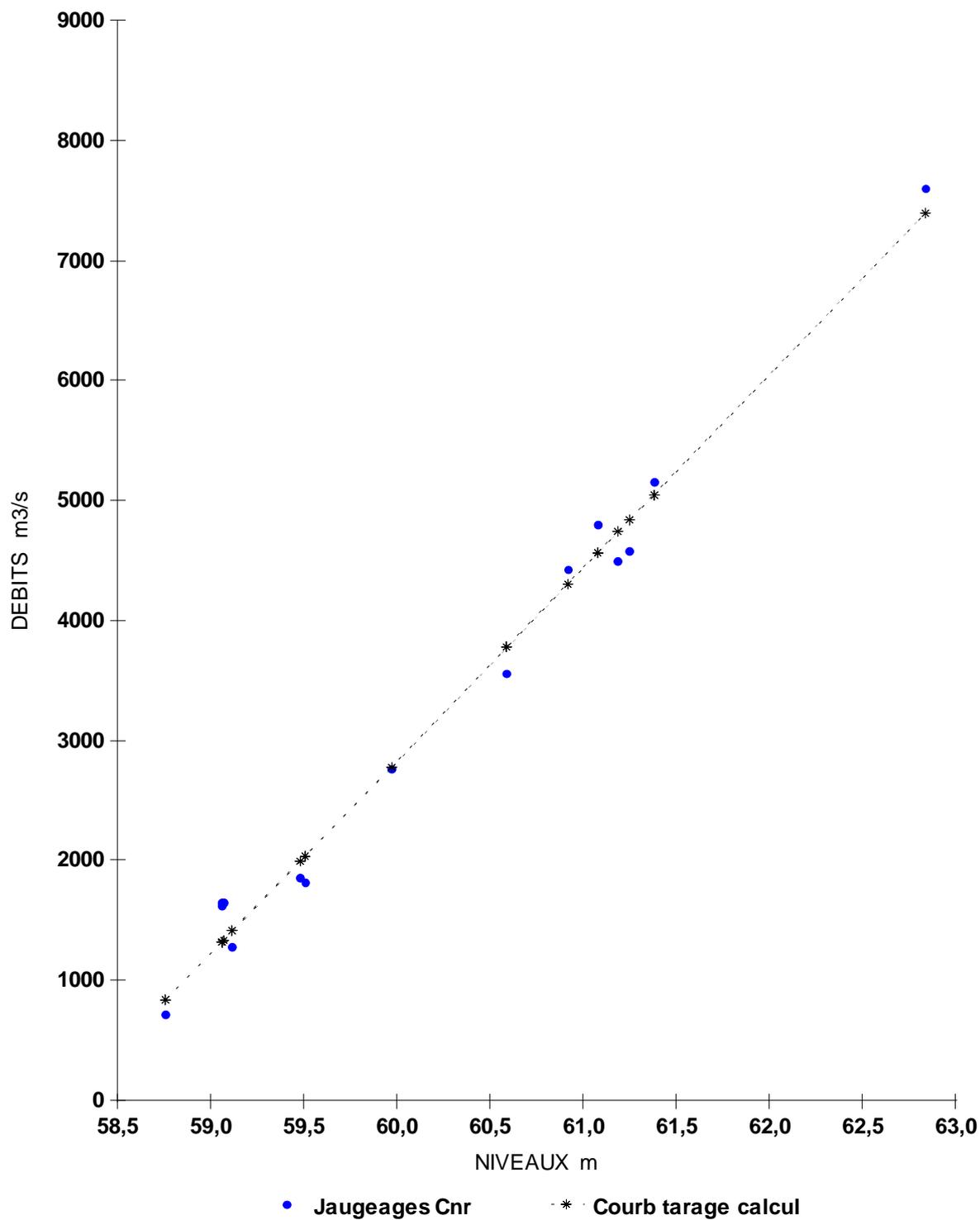
### Variations Horaires Débits 1-3/12/2003

Débits de Crues 1 au 3 décembre 2003



### RHONE à Pont de Viviers

16Jaugeages Cnr(1992-2003), C.tarage



# RHONE à Beaucaire

Hydrogrammes crue du 8-11 sept. 2002

