

Campagne de jaugeages 2014

Syndicat Mixte Rivière Drôme

Version du 09/10/2014



Introduction

Le bassin versant de la Drôme est classé, par le SDAGE Rhône méditerranée Corse, en Zone de Répartition des Eaux (ZRE), attestant d'un déficit quantitatif. L'étude volume prélevable conclue qu'une baisse de prélèvements doit avoir lieu afin d'en diminuer les impacts sur les milieux aquatiques. Ainsi différentes actions vont être mises en place, dans les années à venir, afin d'atteindre cet objectif. C'est dans ce cadre que le SMRD suit les débits du bassin, dans le but de mesurer les améliorations.

De plus, sur la basse de la vallée de la Drôme sont présentes deux prises d'eau sur la rivière Drôme. Celles-ci sont destinées à l'irrigation agricole. Ces deux prélèvements sont soumis à arrêtés préfectoraux et doivent respecter un débit réservé en aval des prélèvements. Ainsi le SMRD réalise le suivi des débits sur ces deux secteurs. Celui-ci a pour but de suivre les débits de la Drôme via des mesures ponctuelles, rôle d'alerte si l'on se rapproche des débits réservés. Mais ces jaugeages ponctuels permettent également d'élaborer les courbes de tarage de ces seuils (présence de mesures en continu des hauteurs d'eau en aval des prélèvements). Ces courbes de tarage expriment les relations entre les hauteurs d'eau et les débits transitant dans ces ouvrages et faciliteront le suivi des débits d'étiage ainsi que la gestion du débit réservé au droit de ces prélèvements.

Sites de jaugeage

Plusieurs sites ont été suivis lors de la campagne de jaugeages 2014. D'amont en aval, nous pouvons citer :

- l'aval direct de la station DREAL, à Saillans ;
- l'aval du pont des Bateliers, en aval de la confluence avec la Gervanne, à Mirabel-et-Blacons ;
- le seuil SMARD, entre Crest et Divajeu ;
- le seuil des Pues, entre Allex et Grâne.

Matériel et méthode

Matériel :

Le matériel utilisé pour les jaugeages est un courantomètre à induction magnétique de marque OTT, modèle MF pro, dont les caractéristiques techniques sont détaillées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques techniques du MF Pro.

Mesure de la vitesse :	
Méthode de mesure :	induction magnétique
Plage de mesure :	0 m/s à 6 m/s
Précision entre 0 et 3 m/s :	±2 % de la valeur mesurée ±0,015 m/s
Précision entre 0 et 5 m/s :	±4 % de la valeur mesurée ±0,015 m/s

Bilan des jaugeages Seuil des Pues, Seuil SMARD -été 2014



Stabilité du zéro :	±0,015 m/s
Résolution :	
0,001 si valeur mesurée	<10
0,01 si valeur mesurée	<100
0,1 si valeur mesurée	>100
Mesure de la profondeur (en option) :	
Capteur de pression absolue :	avec calibration sur un point
Plage de mesure :	0 à 3,05 m
Précision :	±2% de la valeur mesurée ou ±0.015 m (selon la valeur la plus élevée)
Méthodes de mesure de la vitesse :	
Cours d'eau :	mesure sur 1, 2, 3, 5, et 6 points (normes ISO et USGS)
Conduites (canalisations) :	0,9 x Vmax; 0,2/0,4/0,8; 2D
	intégration de la vitesse
Sections de conduite :	Circulaire, rectangulaire, trapézoïdale, ovoïde 2/3, ovoïde 2/3 inversée

Le courantomètre est monté sur une perche de 2 m. Il est équipé d'un capteur de pression pour détermination automatique de la profondeur. Un contrôleur portable est associé pour la configuration et l'exécution de la mesure, ainsi que pour les enregistrements.

Principe de mesure :

Le courantomètre mesure la vitesse des écoulements en émettant un champ magnétique autour du capteur. Une tension électrique est créée par séparation des ions chargés positifs ou négatifs contenus dans l'eau et traversant ce champ. La tension produite est proportionnelle à la vitesse de l'écoulement. Elle est captée par les électrodes du capteur, enregistrée et traitée p pour être convertie en vitesse (en m/s).

Conditions préalables: le liquide dans lequel s'effectue la mesure doit présenter une conductivité minimale. C'est le cas de l'eau de la rivière Drôme, à l'inverse des cours d'eau acides, faiblement minéralisés.

Méthode :

La méthode retenue est celle employée par l'ONEMA et la DREAL. Il s'agit de jaugeage par exploration des champs de vitesse. Elle est détaillée dans les documents techniques suivant :

- « Contrôle des débits réglementaires, Application de l'article L. 214-18 du Code de l'environnement », ONEMA, septembre 2011 ;
- « Charte qualité de l'hydrométrie, code de bonnes pratiques », Banque hydro, Ministère de l'environnement, septembre 1998.

La vitesse de l'écoulement est mesurée en plusieurs points d'une section de cours d'eau. Ces points sont répartis le long de verticales elles-mêmes réparties sur la largeur du lit. Une vitesse moyenne est calculée par verticale, une formule différente est utilisée selon le nombre de points de mesure par verticale. Le débit total est déterminé en faisant la somme des produits des vitesses moyennes de l'écoulement par les surfaces des sections mouillées mesurées correspondantes (figure 1). La méthode de calcul utilisé est celle des sections médianes (différentes de la méthode avec sections moyennes mais dont les résultats sont très proches).

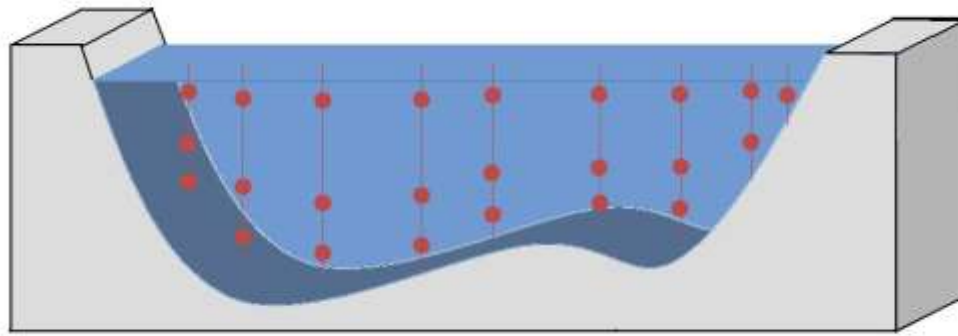


Figure 1 : Points de mesure théoriques sur une section de cours d'eau.

Globalement, une mesure en 3 points¹ par verticale a été faite quand la hauteur d'eau dépassait 25cm, en 2 points entre 25 et 15cm et seulement en 1 point pour les hauteurs d'eau inférieures à 15cm. La répartition des points sur les verticales a été faite comme prescrit par l'appareillage et détaillée dans le tableau 2. La position des points est exprimée par rapport à la profondeur d'eau (et non pas par la hauteur d'eau) comme prescrit par la norme NF EN ISO 748 (2007).

Tableau 2 : Position des points de mesure sur les verticales en fonction du nombre de points (P = profondeur).

Nombre de points	Position des points		
3	0,8*P	0,6*P	0,2*P
2	0,8*P		0,2*P
1	0,6*P		

Les formules algébriques suivantes sont appliquées pour déterminer les vitesses moyennes par verticale :

Pour les mesures en 1 point : $V_{moy} = V_{0,6}$

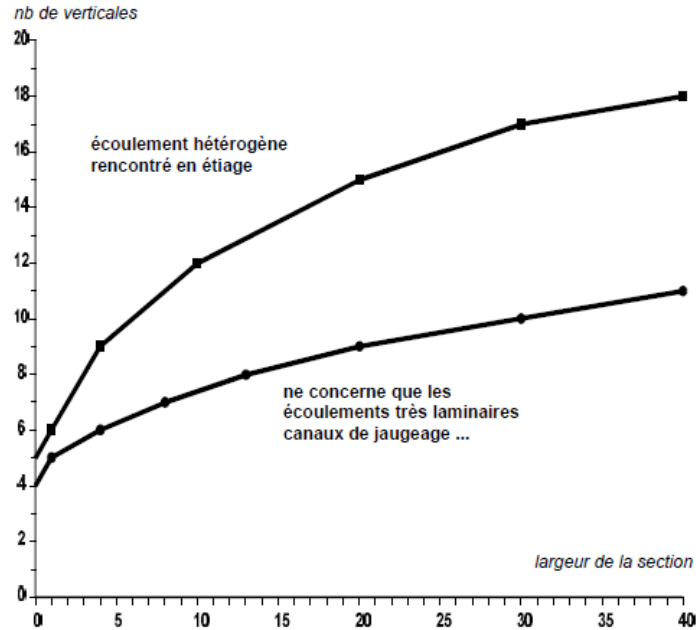
Pour les mesures en 2 points : $V_{moy} = 0,5(V_{0,8} + V_{0,2})$

Pour les mesures en 3 points : $V_{moy} = 0,25(V_{0,8} + 2V_{0,6} + V_{0,2})$

Ces calculs sont effectués via le boîtier de contrôle OTT, via la méthode des sections médianes. Après l'export des données au format tableur, des vérifications sont possibles, valeurs erronées, traçage du profil en travers, pourcentage du débit par verticale sur le débit total etc.

¹ La mesure de la vitesse en plus que 3 points n'apporte pas un gain en précision significative (ONEMA, 2011).

Ci après un graphique donnant une idée sur le nombre de verticales à effectuer en fonction de la largeur du cours d'eau.



Nombre de verticales par jaugeage
 Courbe enveloppe des pratiques optimales
 à adapter à l'hétérogénéité de l'écoulement et selon l'expérience du jaugeur et sa connaissance de la section de mesure

Calcul des incertitudes :

Durant la campagne de jaugeage de l'été 2013, nous avons fait le choix de calculer l'incertitude des jaugeages au cas par cas. En effet, ces incertitudes varient en fonction du nombre de verticales, du nombre de points par verticale et via d'autres paramètres. Ci-après la méthode simplifiée pour le calcul d'incertitude extraite du document de l'ONEMA, cité plus haut dans ce document et découlant de la norme ISO EN 748 (2007)

Pour 2013, les incertitudes calculées variaient entre 4,5 et 9,5 %, mais étaient retenues à 10 % (méthodologie ONEMA).

Il est important de noter que, dans son utilisation sur sa gamme de vitesses lentes (et/ou de faibles hauteurs), les incertitudes sur la mesure des vitesses augmentent très fortement. Ainsi, plus le débit est faible, plus les incertitudes associées sont grandes.

Dans les bonnes conditions d'application avec un appareil correctement étalonné / vérifié et adapté aux vitesses, on retiendra par précaution $U'Q=10\%$ (consigne du document ONEMA, « Contrôle des débits réglementaires »).

$$u'_{Q^2} = u'_{s^2} + u'_{m^2} + \frac{1}{m} \left[u'_{b^2} + u'_{h^2} + u'_{p^2} + \frac{1}{n} (u'_{c^2} + u'_{e^2}) \right]$$

avec les composantes d'incertitude suivantes :

- u'_s : incertitude due aux erreurs systématiques (étalonnage) du courantomètre, et des instruments de mesure des largeurs et des profondeurs ;
- u'_m : incertitude due au nombre limité m de verticales (erreur d'intégration des profondeurs et vitesses sur la largeur) ;
- u'_b : incertitude due à la mesure des largeurs entre verticales ;
- u'_h : incertitude due à la mesure des tirants d'eau sur les verticales ;
- u'_p : incertitude due au nombre de points limité sur la verticale (erreur d'intégration des vitesses sur la hauteur d'eau) ;
- u'_c : incertitude due aux erreurs aléatoires du courantomètre ;
- u'_e : incertitude due au temps limité d'exposition du courantomètre (moyenne des fluctuations de vitesse).

Les différentes composantes d'incertitude sont évaluées à partir des valeurs indicatives données dans l'Annexe E de la norme NF EN ISO 748 (2007). Ces valeurs tabulées peuvent être interpolées linéairement. Elles peuvent également être réévaluées à partir des certificats d'étalonnage, spécifications techniques et rapports d'essais disponibles. On retiendra les estimations suivantes synthétisées dans le tableau 4.5 :

u'_s	$u'_s = 1\%$			
u'_m	5 verticales	10 verticales	15 verticales	20 verticales
	$u'_m = 7,5\%$	$u'_m = 4,5\%$	$u'_m = 3\%$	$u'_m = 2,5\%$
u'_b	$u'_b = 0,5\%$			
u'_h	$u'_h = 0,5\%$			
u'_p	1 point	2 points	3 points	5 points
	$u'_p = 7,5\%$	$u'_p = 3,5\%$	$u'_p = 3\%$	$u'_p = 2,5\%$
u'_c	$V = 0,03 \text{ m/s}$	$V = 0,10 \text{ m/s}$	$V = 0,15 \text{ m/s}$	$V = 0,25 \text{ m/s}$
	$u'_c = 10\%$	$u'_c = 2,5\%$	$u'_c = 1,25\%$	$u'_c = 1\%$
				$u'_c = 0,5\%$
	Voir spécifications techniques ou rapport d'étalonnage du courantomètre			
u'_e	Voir spécifications techniques ou rapport d'étalonnage du courantomètre			

Tabl. 4.5 - Estimation des incertitudes pour un jaugeage par exploration du champ des vitesses.

Calendrier des jaugeages, campagne 2014 :

Tableau 3 : Calendrier 2014 des jaugeages.

Date	Sites jaugés
20/05/2014	SMARD / Pues
17/06/2014	Pues
18/06/2014	SMARD
24/06/2014	SMARD / Pues
30/06/2014	Saillans / Mirabel-et-Blacons / SMARD / Pues
03/07/2014	SMARD
10/07/2014	Pues
16/07/2014	Saillans
18/07/2014	SMARD
12/08/2014	SMARD
28/08/2014	SMARD
01/ 09/2014	SMARD/Pues
05/09/2014	SMARD
15/09/2014	SMARD

En 2013, c'est au seuil des Pues que l'effort de jaugeage avait été le plus fort, car il s'agissait du dernier point de prélèvements agricoles. Pour 2014, les orages de juillet ont changé la donne, puisque la prise d'eau s'est retrouvée déconnectée en cours de saison, suite à la destruction du merlon de dérivation, nous avons donc fait le choix de concentrer nos efforts sur le seuil SMARD.

Fonctionnement des sites de jaugeages :

Globalement, depuis plusieurs années, les deux sites fonctionnent de la même manière. En temps « normal », en amont des deux seuils, la Drôme se scinde en deux bras, un rive gauche, le plus alimenté, et un bras rive droite, le moins alimenté (voir à sec selon les niveaux d'eau). Image ci-après, configuration seuil SMARD, bras rive droite quasi inexistant et emplacement du merlon 2014.

Comparaison des différentes situations morphologiques au droit du seuil SMARD



Sur ces deux seuils, sont présents en rive droite, une passe à poissons ainsi qu'une prise d'eau gravitaire (en amont direct des passes à poissons), redirigeant les eaux vers les réseaux d'irrigation. Ces prises d'eau sont tenues de respecter un débit réservé, c'est pourquoi ces aménagements sont équipés de systèmes de mesures de débit. Historiquement, la prise d'eau du seuil des Pues appartenait au SIAM (Syndicat d'irrigation Allex-Montoison), celle du seuil SMARD appartenait au SICN et SICS (Syndicat d'Irrigation Crest Sud et Crest Nord). En 2013, ces syndicats ont été regroupés au sein du SID (Syndicat d'Irrigation Drômois).

Avant le début de la saison d'irrigation (entre juin et juillet), un merlon de graviers est créé afin de diriger tout ou partie des écoulements du bras rive gauche vers le bras rive droite, en direction de la passe à poissons et de la prise d'eau. En général, ces merlons sont érigés en deux fois, en tout début de saison la première partie (difficile de barrer la Drôme pour des débits moyens), puis quand l'étiage le permet, la seconde partie redirigeant la totalité des écoulements.

Pour l'exemple : configuration seuil des Pues (2006, IGN BDORTHO®) avec merlon de dérivation ci-dessous (écoulement de droite à gauche).



Chaque année, le merlon peut être positionné différemment en fonction des conditions morphologiques et écologiques dictées par les crues de l'année précédente.

Généralement, un surcreusement est effectué au niveau des prises d'eau. Ce surcreusement joue le rôle d'un petit « piège à graviers » et évite l'engravement des passes au premier coup d'eau.

Ci-après, un tableur reprenant l'historique des actions et des modes de fonctionnement des deux seuils depuis 2011.

Années	PUES	SMARD
2011	-Création de la nouvelle passe à poissons	RAS
2012	-Incohérence entre débits mesurés (relation H/Q) et débits jaugés (ONEMA, DREAL). Différences imputées au « matelas de graviers » disposé au niveau de la sonde de pression, ainsi qu'à une courbe de jaugeage peu étoffée.	-Différence entre la mesure et le jaugeage (ONEMA) a été jugée acceptable. -Passe à poissons construite (à cheval sur 2013).
2013	-1 ^{ère} campagne de jaugeage (location moulinet à hélice). -Nettoyage à la pelle du matelas de gravier, en entrée de passe, en début de saison d'irrigation, puis nettoyage manuel. Récupération du fond « bétons » pour s'assurer de la reproductibilité des mesures en fonction des années et pendant une même saison d'irrigation. -Configurations des merlons 2013, trop près des passes et amenant les écoulements presque perpendiculaires aux passes, « facilitent » le ré-engravement de l'entrée des passes à poissons. -Crues ont arraché le système de mesure : changement du capillaire (démontage remontage complet du système) et mise en place de blocs pour cacher et protéger la gaine.	-1 ^{ère} campagne de jaugeage (location moulinet à hélice). -Nettoyage à la pelle du matelas de gravier, en entrée de passe, en début de saison d'irrigation, puis nettoyage manuel. Récupération du fond « bétons » pour s'assurer de la reproductibilité des mesures en fonction des années et pendant une même saison d'irrigation. -Configurations des merlons 2013, trop près des passes et amenant les écoulements presque perpendiculaires aux passes, « facilitent » le ré-engravement de l'entrée des passes à poissons.
2014	-2 ^{nde} campagne de jaugeage (achat courantomètre électromagnétique). -Nettoyage à la pelle du matelas de gravier, en entrée de passe, en début de saison d'irrigation, puis nettoyage manuel. Récupération du fond « bétons » pour s'assurer de la reproductibilité des mesures en fonction des années et pendant une même saison d'irrigation. Section moins propre qu'en 2013. -Configuration du merlon d'avantage dans l'axe de la passe mais traversant un ancien atterrissement. Deux conséquences : « casse » de l'atterrissement limitant son installation dans le temps, mais ce nouveau chenal possédait de nombreux « petits » matériaux qui ont été facilement mis en mouvement : ré-engravement de l'entrée des passes à poissons et de l'entrée de la prise d'eau. A l'avenir, réutiliser au maximum des chenaux « nettoyés » par les crues de l'année. Nettoyage manuel presque inutile car trop vite ré-engravé.	-2 ^{nde} campagne de jaugeage (achat courantomètre électromagnétique). -Nettoyage à la pelle du matelas de gravier, en entrée de passe, en début de saison d'irrigation, puis nettoyage manuel. Récupération du fond « bétons » pour s'assurer de la reproductibilité des mesures en fonction des années et pendant une même saison d'irrigation. Section plus propre qu'en 2013 -Configuration du merlon d'avantage dans l'axe de la passe et se prolongeant sur sa RD. Bon dimensionnement de la fosse en amont de la passe. Pas de matelas de gravier dans la passe. Pas de nécessité de nettoyage manuel.

Résultats

Seuil SMARD :

Cette année, le merlon de dérivation a été réalisé en amont direct du seuil et barrait totalement le bras RG (cf. photographie ci-après, merlon en blanc, BDORTHO® 2010, IGN).



Les jaugeages ont donc été réalisés sur une section, en entrée de passe et en aval des prélèvements, du moment où le merlon était complet. Après destruction de celui-ci, nous avons réalisé les jaugeages entre 50 et 100 mètres en aval du seuil afin de continuer à suivre la baisse du débit et de tenir le rôle d'alerte à l'approche du débit réservé.

Jaugeage du 20 mai 2014 :

Cette mesure a été réalisée avec le matériel appartenant au SID. Il s'agissait d'un moulinet à hélice. Ce matériel n'est pas souvent utilisé, notamment l'interface de configuration. Cela ne nous a pas permis de choisir le paramétrage souhaité. Nous avons donc réalisé 1 mesure par verticale pour une durée d'intégration de 30s. Coté tarage, le matériel n'a été utilisé que de rares fois après achat, il y a environ 3 ans.

A cette période, le merlon n'était pas complètement réalisé, une partie des écoulements majoritaires passaient par le bras RG. Il a donc fallu réaliser deux mesures.

Avec une mesure à 1 seul point par verticale, les incertitudes associées augmentent, le choix a été fait d'appliquer 15% sur ces mesures.

	Q-15%	Débit mesuré	Q+15%
Méthode section médiane entrée de passe	1.98	2,32	2.66
Méthode section médiane bras RG	5.38	6,33	7.28
Tot	7.36	8,65	9.94

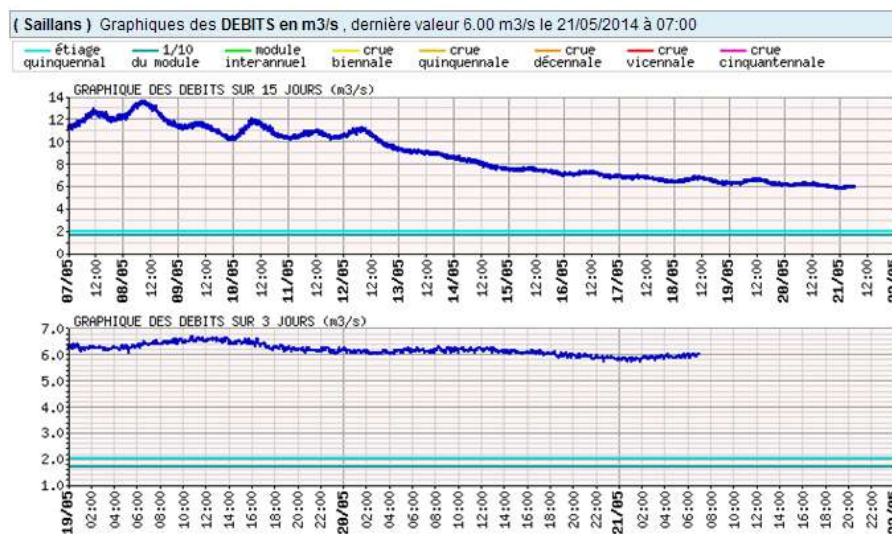
La côte lue en entrée de passe à poissons durant cette mesure était de 59cm.

Le débit à la station hydrométrique DREAL était de 6m³/s, à Saillans, débit globalement constant sur la journée, mais la Drôme avait engagé une décrue depuis le 5 mai (valeur maximale le 5 mai environ 14m³/s).

La mesure en entrée de passe est cohérente avec les jaugeages de 2013.

En reprenant les données de la station DREAL à Saillans, des différences sont apparues entre les données affichées en temps réel (Hydroréel) et les données téléchargeables via la banque hydro . Cela est à garder en mémoire car la station de Saillans est souvent prise comme point de départ de l'analyse de l'étiage sur le BV.

Imprim écran des données du 20 mai :



Q Saillans en moyenne journalière = 7.67m³/s (banque hydro)

Cette différence est certainement due à une reprise des données par la DREAL (intégration des jaugeages 2014 dans la courbe de tarage régissant les règles hauteur débit).

Jaugeage du 18 juin 2014 :

Ces mesures ont été réalisées avec le matériel acheté par le SMRD présenté en début de document. Le merlon de dérivation n'était pas complet, écoulement dans les deux bras RG et passe à poissons RD.

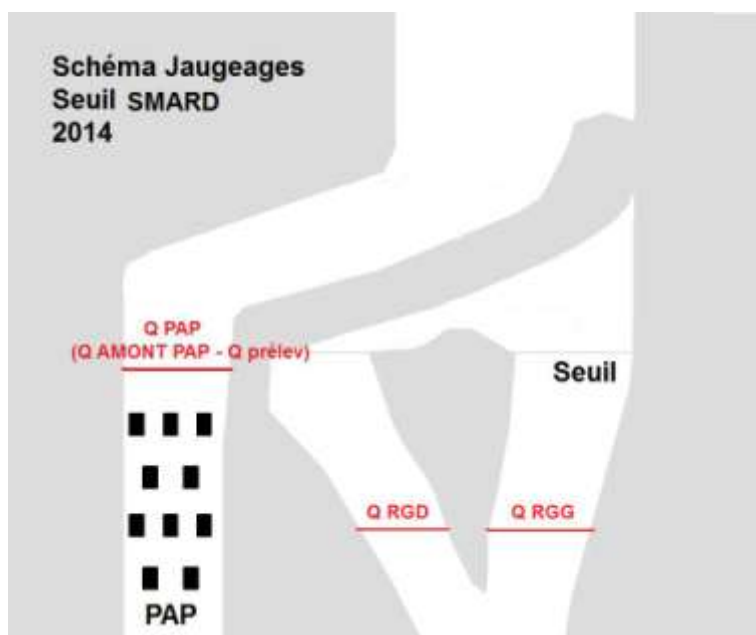
	Q-10%	Débit mesuré	Q+10%
Méthode section médiane entrée de passe	0.87	0.978	1.075
Méthode section médiane bras RG	2.746	3.052	3.357
Tot	3.61	4.03	4.43

Pour la mesure en entrée de passe, la côte retenue est de 44 cm. Cette valeur ne peut être comparée avec les jaugeages de 2013, ces hauteurs d'eau n'avaient pas été atteintes durant la campagne de jaugeage.

Le débit moyen journalier à la station hydrométrique DREAL à Saillans était de 4.42m³/s. Nous étions en amorce de crue (décrue jusqu'au 17).

Jaugeage du vendredi 24 juin 2014 :

Le merlon de dérivation était finalisé. La très grande majorité des écoulements étaient donc dans la passe à poissons. Cependant, en aval direct du merlon, sous l'influence probable du seuil, l'eau remonte. Un écoulement visible faible se crée, nous avons fait le choix de mesurer ces « résurgences de nappe » afin de connaître leur importance vis-à-vis du débit total.



	Q-10%	Débit mesuré	Q+10%
Méthode section médiane entrée de passe	2.543	2,826	3.108
Méthode section médiane bras RG1	0.0072	0.008	0.0088
Méthode section médiane bras RG2	0.0288	0.032	0.0352
Tot	2.579	2.866	3.152

A noter que les débits mesurés en RG comportent très certainement des incertitudes associées supérieures à 10%. En effet, plus les débits sont faibles plus les incertitudes sont grandes (faible lame d'eau, courant non laminaire, un seul point par verticale). Cependant, au vu de leurs faibles valeurs, cela n'influence que très peu le débit total.

Réf. échelle 65cm

Débit (moyenne journalière banque hydro) : 3.16m³/s

Nous étions en décrue lente depuis environ 5 jours.

Jaugeage du 30 juin 2014 :

	Q-10%	Débit mesuré	Q+10%
Méthode section médiane entrée de passe	3.943	4,382	4.820
Méthode section médiane bras RG1	0.0117	0,013	0.014
Méthode section médiane bras RG2	0.0171	0.019	0.0209
Tot	3.97	4.41	4.85

Réf. échelle 76cm

Débit Saillans (moyenne journalière banque hydro) : 4.49m³/s

Décrue depuis 1 jour.

Jaugeage du 3 juillet 2014 :

	Q-10%	Débit mesuré	Q+10%
Méthode section médiane entrée de passe	2.782	3.092	3.401
Méthode section médiane bras RG1	0.0054	0.006	0.0066
Méthode section médiane bras RG2	0.0261	0.029	0.0319
Tot	2.81	3.13	3.44

Réf. échelle 68cm

Débit Saillans (moyenne journalière banque hydro) : 3.12 m³/s

Décrue depuis 4 jours

Jaugeage du 18 juillet 2014 :

	Q-10%	Débit mesuré	Q+10%
Méthode section médiane entrée de passe	3.03	3,369	3.70
Méthode section médiane bras RG1		Non mesuré	
Méthode section médiane bras RG2		Non mesuré	
Tot	3.03	3,369	3.70

Réf. échelle 69cm

Débit Saillans (moyenne journalière banque hydro) : 3.510 m³/s

Décru depuis 7 jours.

Merlon complet



Jaugeage du 12 août 2014 :

Le 3 août, a eu lieu une crue (2 août : 7.85 m³/s moyenne journalière ; 3 août 11.20 m³/s), celle-ci a détruit le merlon de dérivation. Du fait d'entrée d'eau via la RG de la passe à poissons, le jaugeage en entrée de passe, n'était pas techniquement viable (lien entre H et Q biaisé par cette entrée d'eau). Nous avons donc réalisé un jaugeage en aval de la passe (environ 75m en aval), dans un bras qui concentre la totalité des écoulements. Ce jaugeage a été réalisé en aval du rejet de la step, il a donc fallu estimer son débit afin de le soustraire au débit mesuré. Nous l'avons estimé à 25l/s calculé à partir du débit moyen annuel entrant dans la passe.

	Q-10%	Débit mesuré	Q+10%
Méthode section médiane aval rejet step	4.937	5.547	6.101

Réf. échelle : non prise en compte

Débit Saillans (moyenne journalière banque hydro): 4.6m³/s

Décru depuis 9 jours.

Merlon partiel

Jaugeage du 28 août 2014 :

Nous avons réalisé le jaugeage en aval de la passe (environ 75m en aval), dans un bras qui concentrait la totalité des écoulements. Ce jaugeage a été réalisé en aval du rejet de la step, il fallait donc estimer son débit afin de le soustraire au débit mesuré. Nous l'avons estimé à 25l/s

	Q-10%	Débit mesuré	Q+10%
Méthode section médiane aval rejet step	3.547	3.985	4.384

Réf échelle : non prise en compte, entrée d'eau parasite.

Débit Saillans :(moyenne journalière banque hydro) 2.750m³/s

Décrue depuis 1 jour.

Merlon partiel

Jaugeage du 1 septembre 2014 :

Nous avons réalisé le jaugeage en aval de la passe (environ 75m en aval), dans un bras qui concentrait la totalité des écoulements. Ce jaugeage a été réalisé en aval du rejet de la step, il fallait donc estimer son débit afin de le soustraire au débit mesuré. Nous l'avons estimé à 25l/s

	Q-10%	Débit mesuré	Q+10%
Méthode section médiane aval rejet step	3.074	3.454	3.799

Réf. échelle : non prise en compte, entrée d'eau parasite.

Débit Saillans :(moyenne journalière banque hydro) 2.11m³/s

Décrue depuis 5 jours

Merlon partiel

Jaugeage du 5 septembre 2014 :

Nous avons réalisé le jaugeage en aval de la passe (environ 75m en aval), dans un bras qui concentrait la totalité des écoulements. Ce jaugeage a été réalisé en aval du rejet de la step, il fallait donc estimer son débit afin de le soustraire au débit mesuré. Nous l'avons estimé à 25l/s

	Q-10%	Débit mesuré	Q+10%
Méthode section médiane aval rejet step	2.704	3.039	3.343

Réf. échelle : non prise en compte, entrée d'eau parasite.

Débit Saillans (moyenne journalière banque hydro):1.82 m3/s

Décru depuis 9 jours

Merlon partiel

Jaugeage du 15 septembre 2014 :

Nous avons réalisé le jaugeage en aval de la passe (environ 75m en aval), dans un bras qui concentrait la totalité des écoulements. Ce jaugeage a été réalisé en aval du rejet de la step, il fallait donc estimer son débit afin de le soustraire au débit mesuré. Nous l’avons estimé à 25l/s

	Q-10%	Débit mesuré	Q+10%
Méthode section médiane aval rejet step	2.332	2.591	2.850
Méthode section médiane Entrée Pap	1.403	1.559	2.591

Réf. échelle 53cm

Débit Saillans instantanée à 10h : 2,5M3/s ; Saillans (moyenne journalière banque hydro):1.82 m3/s

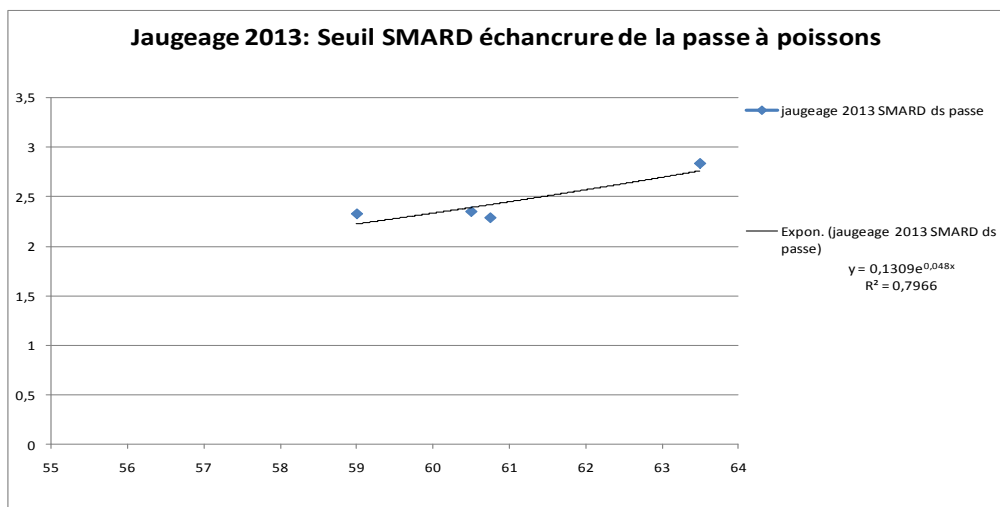
Décru lente

Merlon partiel

RAPPEL : Courbe de jaugeage, été 2013, seuil SMARD (échancrure de la passe à poissons)

Les valeurs de débits utilisées pour la courbe ci-dessous correspondent à la moyenne des débits calculés selon les deux méthodes de calculs (méthode section médiane et méthode section moyenne), en 2013.

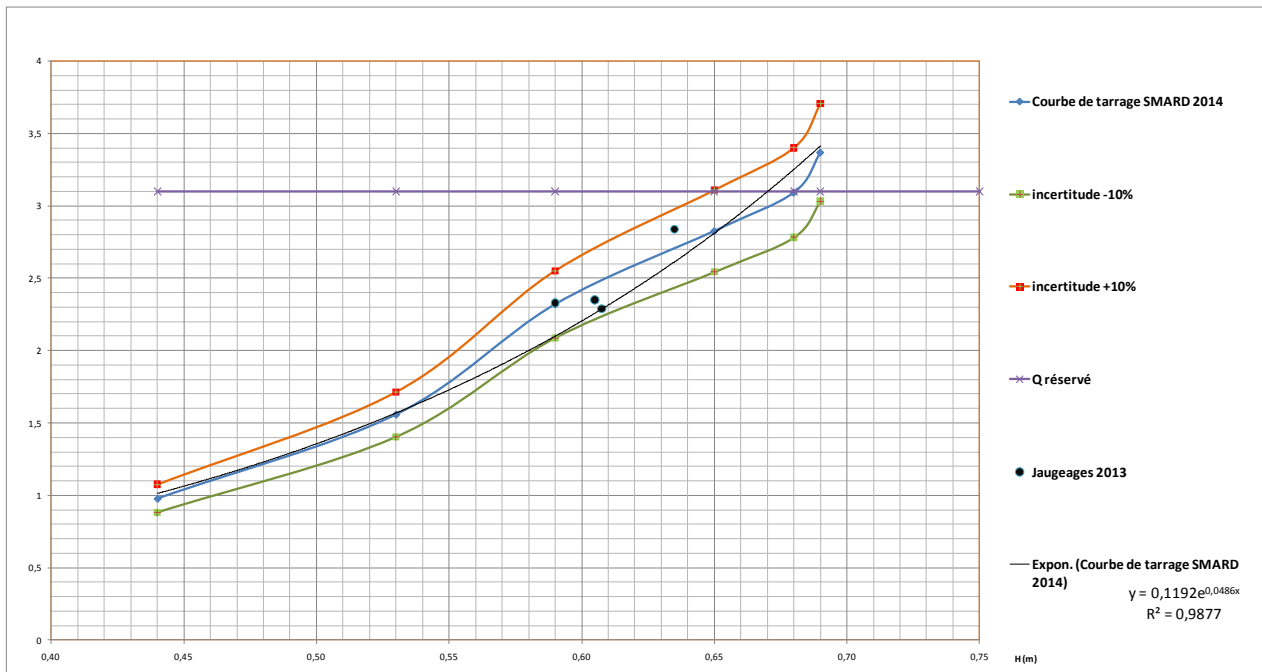
Malheureusement, l’entrée de la passe à poissons du seuil SMARD n’a pas vu ses débits fortement varier pendant les jaugeages de juillet 2013. C’est pourquoi ces jaugeages n’aboutissaient pas à une courbe de tarage fonctionnelle (débits entre 2 et 3 m3/s et hauteurs lues à l’échelle limnigraphique, variant entre 60 et 64cm).



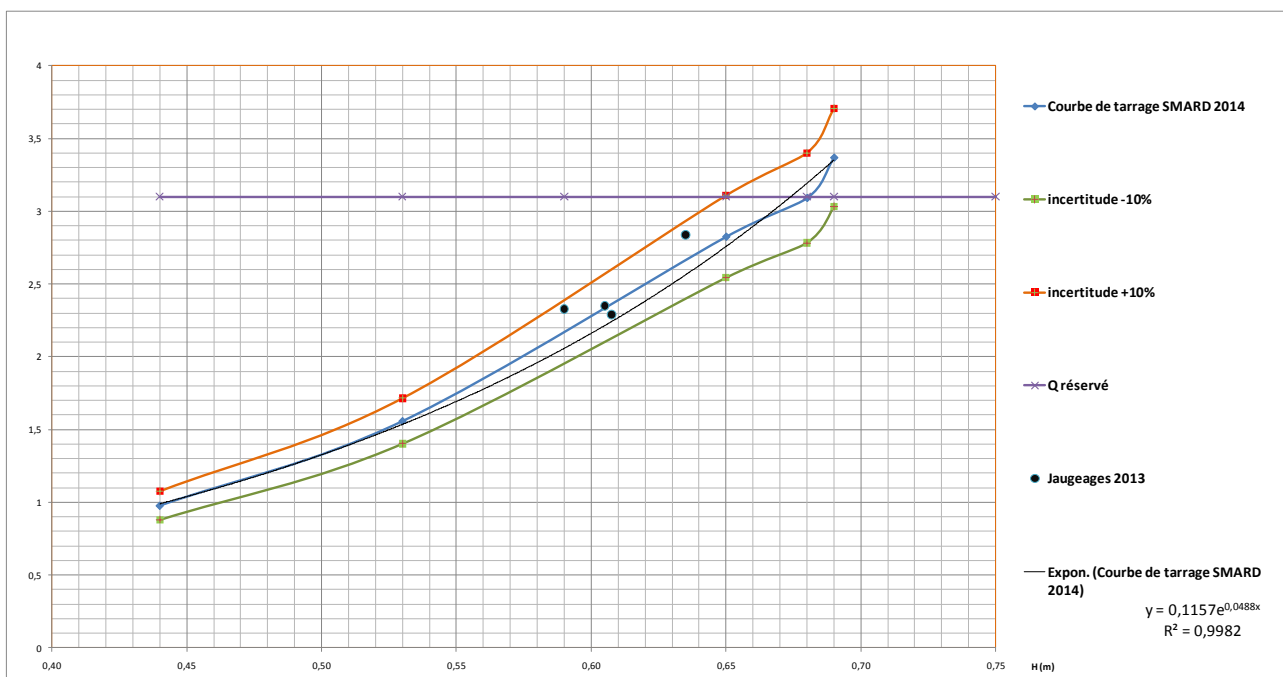
Conclusion jaugeage SMARD 2013 : Un positionnement plus en amont du merlon (afin d’obtenir des écoulements plus rectilignes et parallèles en entrée de passe) serait à privilégier pour les années à venir. Il serait aussi important de barrer entièrement le bras RG afin que la totalité des écoulements soient mesurables (ce qui n’a pas été le cas pour toute la saison 2013).

Le fait que les jaugeages aient été réalisés indifféremment en décrue ou en crue peut aussi avoir apporté une variation de débit pour une mesure des hauteurs d'eau à l'échelle presque identique.

Courbe de jaugeage, été 2014 (et donnée 2013), seuil SMARD (échancrure de la passe à poissons), ordonnée en m³/s



Sur ce graphique à la côte 59 centimètres, une inflexion est visible ; il s'agit du jaugeage réalisé le 20 mai, mais uniquement avec 1 point par verticale. La valeur de débit obtenu est cohérente avec la côte lue mais l'incertitude associée étant plus forte que pour les autres jaugeages, nous éditons une seconde courbe de jaugeage sans ce point.



En supprimant ce point, le R² s'améliore de 0,11 point, et la courbe de tarage bleu se recentre également sur les jaugeages de 2013.

Ainsi, le débit réservé de 3,1 m³/s est atteint, pour des côtes lues à l'échelle comprises entre, 65 cm et 69 cm en tenant compte des 10 % d'incertitude. Afin d'augmenter la fiabilité de cette courbe de tarage, il serait important de disposer d'autres valeurs entre les côtes 65 cm et 70 cm. L'inflexion forte en haut de cette courbe doit correspondre au nouveau contrôle hydraulique créé lorsque le niveau des eaux passe au dessus des premiers plots (moins de résistance à l'écoulement, le débit augmente plus vite pour des augmentations de hauteur équivalente) ; ce phénomène a été remarqué en 2013 au seuil des Pues. Les plots du SMARD irréguliers (enrochement) font que ce phénomène est moins perceptible sur le terrain, les plots ne sont pas submergés en même temps contrairement à ceux de la passe du seuil des Pues.

A noter que, sur la courbe de jaugeage actuelle, une différence de 1cm fait varier le débit entre 100l/s (faible pente) et 300l/s forte pente.

Analyse des différences entre les jaugeages de 2013 et 2014

La façon dont les travaux de dérivation ont été réalisés, a permis de très fortement limiter l'engravement de l'entrée de la passe. Contrairement à la situation de 2013 où les graves formaient un matelas de graviers important avant nettoyage à la main. Même après nettoyage manuel, ces graves remplissaient tout de même les interstices entre les micros rugosités. En 2014, à part quelques cailloux, ces interstices sont visibles.

Entre 2013 et 2014, les jaugeages n'ont pas été réalisés avec le même matériel : 2013, courantomètre à hélice, 2014, courantomètre électromagnétique, ceci induisant forcément des différences. De plus, en 2013, le choix avait été fait de réaliser 5 points de mesure par verticale contre 3 en 2014. Ceci a eu pour effet de diminuer drastiquement le temps de jaugeage, limitant les impacts des crues ou des décrues parfois rapide durant l'étiage, et induisant un biais car le débit devrait être constant durant un jaugeage. En 2013, nous lisions la côte en début de jaugeage, milieu et fin, puis estimions la côte intermédiaire la plus juste, ces différences étaient d'environ 1 cm. Sur la courbe de jaugeage actuelle, une différence de 1 cm fait varier le débit entre 100l/s (faible pente) et 300l/s forte pente.

Seuil des Pues

Cette année, le merlon a été réalisé en deux fois afin d'être complet, localisation schématique (cf. photographie ci-après, BDORTHO 2010).

Contrairement à 2013, le chenal d'amenée a été complètement créé dans l'atterrissement central qui se stabilise et « récupère » le chenal RG sous la ligne très hautes tensions. En 2013, le merlon reprenait le tracé d'un chenal naturel qui longeait l'atterrissement central visible sur la photographie aérienne ci-après, le merlon était très proche du seuil. Les autres années, en général le chenal d'amenée longeait la berge RD, et récupérait le bras de la Drôme en RD, environ 200, 250 m en amont au niveau de l'ancienne papeterie.

Compte tenu des écoulements de 2013 qui n'arrivaient pas bien dans l'axe de la passe (merlon trop proche de la passe, effet tourbillons en entrée de passe), les jaugeages étaient réalisés en amont de la passe (<100m), où les écoulements étaient laminaires et où les hauteurs d'eau variaient peu. Le débit prélevé était également jaugé, dans le canal d'amenée de l'autre côté de la voie ferrée, le plus en aval possible dans la section bétonnée. Pour 2014, ce merlon arrivait d'avantage dans l'axe de la passe, favorisant l'auto curage, limitant l'engravement de la section de mesure en entrée de passe. Cela devait également limiter les courants retours et permettre des jaugeages dans l'entrée de la passe. Cependant, le fait d'être passé dans l'atterrissement central qui n'avait pas été mobilisé depuis longtemps, a permis la remobilisation de très nombreux cailloux centimétriques à décimétriques qui ont engravé rapidement l'entrée de la passe malgré l'absence de crue. Il a donc été très difficile d'obtenir une section de mesure aussi propre qu'en 2014, un ou deux jours après nettoyage, la situation était identique.

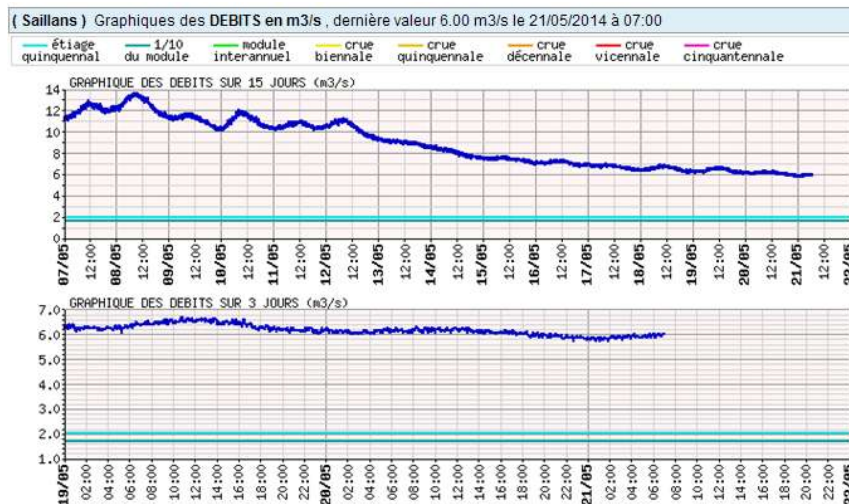


Jaugeage Pues du 20 mai 2014 :

Lors de ce jaugeage, a été utilisé le moulinet à hélice du SID, en partenariat avec C. Chesnel. Un seul point de mesure par verticale a été réalisé, augmentant les incertitudes, mais l'incertitude retenue reste tout de même à 10 % car le nombre de verticales était élevé (22 sur 8m50).

	Q-10%	débit mesuré	Q+ 10%
Débit M3/s entrée de Pap, méthode médiane	0.805	0.895	0.984
Débit RG1 méthode médiane	4.24	4.72	5.19
Débit RG2 méthode médiane	4.42	4.92	5.41
Q tot méthode médiane	9.47	10.53	11.5

Q Saillans : $6\text{m}^3/\text{s}$ et débit banque hydro moyenne journalière 7,67
Cure décruée : plutôt constant sur la journée, mais en décruée globale



H échelle : 0,185m

Ainsi, la part des affluents est importante, 40% d'apport minimum (car prélèvements au seuil SMARD) au débit transitant au seuil des Pues.

Jaugeage Pues du 17 juin 2014 :

	Q-10%	débit mesuré	Q+ 10%
Débit M3/s amont prélèvement, méthode médiane	2.708	3.008	3.308
Débit RG1 méthode médiane	0.126	0.141	0.155
Débit RG2 méthode médiane	0.147	0.164	0.180
Q prélev méthode médiane	0.139	0.155	0.170
Q réservé aval prélèvement calculé	2.842	3.158	3.473
Q Pap Calculé	2.569	2.853	3.138

Q Saillans moyenne journalière (banque hydro) :17 juin : 3.73 m3/s

H : 0,435cm

Décruce lente

Merlon complet

Jaugeage Pues du 24 juin 2014 :

	Q-10%	débit mesuré	Q+ 10%
Débit M3/s entrée de Pap, méthode médiane	2.119	2.355	2.590
Débit RG1 méthode médiane	0.225	0.250	0.275
Q réservé Calculé	2.344	2.602	2.865

H=0.405cm

Débit moyen journalier à Saillans le 24 juin : 3.16m³/s

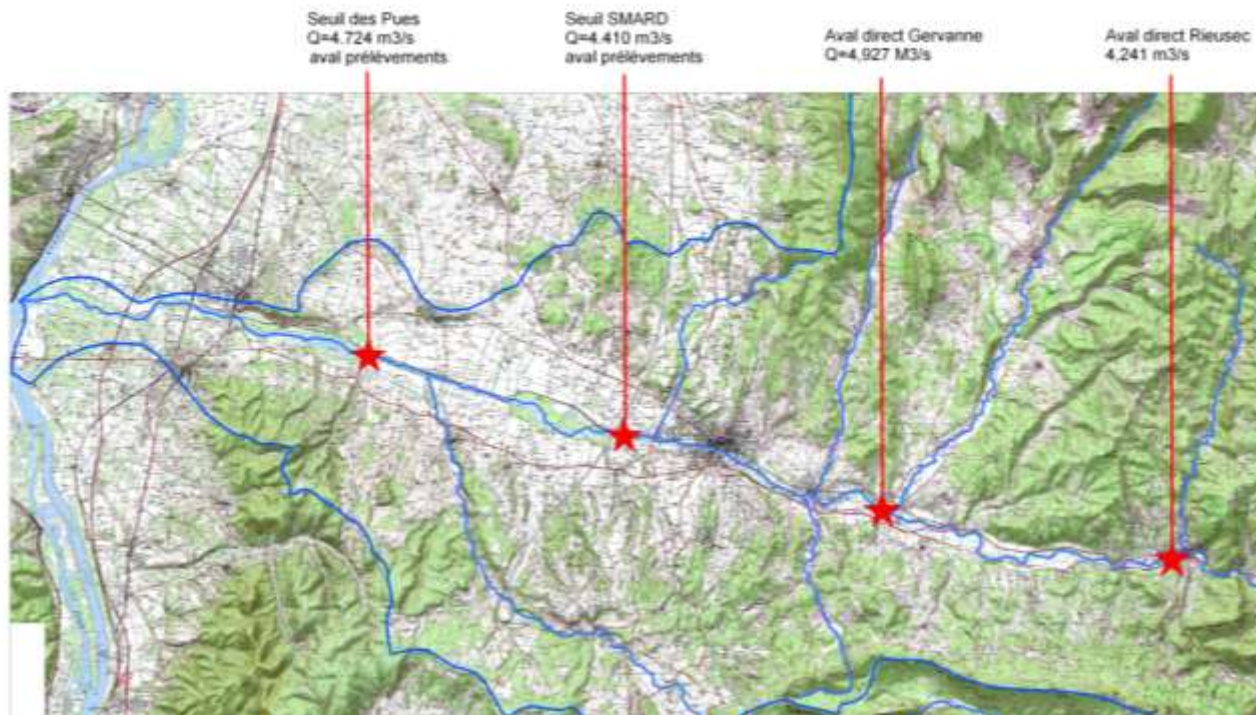
Décruce lente

Merlon complet

Jaugeage du 30 juin 2014 :

Le 30 juin, ont été jaugés la Drôme en aval direct du Rieusec à Saillans, la Drôme à Mirabel et Blacons en aval directe de la Gervanne, le seuil SMARD et le seuil des Pues.

30 juin: débit moyen journalier banque hydro=4.490 m³/s



Ces jaugeages effectués d'amont en aval sur le bas de la vallée de la Drôme nous permettent de connaître les apports des affluents, lors de situations identiques. Ainsi, la Gervanne apportait environ 700l/s, les affluents entre Mirabel et Blacons et l'aval de Crest apportaient 500l plus prélèvement SID, et les affluents entre Crest et Alex apportaient 300l plus prélèvement SID. Ces valeurs sont à prendre avec précaution car, en tenant compte des incertitudes, cette analyse reste très limitée (chevauchement des données).

Lorsque les affluents sont encore « stables », ceux-ci compensent les prélèvements réalisés par le syndicat d'irrigation Drômois.

Seuil des Pues :

	Q-10%	débit mesuré	Q+ 10%
Débit M3/s entrée de Pap, méthode médiane	3.961	4.402	4.842
Débit RG1 méthode médiane	0.289	0.322	0.354
Tot : Q réservé calculé	4.250	4.724	5.196

H= 0.54cm

Débit moyen journalier à Saillans le 30 juin : 4.49m³/s

Crue décrue : décrue à partir du 29 juin (données Banque hydro, moyenne journalière), petite crue entre 28 et 29 juin, expliquant la part des affluents.

Merlon : finalisé

Jaugeage Pues 10 juillet 2014 :

	Q-10%	débit mesuré	Q+ 10%
Débit M3/s amont prélèvement, méthode médiane	4.936	5.485	6.033
Débit RG1 méthode médiane	0.287	0.319	0.351
Débit prélèvement	0.091	0.101	0.111
Tot : Q réservé calculé	5.132	5.703	6.273

H= 0.57cm

Débit moyen journalier à Saillans le 10 juillet : 8.42m³/s

Crue décrue : Crue à partir 08 / 09 juillet décrue le 11 / 12 juillet (données Banque hydro, moyenne journalière).

Merlon : finalisé

Jaugeage Pues 1 septembre 2014 :

	Q-10%	débit mesuré	Q+ 10%
Q Pap méthode section médiane	0.431	0.479	0.527

H= 0.137cm

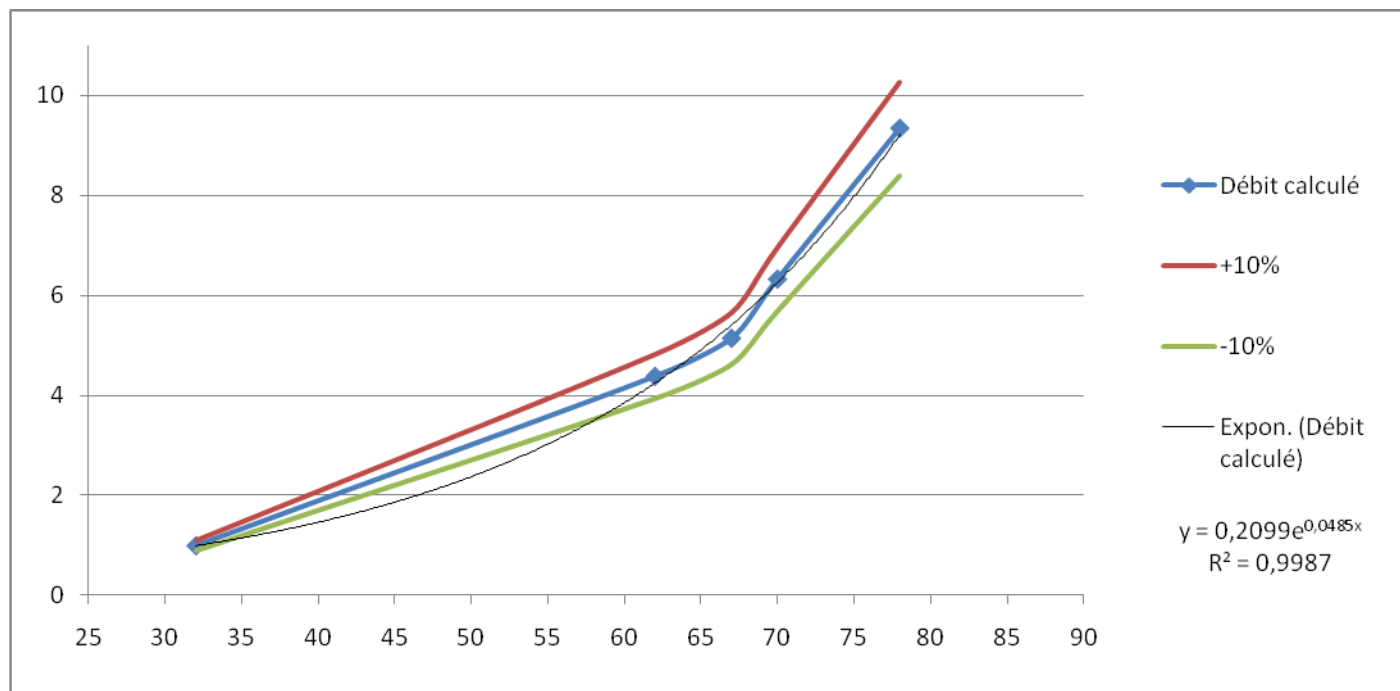
Débit moyen journalier à Saillans le 10 juillet : 2.110m³/s

Crue décrue : décrue lente depuis le 27 août 2014, perte d'environ 90l/s entre le 31 août et le 1^{er} septembre (données Banque hydro, moyenne journalière).

Merlon : détruit prise d'eau irrigation déconnecté (pas de prélèvement possible).

Rappel courbe de tarage Pues 2013 :

En 2013, la première campagne de jaugeage s'est déroulée sur un mois et a permis de réaliser une courbe de tarage partielle comprise entre 30 et 80cm, balayant des débits entre 1 et 9m³/s:

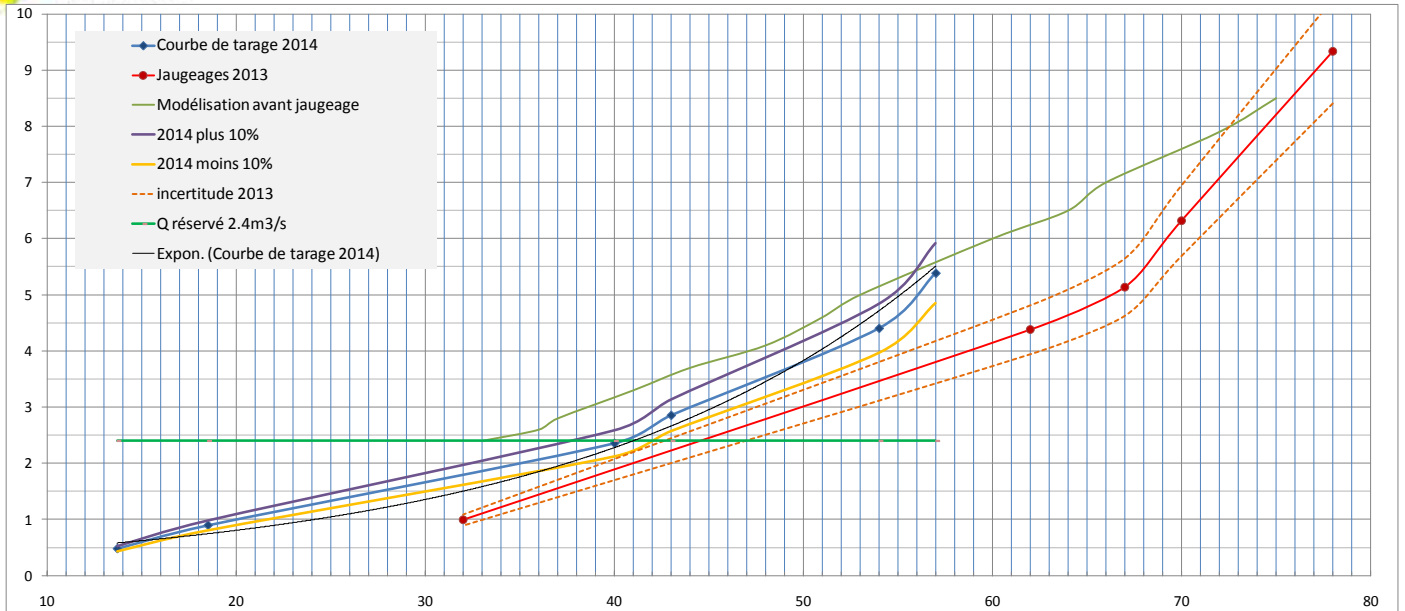


Sur ce graphique, sont présentes 4 courbes, en bleu celle réalisée avec les données des jaugeages 2013, et en rouge et vert les courbes avec les 10% d'incertitudes. Nous y avons ajouté une courbe de tendance de type exponentiel, en noir ($R^2=0,9987$, bonne corrélation).

De plus, nous avons émis l'hypothèse que le changement de pente était dû à la géométrie de la passe et indiquait que les eaux surverseraient par dessus les plots au-dessus de 5m³/s (moins de « résistance », les débits augmentent plus rapidement pour une même variation de hauteur de ligne d'eau).

Courbe de tarage Pues 2014 :

Sur le graphique ci-après, sont représentées différentes courbes. En vert, est représentée, la courbe de tarage modélisée par le bureau d'étude avant la construction de la passe. La courbe rouge reprend les points de jaugeage de 2013, les incertitudes associées (+/-10%) sont en orange pointillé. La courbe de tarage de 2014 est en bleu, les incertitudes associées à 10% sont en violet et jaune. En noir, la courbe de tendance de type exponentiel possédant un coefficient de corrélation de 0.981, pour les jaugeages de 2014.



Ainsi, en prenant en compte uniquement des jaugeages de 2014, le débit réservé de 2,4 m³/s est atteint pour des côtes à l'échelle comprises entre 38 et 42cm. Une variation de 4 cm peut induire sur la courbe de tarage 2014 une différence de débit allant de 250l/s (bas de la courbe bleu) et 500l/s (haut de la courbe bleu). En tenant compte des jaugeages de 2013 et 2014, le débit réservé est atteint pour des côtes comprises entre 38 cm et 47 cm (9cm).

En comparant les données de 2013 et 2014, la première chose visible est le décalage vers la gauche des jaugeages 2014 en restant parallèle aux données de 2013. Ainsi, pour une même hauteur d'eau, le débit jaugé en 2014 est plus important qu'en 2013, on parlera de détarage. Ces variations de débit pour une même hauteur d'eau peuvent aller de 600l/s à 800l/s. Différentes hypothèses peuvent être émises pour l'expliquer, mais il est probable que ce soit l'addition de petites différences qui aboutissent à ce résultat.

- 1) Le matériel de jaugeage était différent entre 2013 et 2014.
- 2) Le chenal d'amenée et le merlon de dérivation étaient placés différemment.
- 3) Le matelas de gravier entre 2013 et 2014 n'a peut-être pas induit le même contrôle hydraulique.
- 4) Durant l'hiver 2013-2014, une crue a arraché le capillaire, le changer a nécessité de démonter tout le système et de le remonter. Il a également été ajouté des blocs sur le bras de décharge de la passe en RD, afin de dissimuler et protéger le capillaire.
- 5) La passe à poissons s'est affaissée sous son poids, la pente a été augmentée, la vitesse également, plus d'eau peut passer pour une hauteur identique.

L'hypothèse 5 paraît farfelue, une telle différence à un an d'intervalle paraît peu crédible. Cependant, le SMRD réalisera cet été le profil en long de la passe afin de vérifier. Pour les autres hypothèses, représentant de faibles variations physiques, et donc de faibles variations de débit, une cause unique semble peu plausible. Une addition de plusieurs petits facteurs semble être la cause de ce détarage. Afin de comprendre ce phénomène, pour l'été 2015, il serait intéressant de limiter les variations de ces paramètres comparativement à 2014.

Par contre, des points communs entre les courbes 2013 et 2014 peuvent être pointés. Ces courbes sont globalement parallèles, mais également à la courbe modélisée par Hydrétude, ce qui traduit une même évolution des débits par rapport aux hauteurs d'eaux.

L'augmentation de la pente des courbes de tarage se fait environ au même débit, soit autour de 5m³/s. Pour l'hiver 2014/2015, d'autres jaugeages seront à réaliser, si possible pour les côtes entre 20 et 40 et pour celle supérieure à 55cm. En début de saison d'irrigation de 2015, et si possible avant, des jaugeages seront effectués afin de déterminer si la courbe de tarage de 2014 pourra être utilisée.

Conclusion

Mise en place des courbes de tarages :

Le bilan de la campagne de jaugeage est différent entre le seuil des Pues et le seuil SMARD. Pour ce dernier, les campagnes 2013 et 2014 se complètent assez bien grâce à des variations de débit différentes sur 2014. La courbe de tendance colle très bien au jaugeage ($R^2= 0,998$) avec suppression d'un jaugeage (méthode et incertitude associée différentes que pour les autres jaugeages). Le débit réservé, en tenant compte des incertitudes, sera atteint sur une plage de lecture de 4cm sur l'échelle limnimétrique.

Pour le seuil des Pues, malgré des côtes différentes durant les jaugeages 2014, les deux campagnes ne se complètent pas correctement. Il y a certainement eu détarage entre les deux années. Cependant, les deux courbes possèdent la même allure (pente, inflexion) ce qui corrobore le détarage. Habituellement, ce phénomène est dû à des travaux ou une importante crue. Nous ne connaissons pas la cause sur ce seuil, seulement des hypothèses qu'il faudra valider ou exclure sur la campagne 2015.

Suivi du débit réservé :

En parallèle de la construction des courbes de tarages, nos jaugeages permettent le suivi du débit réservé (en l'absence de courbe de tarage fiable). L'année 2014 est un peu particulière car ces débits réservés ont été abaissés temporairement. Ils étaient de 2, 4 m³/s au seuil des Pues jusqu'au 20 juillet et passaient à 1,7 m³/s à partir de cette date. Pour le seuil SMARD, ils étaient de 3,1 jusqu'au 30 juin, passaient à 2,2m³/s à partir de cette date, et revenaient à 3,1 m³/s au 1^{er} septembre.

Grâce à ces changements des valeurs de débits réservés, la saison d'irrigation s'est globalement bien passée, malgré deux périodes tendues. Le 10 juin, le Comité départemental de l'Eau votait le passage en alerte renforcée sur le bassin de la Drôme. Cet arrêté préfectoral impliquait une diminution des prélèvements de 40 % pour les eaux superficielles et de 15 % pour les eaux souterraines, pour les agriculteurs disposant d'un règlement d'arrosage (organisation des tours d'eau). Pour les irrigants ne disposant pas de ce règlement, cela impliquait des jours d'arrêt, 3 jours par semaine pour les eaux superficielles et 1 jour d'arrêt pour les eaux souterraines. Ces restrictions auraient pu avoir un impact sur les cultures qui, en cette période, avaient de forts besoins (pics de consommation). Cependant, grâce à des précipitations suffisantes cela n'a pas été le cas.

Suite aux différents épisodes pluvieux entre fin Juin et Juillet, la situation s'est améliorée, le CDE du 11 juillet diminue le niveau de restriction au seuil d'alerte (baisse des restrictions). En parallèle, les besoins des cultures diminuent (fin d'irrigation de plusieurs types de cultures).

Cependant, entre fin août et début septembre, le débit réservé au seuil SMARD passait de 2,2 à 3,1 m³/s. Le 28 août, le débit transitant après prélèvements était compris entre 3,54 et 4,38m³/s (+/- 10 % d'incertitude) Le 1^{er} septembre, le débit à l'aval des prélèvements était compris entre 3,07 et 3,79 m³/s (+/-10%) ; ainsi, le débit réservé pouvait être atteint à cette période. Nous étions alors en vigilance depuis le 30 juillet (pas de diminution de prélèvements).

En parallèle, au seuil des Pues, les prélèvements superficiels ne sont plus possibles à cause de la déconnection de la prise d'eau, les orages ayant détruit le merlon de dérivation (orages de juillet).

Perspective 2015 :

Pour 2015, il sera important de comprendre le ou les phénomènes ayant induit un détarage du seuil des Pues, mais également de continuer à acquérir des données hauteurs de débits afin de renforcer la

courbe de tarage actuelle. Pour le seuil SMARD, il faudra continuer également à enrichir la courbe de tarage actuelle et vérifier que la relation hauteur/débit reste inchangée entre 2013-2014 et 2015.