

ÉTUDES DE DÉTERMINATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX



2010 - 2015

SDAGE
Rhône-Méditerranée



**Sous bassin versant
De l'Ouvèze**

**Rapport Phase 3 : Impact des prélèvements quantification des
ressources existantes • Juin 2012**



Rédacteurs	Approbateur
Denis Quatrelivre Rébecca Dorcéus Arnaud Mayis	Eric Leroi

Numéro de référence	Date de réalisation
RP-R&D-2012/06-DQ-029	Juin 2012

Sommaire

Sommaire -----	2
Index des cartes -----	3
Index des figures -----	3
Index des tableaux -----	4
Rappels des principaux objectifs de l'étude – réflexions préliminaires -----	4
Rappels des principaux objectifs de la phase 3 -----	6
1.1 Contexte hydrographique -----	14
1.2 Contexte hydrogéologique -----	16
1.2.1 Les aquifères présents sur le bassin-----	16
1.2.2 Les nappes alluviales et apports directs-----	19
2 Les réseaux de mesure hydro-climatique sur le bassin versant de l'Ouvèze -----	22
2.1 Les stations hydrométriques -----	26
2.1.1 Les stations présentes sur le bassin versant-----	26
2.1.2 Les stations retenues pour la reconstitution hydrologique-----	27
2.2 Les stations climatologiques -----	35
2.2.1 Les cumuls annuels-----	36
2.2.2 Le gradient pluviométrique-----	36
2.2.3 La répartition des pluies au cours de l'année-----	37
3 Les étiages sur le bassin versant de l'Ouvèze -----	40
3.1 Les étiages critiques sur le bassin versant de l'Ouvèze -----	44
3.2 Les périodes d'étiage -----	46
3.3 Fréquence des étiages -----	46
3.4 Les campagnes de mesures à l'étiage -----	47
3.4.1 Objectifs des jaugeages ponctuels-----	47
3.4.2 Contexte général des jaugeages effectués-----	47
4 Les influences sur le bassin de L'Ouvèze -----	53
4.1 Bilan des influences identifiées à la phase 2 -----	57
5 Reconstitution de l'hydrologie non-influencée et influencée -----	60
5.1 Éléments de méthode -----	64
Les données exploitées -----	66
5.1.1 Les données météorologiques (ETP, pluie)-----	66
5.1.2 Les données hydrométriques-----	68

5.2	Mise en œuvre d'une modélisation hydrologique globale	68
5.2.1	Choix du modèle	68
5.2.2	Principe d'évaluation du modèle	68
5.2.3	Démarche méthodologique pour le calage des modèles	69
5.3	Calibrage des modèles numériques	70
5.3.1	Sur l'Ouvèze à Vaison-la-Romaine (V6052010)	70
5.3.2	Sur le Toulourenc à Vaux (V6035010)	70
5.4	Débits caractéristiques aux points de gestion	75
5.4.1	Définition des points de gestion	75
5.4.2	Extrapolation du modèle global : Méthodologie	78
5.4.1	Extrapolation du modèle sur l'Ouvèze	78
5.4.2	Extrapolation du modèle global sur le Toulourenc	88
6	Reconstitution de la piézométrie	93
6.1	Introduction	98
6.2	Éléments d'étude	98
7	Conclusion générale	101

Index des cartes

Carte 1:	Sous-Bassins versants de l'Ouvèze (selon le découpage du contrat de rivière)	15
Carte 2 :	Géologie du bassin versant de l'Ouvèze	18
Carte 3 :	Relations rivières/nappes d'accompagnement sur le bassin versant de L'Ouvèze	20
Carte 4 :	Localisation des stations hydrométriques	27
Carte 5:	Secteurs régulièrement en assec sur l'Ouvèze et le Toulourenc	44
Carte 6:	Campagne de jaugeages du 18 au 21/07/2011 (R&D)	49
Carte 7:	Campagne de jaugeages du 11 au 15/09/2007 (GREBE)	50
Carte 8:	Localisation des points stratégiques de référence	77

Index des figures

Figure a:	Les grandes entités du bassin de l'Ouvèze et les principaux sous bassins versant (Contrat de rivière de l'Ouvèze)	14
Figure b	Localisation des stations météorologiques	36
Figure c:	Régime hydrologique de l'Ouvèze et du Toulourenc	46
Figure d :	Bilan des flux d'eau à l'échelle du BV de l'Ouvèze en m ³	57
Figure e :	Bilan global à l'échelle du BV de l'Ouvèze en m³	58
Figure f	Zone d'influence des précipitations (méthode de Thiessen)	67

Figure g Hydrogramme de calage, comparaison des débits caculés (Calc) et mesurés (obs) pour l'Ouvèze à Vaison la Romaine (V6052010) -----	71
Figure h restitution des périodes d'étiage (à gauche : 06/1999 à 09/1999 ; à droite 05/1999 à 09/1999) -----	72
Figure i: Hydrogramme de calage du modèle sur le Toulourenc (station de référence V6035010) -----	73
Figure j Restitution des périodes estivales (années 1999 – 2000) pour le modèle calé sur la station du Toulourenc (V6035010) -----	74
Figure k Méthodologie de reconstitution des débits sur le bassin versant -----	78
Figure l: Méthodologie de reconstitution des débits sur l'Ouvèze -----	78
Figure m: Vue d'ensemble des résultats de calcul sur l'Ouvèze -----	80
Figure n: Schéma des relations nappe – rivière dans le secteur du point de calcul 10 -----	81
Figure o: Comparaison entre débits simulés et mesurés -----	89
Figure p: Zone d'étude proposée pour un suivi piézométrique -----	100

Index des tableaux

Tableau 1: Masses d'eau souterraines de l'Ouvèze -----	17
Tableau 2: Stations hydrométriques sur le bassin versant de l'Ouvèze (Source : BD HYDRO) -	26
Tableau 3: Ecart entre débits moyens journaliers et débits instantanés à la station de Toulourenc -----	28

Rappels des principaux objectifs de l'étude – réflexions préliminaires

L'eau est une ressource, et il convient de la partager.

Il s'agit pour cela de caractériser le fonctionnement du bassin versant de l'Ouvèze et de comprendre son fonctionnement, pour évaluer ses ressources en eau et gérer au mieux les prélèvements actuels et futurs des différents acteurs.

Cette compréhension repose, d'une part sur l'estimation de la **ressource « naturelle » du bassin versant**, caractéristique intrinsèque du bassin, ne dépendant que des caractéristiques physiques du milieu (pente, état de surface, organisation du réseau hydrographique, ...), de l'hydrologie *sensus lato* (la pluie, température, évapotranspiration, ...) et de l'hydrogéologie *sensus lato* (nappes, écoulements souterrains ...) ; on parlera à cet égard de **débits non influencés**.

Cette compréhension repose également sur l'estimation du **bilan des prélèvements et des apports**, qui peuvent varier en fonction du mode d'occupation du sol et des activités associées. Compte tenu de ces apports et prélèvements, les débits actuels constatés dans les cours d'eau sont considérés comme des **débits influencés**.

La connaissance des deux débits, non influencés et influencés, en chaque point du réseau hydrographique permet de mettre en place une gestion équilibrée de la ressource en eau.

Cette gestion suppose, en complément des débits, d'acquérir une représentation suffisante du fonctionnement des nappes d'accompagnement, afin de pouvoir lier débits en surface et niveaux piézométriques.

La gestion équilibrée est conduite sur la base de choix concertés, et d'une connaissance scientifique la plus précise possible. Sur ce dernier point, il est important de rappeler que les données existantes permettant d'étayer la connaissance scientifique sont disparates, non continues dans le temps et dans l'espace, et qu'à ce titre les modèles sont entachés d'une **incertitude forte**. Pour autant, les résultats fournis par les simulations sont fondamentaux à trois titres. Ils permettent :

- de **généraliser** les données ponctuelles (dans le temps et dans l'espace) à l'ensemble du bassin versant,
- de réaliser des projections dans le futur (**analyses prospectives**) en intégrant des évolutions possibles, tant climatiques (modification de la pluviométrie, des températures ...) que socioéconomiques (modification des apports et des prélèvements),
- de construire **la meilleure connaissance actuelle du fonctionnement du bassin versant et de la ressource disponible**.

L'incertitude ne peut en aucun cas être un prétexte à la non décision et à la remise en cause systématique ou délibérée des choix. Tout au plus doit-elle accompagner la réflexion partagée sur la gestion de la ressource et encourager l'ensemble des acteurs à améliorer la connaissance.

Rappels des principaux objectifs de la phase 3

L'objet de cette phase d'étude consiste à définir les Impact des prélèvements et quantifier les ressources existantes.

Cela comporte une analyse des étiages et des influences, pour caractériser l'hydrologie et la piézométrie non influencées.

Les principaux objectifs de cette phase sont :

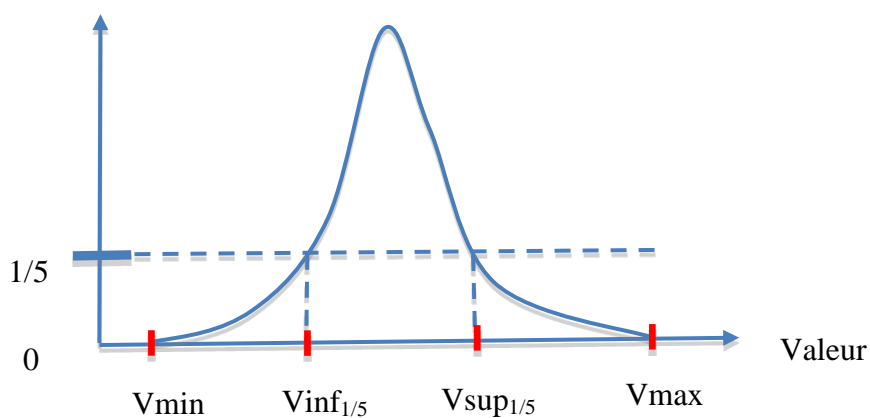
- Évaluer l'écart entre un étiage naturel reconstitué et l'étiage actuel influencé par les prélèvements et les rejets.
- Pour l'ensemble des points de référence, estimer une gamme de débits caractéristiques d'étiage, à minima QMNA, QMNA2, QMNA5, VCN10, VCN10 (2), VCN3, VCN3 (2), VCN3 (5), dixième du module, vingtième du module.
- Faire la distinction de la part des phénomènes naturels et des prélèvements dans les déficits chroniques observés.

Rappels sur la définition de quelques débits caractéristiques demandés :

- **QMNA :**
 - Définition :
« Le débit de référence est défini par le décret nomenclature n°93-743 comme étant le débit moyen mensuel sec de récurrence 5 ans (QMNA 5). Il permet aux services instructeurs d'identifier le régime qui s'applique et d'apprécier les incidences du projet. Le QMNA5 est une notion statistique, correspondant au débit moyen mensuel minimum ayant une chance sur cinq (soit une probabilité de 0,2). Il est communément appelé débit d'étiage quinquennal ».
- **Le Module :**
 - Définition :
Le module est le débit moyen interannuel calculé sur l'année hydrologique et sur l'ensemble de la période d'observation de la station. Ce débit donne une indication sur le volume annuel moyen écoulé et donc sur la disponibilité globale de la ressource. Il a valeur de référence, notamment dans le cadre de l'article L.232-5 du code rural (fixant le débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation, et la reproduction des espèces présentes au moins égal au 1/10 du module).
- **VCNx :** Débits de non dépassement sur x jours consécutifs.
- **Intervalle et probabilité :** les valeurs physiques V auxquelles l'étude se réfère (débit journalier, débit mensuel, débit interannuel ...) sont toutes définies au sein d'un intervalle Vmin et Vmax et associées à une probabilité. L'ensemble des probabilités associées aux valeurs de cet intervalle représente la fonction de distribution de la valeur. Indépendamment de la forme de cette fonction, la somme des probabilités est égale à 1 (toutes les valeurs sont au sein de cet intervalle). Au-delà de V max, la probabilité est nulle (la valeur n'existe pas), de même qu'en deçà de Vmin. Cette fonction de répartition et les probabilités associées permettent de définir des caractéristiques de référence choisie par la puissance publique et les services instructeurs.

- **Quinquennale** : en terme de probabilité, une valeur quinquennale a, chaque année, une probabilité 1/5 d'être « franchie ». Toute valeur peut être franchie « vers le haut » (dépassée), ou « vers le bas » (sous-passée) sur la fonction de distribution, comme on peut le voir sur la figure ci-après. Une telle valeur est franchie, en moyenne, 20 années par siècle. On appelle **par convention** étiage quinquennal, un étiage dont le débit a une probabilité 1/5 d'être franchie (sous-passée) ; c'est-à-dire que les débits inférieurs à l'étiage ont tous des probabilités inférieures à 1/5. Pour un module ou un débit mensuel, par exemple, on utilise les expressions " quinquennal sec " et " quinquennal humide ".
 - Débit quinquennal humide : le débit mensuel interannuel quinquennal humide pour un mois considéré est le débit mensuel qui a une probabilité de 1/5 d'être dépassée chaque année.
 - Débit quinquennal sec QMNA5: le débit mensuel interannuel quinquennal sec pour un mois considéré est le débit mensuel qui a une probabilité de 4/5 d'être dépassée chaque année. Ou en d'autres termes, le débit mensuel interannuel quinquennal sec pour un mois considéré est le débit mensuel qui a une probabilité de 1/5 d'être sous-passée chaque année.

Nota : Dans la suite du document, nous serons amenés à comparer des débits moyens journaliers, des débits instantanés et des débits mensuels. Aussi, semble-t-il opportun de rappeler que les débits mensuels ont une chance sur cinq de ne pas sous-passer (avoir une valeur inférieure) le débit mensuel quinquennal sec chaque année, mais que les débits journaliers ou observés à un instant t peuvent sous-passer cette valeur régulièrement.



Présentation de l'équation de détermination des débits influencés (QI) et non-influencés (QNI)

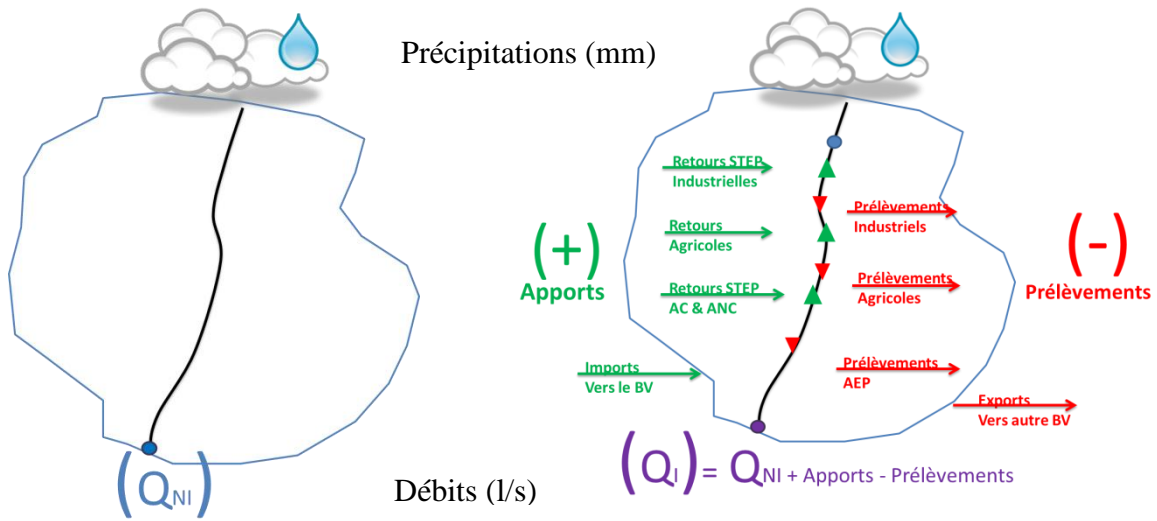
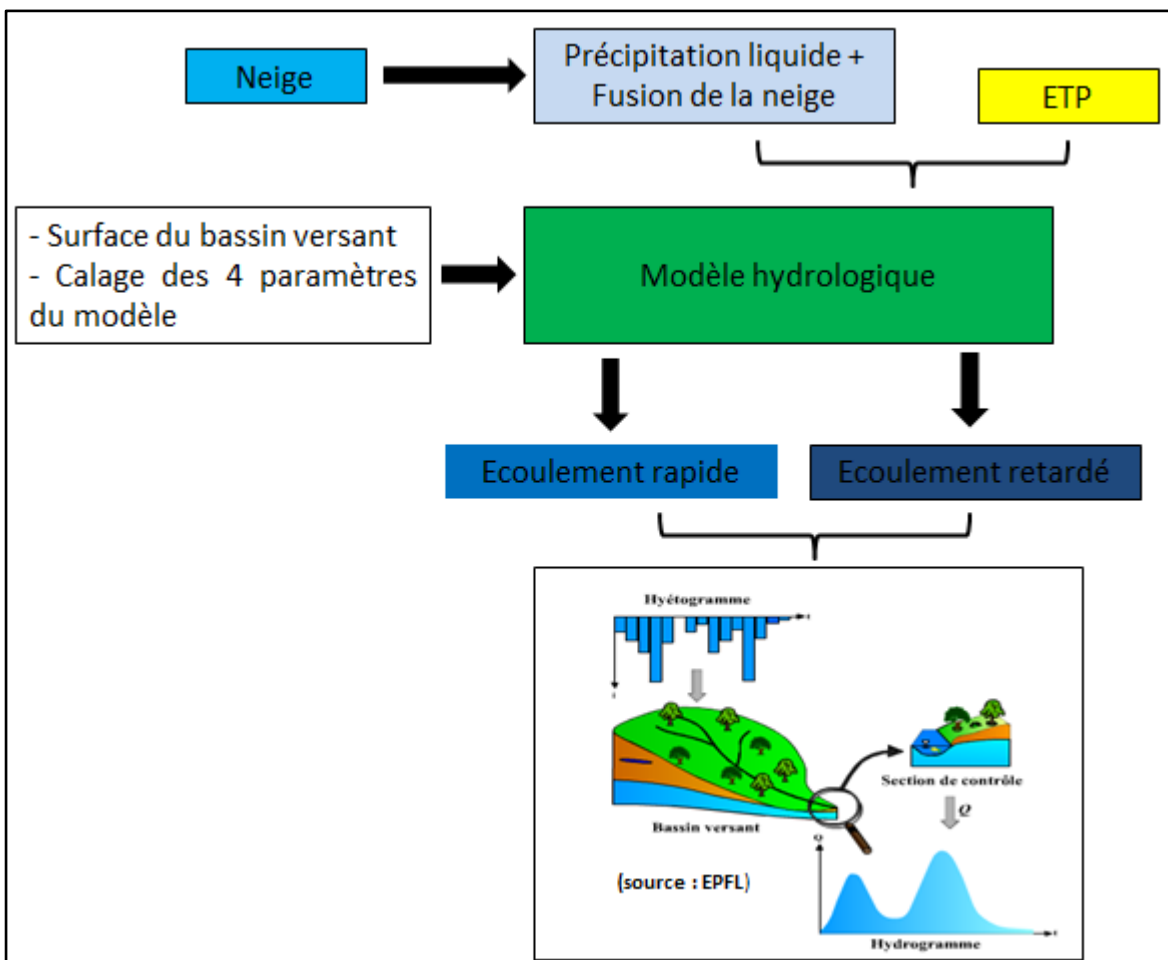


Schéma de principe du modèle hydrologique mise en œuvre



ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX *Bassin de l'Ouvèze*



2010 - 2015

1. Contexte Hydrologique et hydrogéologique

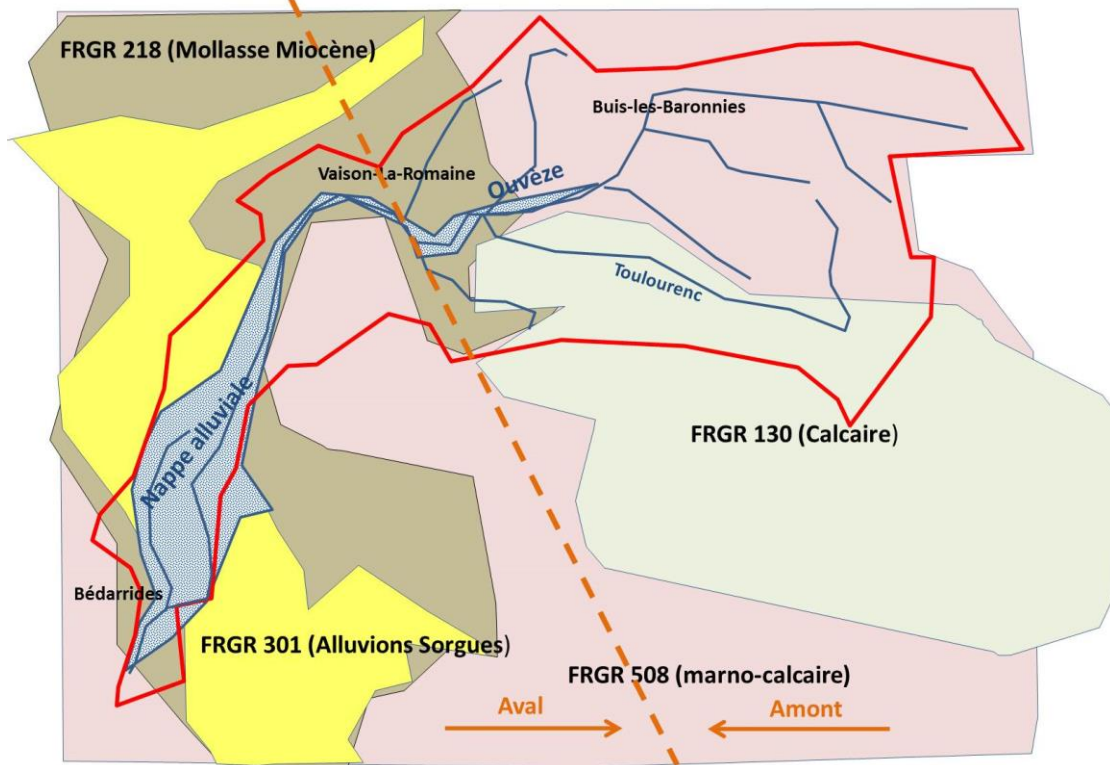
SDAGE
Rhône-Méditerranée



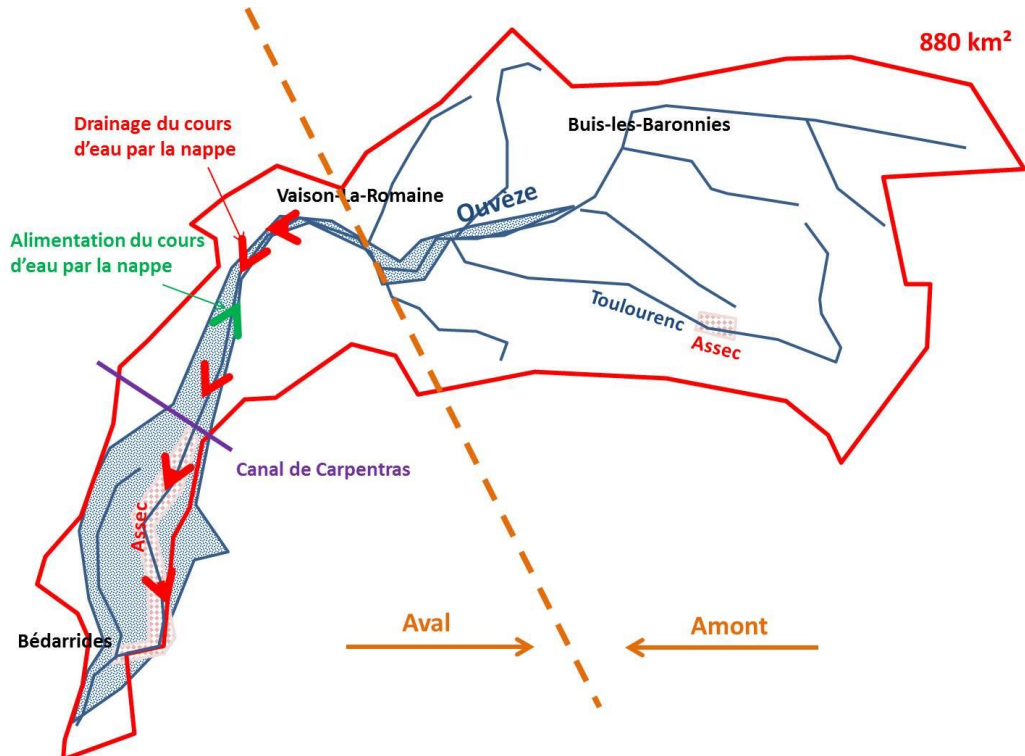
OUVEZE	Phase 3	Chapitre 1
---------------	----------------	-------------------

Fiche de synthèse : Contexte hydrologique et hydrogéologique

Hydrogéologie



Relation Rivières / Nappes



1.1 Contexte hydrographique

L'Ouvèze prend sa source sur le versant ouest de la montagne de Chamouse, à une altitude de 830 m, sur la commune de Montauban-sur-Ouvèze, dans le département de la Drôme. Elle se jette dans le Rhône, après avoir parcouru environ 90 km, au Sud-Ouest de la commune de Sorgues, dans le département du Vaucluse.

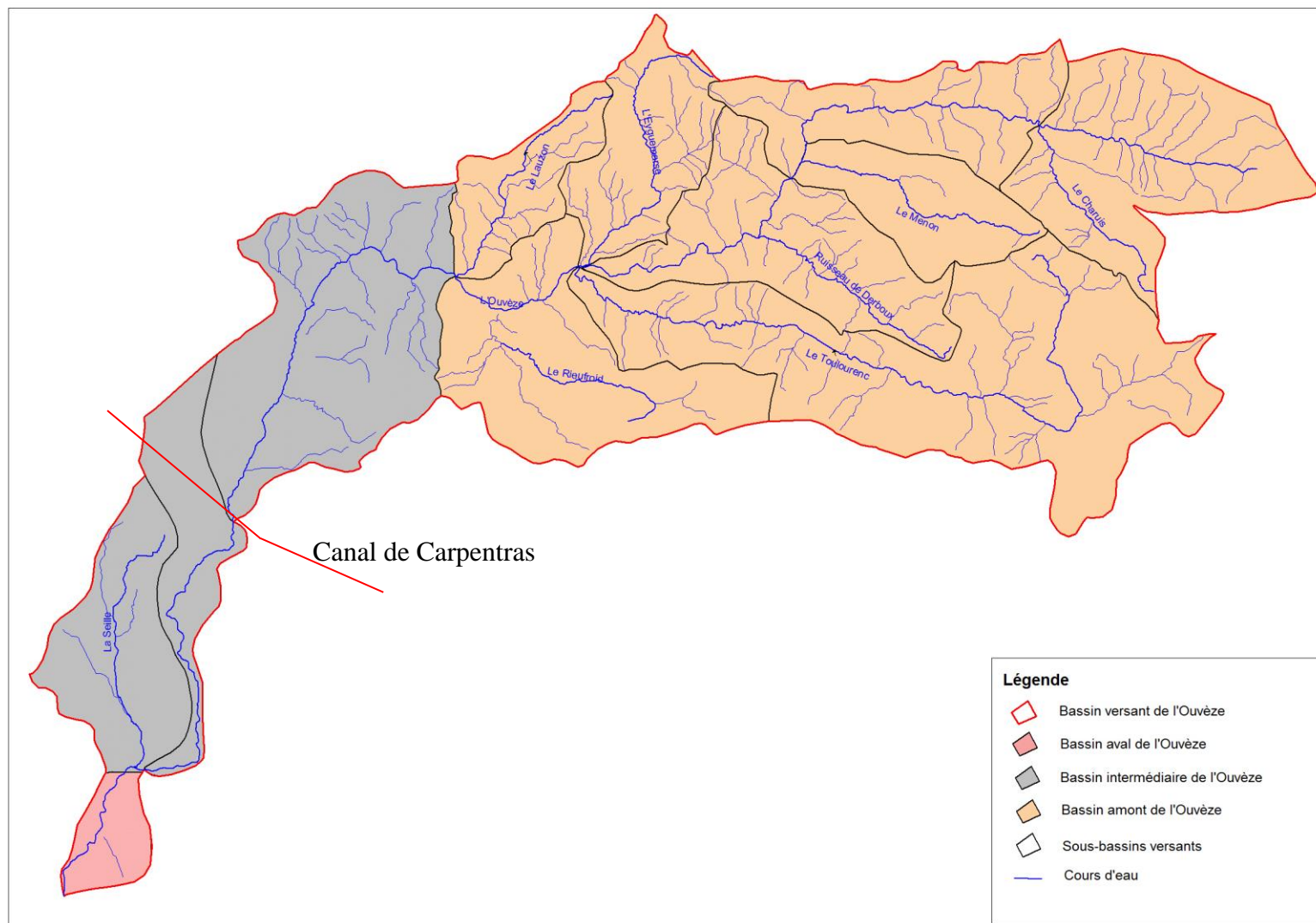
Le découpage du bassin de l'Ouvèze selon le contrat de rivière :

Le bassin versant de l'Ouvèze, a une superficie d'environ **880 km²**. Sur une logique d'aménagement, de restructuration et de gestion, le **contrat de rivière** a découpé ce bassin versant en trois entités :

- **L'Ouvèze amont, de la source à Vaison-la-Romaine.** D'une superficie d'environ 620 km², ce sous-bassin présente une topographie très accidentée avec des rivières qui s'écoulent souvent dans des gorges. Cette partie du bassin versant de l'Ouvèze regroupe les principaux affluents et constitue la zone principale de formation des crues.
- **L'Ouvèze intermédiaire, de Vaison-la-Romaine à Bédarrides.** D'une superficie d'environ 240 km², ce sous-bassin s'étend sur plus de 30 km avec pour principales caractéristiques l'absence notable d'affluents, qui confère à la plaine alluviale une forme filaire.
- **L'Ouvèze aval, de Bédarrides à la confluence avec le Rhône.** D'une superficie d'environ 20 km² entre Bédarrides et le Rhône, il est situé en grande partie dans la zone inondable du Rhône. Une description plus précise de ce découpage, est présentée dans le tableau ci-après (source : contrat de rivière), et sur la carte 1. Un découpage en deux zones a été retenu pour l'étude, qui sera présenté plus loin.

Entités schéma d'aménagement, de restauration et de gestion de l'Ouvèze				Entités DCE	
Sous bassins principaux	Affluents	Lieu de confluence	Superficie (en km ²)	Code masse d'eau	Intitulé masse d'eau
Ouvèze amont De la source à Vaison-la-Romaine			620		
Ouvèze amont			54		
	Charuis	Saint-Auban-sur Ouvèze	32	FRDR2034a	L'Ouvèze de sa source au Menon
	Menon	Buis-les-Baronnies	38		
	Derbous	amont La Penne-sur-Ouvèze	41	FRDR2034b	L'Ouvèze du Menon au Toulourenc
	Eyguemarse	Les 3 rivières (Mollans-sur-Ouvèze)	48		
	Toulourenc	Les 3 rivières (Entrechaux)	201	FRDR391	Le Toulourenc
	Groseau	Crestet	61		
	Lauzon	Vaison-la-Romaine	35		
Bassins diffus intermédiaires			110		
Ouvèze intermédiaire De Vaison-la-Romaine à Bédarrides			240	FRDR390	L'Ouvèze du Toulourenc à la Sorgue
Ouvèze intermédiaire			150		
	Seille	Bédarrides	90		
	Sorgues (S.O. mt Ventoux et Nesque inclus)	Bédarrides	1170	Plusieurs masses d'eau (Sorgues, sud-ouest mont Ventoux, Nesque)	
Ouvèze aval De Bédarrides à la confluence avec le Rhône			20	FRDR383	L'Ouvèze de la Sorgue à la confluence avec le Rhône
Total			880		

Figure a: Les grandes entités du bassin de l'Ouvèze et les principaux sous bassins versant (Contrat de rivière de l'Ouvèze)



Carte 1: Sous-Bassins versants de l'Ouvèze (selon le découpage du contrat de rivière)

1.2 Contexte hydrogéologique

L'hydrogéologie du bassin de l'Ouvèze est relativement complexe.

1.2.1 Les aquifères présents sur le bassin

Les informations suivantes sont extraites du contrat de rivière.

Depuis la source jusqu'à Vaison-la-Romaine, l'Ouvèze traverse **le massif des Baronnies**, territoire qui constitue un ensemble structural complexe et un relief très compartimenté. Les principales dépressions du secteur des Baronnies, qui correspondent à trois grands synclinaux, sont parcourues par l'Ouvèze (synclinal de Montauban), par le Charuis, (synclinal de la Méouge) et par le Toulourenc (synclinal de Montbrun-Jabron). Les petites vallées parfois creusées en gorges par les cours d'eau sont orientées en tous sens.

En aval de Vaison-la-Romaine, l'Ouvèze recoupe, au Nord, **les collines tortoniennes de Roaix – Rasteau** caractérisées par les calcaires argileux du domaine vocontien, et, au Sud, **le massif de Séguret** caractérisé par les calcaires urgoniens.

Au Sud, d'une ligne Rasteau – Séguret, la vallée de l'Ouvèze s'étend largement dans un **bassin sédimentaire** correspondant à une ancienne cuvette en partie comblée par des dépôts de faciès fluviaux saumâtres ou continentaux. L'Ouvèze participe encore aujourd'hui à son comblement progressif au même titre que l'Aygues.

Les propriétés hydrogéologiques des terrains sont conditionnées par leur lithologie et structure. La distribution spatiale des différents types d'aquifères et des diverses manières de les exploiter se superposent donc au schéma de base géographique et géologique.

Les types d'aquifères représentés sur le bassin versant de l'Ouvèze, qui sont fissurés, poreux ou karstiques, se répartissent comme suit :

Les Molasses miocènes du Comtat (FRGR 218) constituent une masse d'eau hétérogène pour partie affleurante.

Et d'autre part, cinq masses d'eau affleurantes :

- FRGR 508 : Formations marno-calcaires et gréseuses dans le bassin versant de la Drôme, du Roubion, de l'Aygues et de l'Ouvèze
- FRGR 301 : Alluvions des plaines des Sorgues et du Comtat
- FRGR 130 : Calcaires urgoniens du plateau de Vaucluse et de la montagne de Lure
- FRGR 324 : Alluvions du Rhône du confluent de l'Isère à la Durance + alluvions de la basse vallée de l'Ardèche
- FRGR 402 : Domaine plissé de haute et moyenne Durance

Le tableau de la page suivante récapitule les caractéristiques globales de systèmes aquifères présents sur le bassin de l'Ouvèze.

Tableau 1: Masses d'eau souterraines de l'Ouvèze

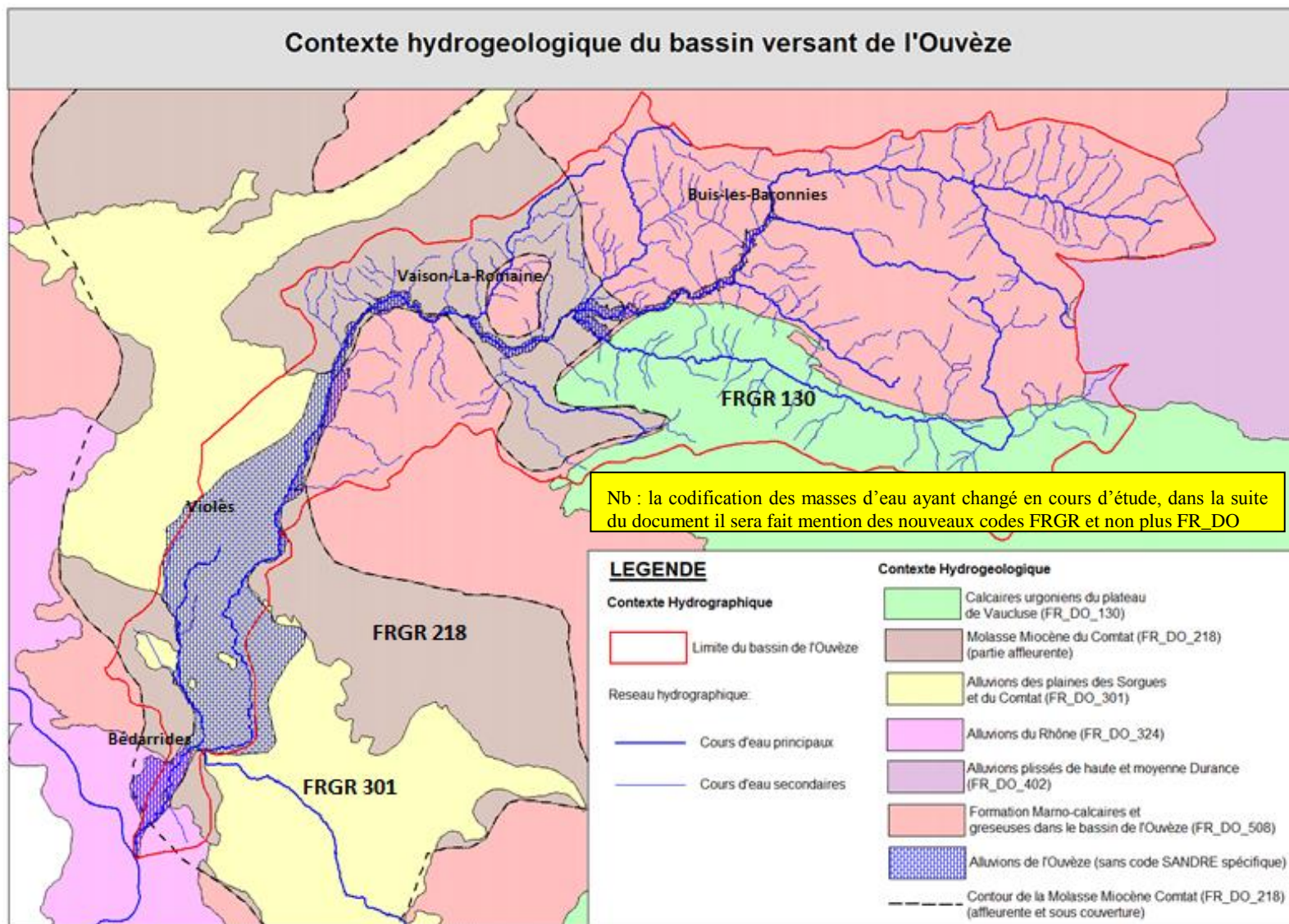
Code	Désignation	Territoire d'extension	Principales caractéristiques		
			Type de nappe	Lithologie dominante	Type d'écoulement
FRGR 130	Calcaires urgoniens du Mont Ventoux et de la Montagne de Lure	Sud-est du bassin	Captive et libre	Calcaires karstiques du crétacé inférieur (urgonien)	Karstiques
FRGR 218	Molasses Miocènes du Comtat	Centre et aval du bassin versant	Libre et captive associée majoritairement captive	Molasses	Poreux
FRGR 301	Alluvion des plaines du Comtat et des Sorgues	Aval du bassin	Libre	Alluvions caillouteuses (galets, graviers, sables)	Poreux
FRGR 324	Alluvions du Rhône du confluent de l'Isère à la Durance + alluvions de la basse vallée de l'Ardèche	Extrémité aval du bassin	Libre	Alluvions caillouteuses (galets, graviers, sables)	Poreux
FRGR 402	Domaine plissé de haute et moyenne Durance	Limite amont du bassin	Libre et captive associée majoritairement libre	Flysch	Fissurés
FRGR 508	Formations marno-calcaires et gréseuses dans les bassins Drôme, Roubion, Eygues, Ouvèze	Amont et centre du bassin	Libre et captive associée majoritairement libre	Pas de dominance : alternance de marnes, argiles, calcaires marneux, sables, grès, calcaires du Crétacé et du Jurassique	Fissurés

À retenir (cf. carte 2) :

Comme nous le verrons tout au long de ce rapport, la nappe FRGR 130 conditionne les apports karstiques en particulier sur le sous-bassin du Toulourenc.

Suite à la phase 2 de cette étude il a été décidé de considérer que la nappe FRGR 218 était déconnectée de l'hydrologie de surface du bassin.

La nappe alluviale de l'Ouvèze en aval est partie intégrante de la nappe FRGR 301, pour laquelle le SDAGE demande un suivi particulier.



Carte 2 : Géologie du bassin versant de l'Ouvèze

1.2.2 Les nappes alluviales et apports directs

Aux masses d'eau codifiées par les référentiels français (cf. tableau 1), il faut rajouter les nappes alluviales, autrement appelées nappes d'accompagnement, des différents cours d'eau. Elles sont représentées dans leur ensemble sur la carte 3. À notre connaissance, seule l'étude IPSEAU 2004 (DDT 84) et les travaux du BRGM en cours (synthèse régionale de l'hydrogéologie en PACA) proposent une délimitation des nappes d'accompagnement de l'Ouvèze et de ses affluents.

Selon ces sources il existe deux nappes d'accompagnement significatives sur le bassin versant :

➤ **La nappe d'accompagnement de l'Ouvèze :**

- La nappe est drainée par la rivière, sauf entre Jonquières et Bédarrides où les courbes piézométriques traduisent une alimentation par l'Ouvèze. Nous verrons dans la suite du document (cf. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** page **Erreur ! Signet non défini.**), que ce drainage commence dès Vaison-la-Romaine. Cette situation explique les assecs prolongés dans ce secteur, auxquels l'Ouvèze est régulièrement soumise, en période estivale. Par ailleurs, en rive droite vers Jonquières, la nappe donne naissance au cours de la Seille. Cette rivière joue donc le rôle de drain pour les eaux souterraines, au détriment de l'Ouvèze. La Seille restitue son débit à l'Ouvèze à Bédarrides, après avoir drainé le secteur marécageux de Courthézon. De Bédarrides au Rhône, la nappe d'accompagnement de l'Ouvèze est confondue avec la nappe alluviale du Rhône, et indépendante de la rivière.
- L'Ouvèze et ses affluents (Lauzon en rive droite) assurent le drainage la nappe des « safres ».

➤ **La nappe d'accompagnement du Toulourenc :**

Une zone d'infiltration dans la nappe alluviale du Toulourenc a pu être constatée lors d'une visite de terrain sur la commune de Brantes (correspondant à un élargissement de la nappe), avec une restitution en aval au niveau d'un verrou glaciaire. Cette zone est responsable d'un assec récurrent (ce point sera précisé au paragraphe 3.4)

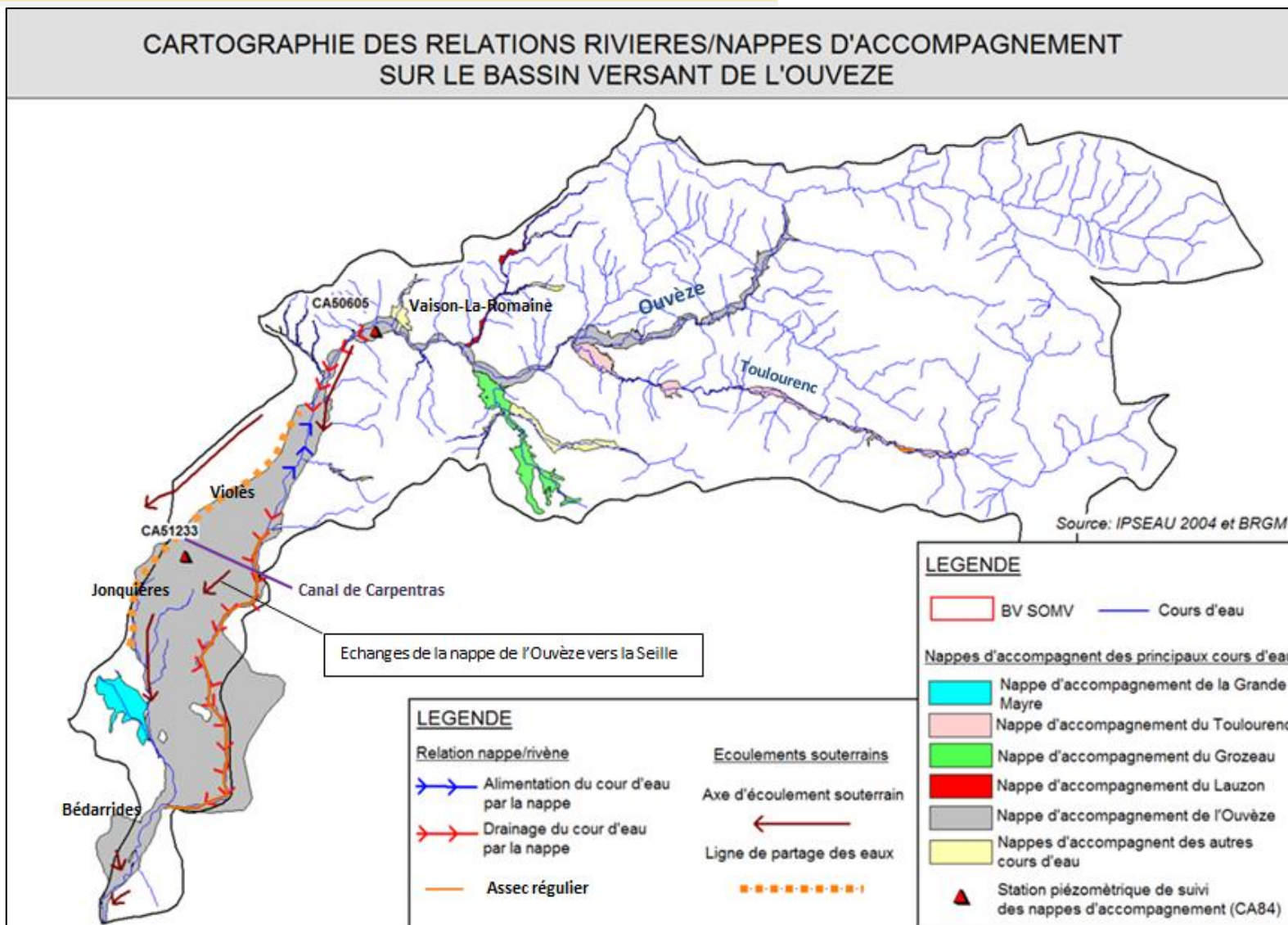
Remarque :

Aux nappes alluviales, s'ajoutent les apports de différentes sources. C'est le cas notamment des apports des calcaires du Mont-Ventoux sur le Toulourenc (les plus importantes sont la source de notre Dame, la source du moulin Morin).

Le caractère essentiellement karstique en surface, ne permet pas aux cours d'eau de disposer de nappes d'accompagnement importantes.

À retenir (cf. carte 3) :

Les deux cours d'eau principaux, Ouvèze et le Toulourenc, sont sujets à des assecs naturels. Concernant l'Ouvèze, ces assecs sont dus à un élargissement de la nappe, avec des débits naturels insuffisants pour compenser le drainage de la nappe. Ce drainage remonte jusqu'à Vaison-la-Romaine et non pas uniquement jusqu'à Violés. Pour le Toulourenc, l'assec est dû à une discontinuité géologique et topographique locale.



Carte 3 : Relations rivières/nappes d'accompagnement sur le bassin versant de L'Ouvèze

ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX *Bassin de l'Ouvèze*



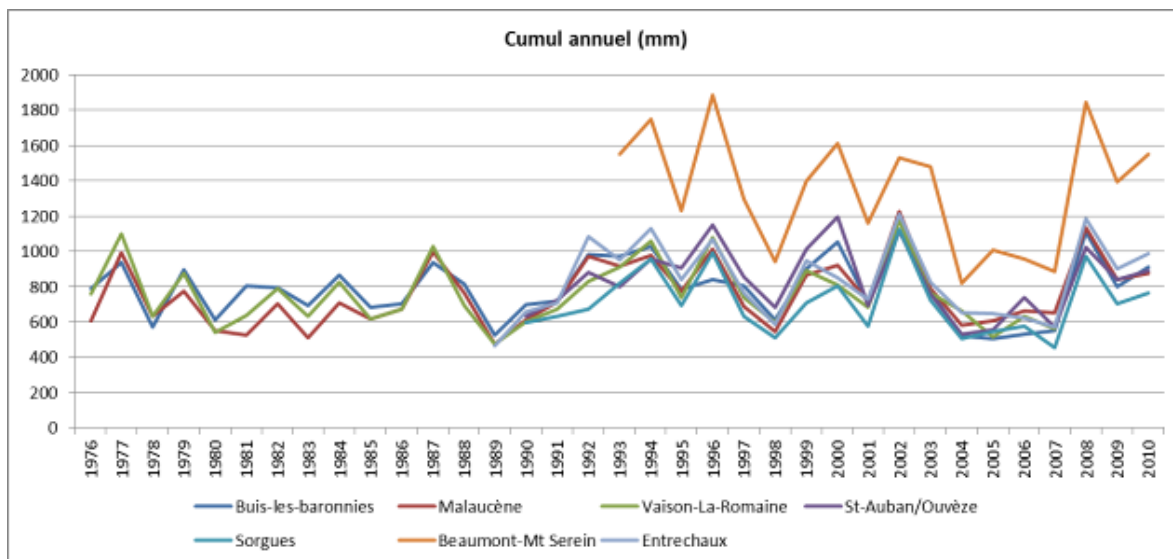
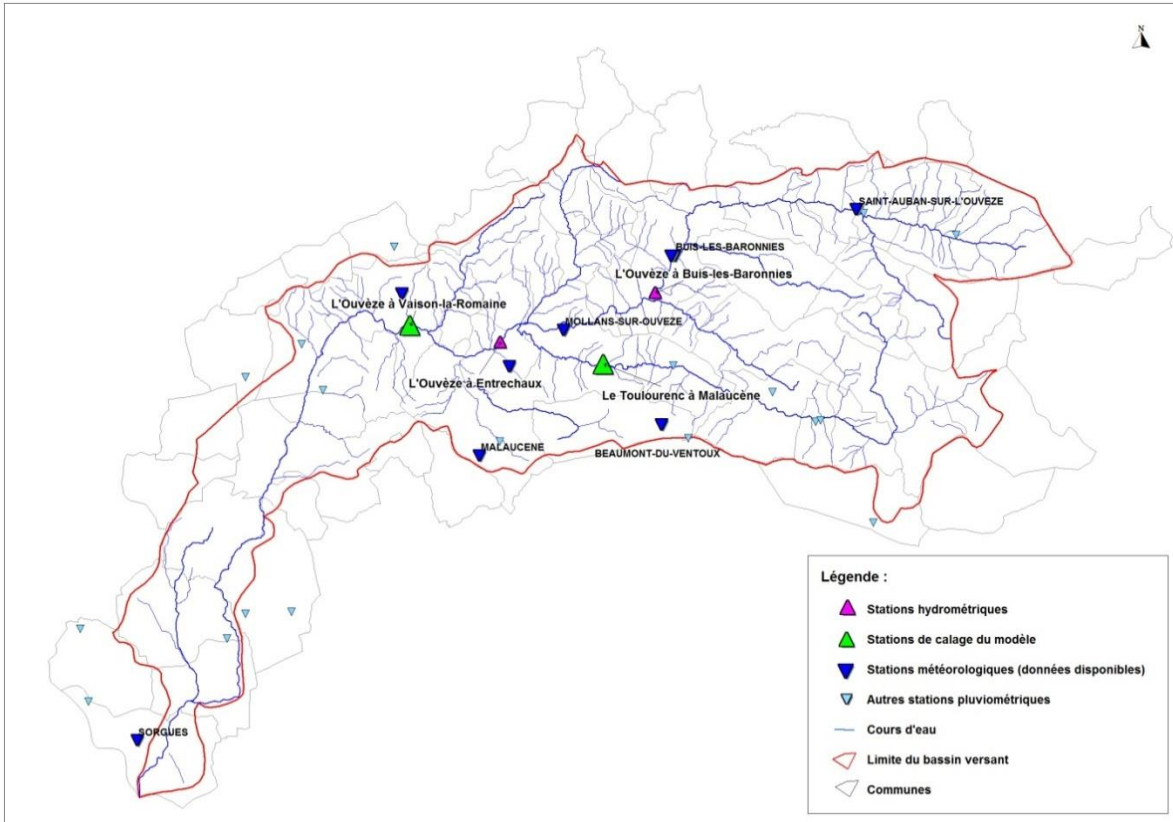
SDAGE
Rhône-Méditerranée

2. Les réseaux de mesures hydro-climatiques sur le bassin de l'Ouvèze



<i>OUVEZE</i>	<i>Phase 3</i>	<i>Chapitre 2</i>
<i>Fiche de synthèse : Les réseaux de mesures hydro-climatiques sur le bassin versant de l'Ouvèze</i>		
Points majeurs :		Renvois
<i>Objectifs :</i> Identifier les stations de mesures hydrométriques qui seront retenues pour le calage du modèle hydrologique Caractériser la pluviométrie sur le bassin versant et définir la pertinence des stations de mesures climatiques.		Données fournies par SANDRE (BD HYDRO), la DREAL PACA, SPC GD.
<i>Constat :</i> Les stations hydrométriques, prévues pour les mesures de débits de crues, s'avèrent mal adaptées à des mesures d'étiage et souffrent parfois d'un manque d'entretien. Les stations du Hameau de Veaux sur le Toulourenc et de Vaison-La-Romaine sur l'Ouvèze seront les seules utilisées pour la reconstitution de l'hydrologie. Elles présentent notamment des hydrogrammes bien calés pour les étiages. Une analyse des courbes de tarissement respectives monte une très bonne corrélation entre les deux stations retenues. Les stations de Buis-les-Baronnies et de Roaix sont écartées du fait de l'indisponibilité d'une longue série de données validées par des jaugeages ponctuels de contrôle. La station d'Entrechaux n'est pas retenue car sous influence très forte des prises d'eau et des rejets agricoles. Même si après 2007, le bassin a été doté de stations météorologiques complémentaires, il convient de fiabiliser les mesures d'évapotranspiration. La station de Carpentras a été retenue comme caractéristique de l'évapotranspiration du bassin versant. La station climatique de Beaumont-Mont-Serein, n'est pas représentative du bassin de l'Ouvèze. Le gradient topographique sur les pluies du bassin de l'Ouvèze est faible. La période 2004 – 2007 est une période sèche. La période 1998 à 2000 utilisée pour le calage des modèles est pertinente au vu des précipitations : la phase d'initialisation du modèle (1998) est particulièrement sèche, et les deux années de calage 1999 et 2000 sont représentatives des précipitations moyennes sur le bassin versant (1999 : moyenne ; 2000 : pluvieuse). Les mois déficitaires en pluie, sont généralement compris entre avril et juillet.		Page 26 Page 27 Page 26 Page 35 Page 36 Page 36
<i>Hypothèses retenues :</i> /		
<i>Incidence sur le choix des valeurs réglementaires :</i> /		
<i>Besoins et suites à donner :</i> Adapter les stations de mesures hydrométriques à des mesures de débits d'étiage. Améliorer le réseau de mesures pluviométriques pour l'évapotranspiration.		

Fiche de synthèse : Les réseaux de mesures hydro-climatique sur le bassin versant de l'Ouvèze



2.1 Les stations hydrométriques

2.1.1 Les stations présentes sur le bassin versant

Cinq stations hydrométriques disposent de données enregistrées sur le bassin versant. Les années disponibles sont parfois limitées et la fiabilité des données est faible dans l'ensemble :

- Station de l'Ouvèze à Buis-les-Baronnies, (SPC Grand Delta) : 2007-2012.
- Station de l'Ouvèze à Entrechaux, (DREAL PACA, SPC Grand Delta) : 2002-2012.
- Station du Toulourenc à Malaucène (DREAL PACA, SPC Grand Delta) : 1968 – 2012.
- Station de l'Ouvèze à Vaison-la-Romaine (DREAL PACA, SPC Grand Delta) : 1970 – 2012.
- Station de L'Ouvèze à Roaix (DREAL PACA, SPC Grand Delta).

Pour chacune de ces stations, il est indiqué en rouge les critères qui les rendent inappropriées dans le cadre d'une modélisation hydrologique.

Code de la station	Libellé de la station	Données	Validation des données	Observations sur l'état actuel ¹
V6022010	L'Ouvèze à Buis-les-Baronnies [Hameau de Cost]	Non disponible	2007 à 2009 ; 2011 - 2012	Le lit a bougé pour cause de travaux. Station non opérationnelle.
V6042010	L'Ouvèze à Entrechaux [Pont Saint Michel]	2003 - 2012	2007	Un barrage individuel empêche une bonne mesure. Station sous influence très forte des prises d'eau et rejets agricoles qui faussent les mesures.
V6051010	L'Ouvèze à Roaix	Non disponible		Lit mouvant, création d'îlots. Tranchée faite par un irriguant pour sa prise d'eau (totalité détournée; canal Roaix - Rastau). Mouvement de la station vers l'amont, prévu pour 2012.
V6052010	L'Ouvèze à Vaison-la-Romaine	1971 - 2002	1972-2000 2001 : Douteux ; 2009-2012 provisoires	Pas de seuil ; mesures peu fiables. Inutilisable pour les basses eaux.
V6035010	Le Toulourenc à Malaucène [Veaux]	1970 - 2012	1976-2001 ; 2003-2006;2010-2011	Station de référence. Mais présence de barrages estivants.

Tableau 2: Stations hydrométriques sur le bassin versant de l'Ouvèze (Source : BD HYDRO)

À retenir :

Les stations du Hameau de Veaux sur le Toulourenc et de Vaison-La-Romaine sur l'Ouvèze seront les seules utilisées pour la reconstitution de l'hydrologie. Les stations de Buis-les-Baronnies et de Roaix sont écartées du fait de l'indisponibilité d'une longue série de données validées par des jaugeages ponctuels de contrôle. La station d'Entrechaux n'est pas retenue car sous influence très forte des prises d'eau et des rejets agricoles.

¹ Ces observations sont basées sur le témoignage des techniciens en charge de l'entretien des stations.

2.1.2 Les stations retenues pour la reconstitution hydrologique

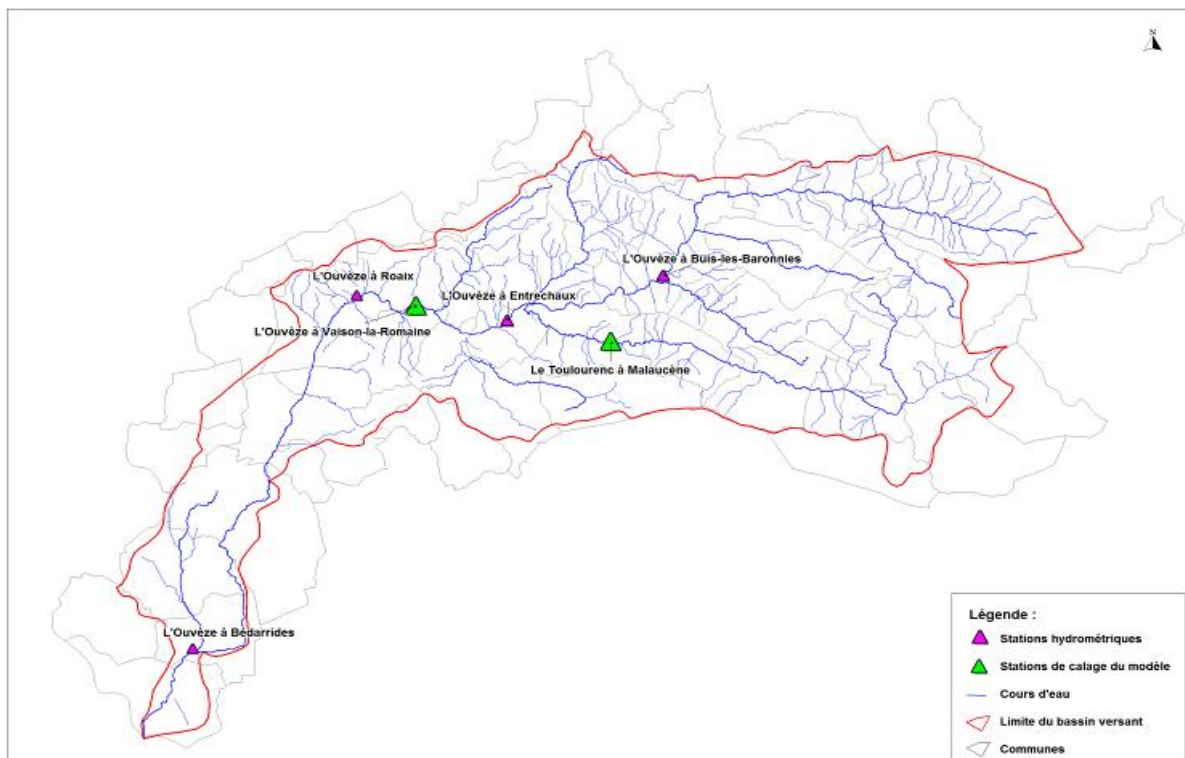
Les deux stations hydrométriques retenues pour le calage du modèle hydrologique disposent de données journalières et de jaugeages ponctuels de contrôle. Une échelle limnimétrique permet de mesurer les hauteurs d'eau et une courbe de tarage est exploitée pour extrapoler les débits.

Leur exploitation est assurée par le Service de Prévision des Crues du Grand Delta (SCP- GD) depuis 2009 (exploitation par la DREAL jusqu'en 2008).

Plusieurs campagnes de jaugeages entreprises par la DREAL et le SCP-GD dans le cadre du suivi annuel des stations hydrométriques, ont permis de proposer une comparaison entre des débits instantanés mesurés et les débits moyens journaliers mesurés par la station. Les jaugeages dont il sera fait mention dans la suite du document seront des données issues de ces deux organismes, sauf lorsque qu'il est explicitement précisé l'auteur du jaugeage.

Remarque :

Les débits ciblés par la DREAL ou le SCP-GD ne sont pas les débits d'étéage, l'objectif de la mise en place du dispositif de mesure visant la gestion des crues sur le bassin. Les stations n'ont donc pas vocation à retranscrire correctement les débits d'étéage.



Carte 4 : Localisation des stations hydrométriques

On présente ci-après une évaluation de la qualité des mesures des deux stations retenues.

2.1.2.1 La station du Toulourenc à Malaucène

2.1.2.1.1 Évaluation de la qualité de la station de mesure

Une notation de la qualité de restitution de la station (au moment de la mesure) est proposée sur la base des règles suivantes.

Très mauvais	Ecart $\geq 50\%$
Mauvais	$25\% \leq \text{Ecart} < 50\%$
Acceptable	$15\% \leq \text{Ecart} < 25\%$
Bon	$5\% \leq \text{Ecart} < 15\%$
Excellent	Ecart $< 5\%$

LEGENDE

Tableau 3: Ecart entre débits moyens journaliers et débits instantanés à la station de Toulourenc

Date	Débit moyen journalier (l/s)	Mesure de débit instantané (l/s)	Ecart (%)	Qualité
06/02/1991	390,00	1880,00	79%	Très mauvais
20/02/1991	1880,00	2450,00	23%	Acceptable
19/03/1991	2400,00	1360,00	-76%	Très mauvais
02/04/1991	1350,00	721,00	-87%	Très mauvais
17/04/1991	710,00	488,00	-45%	Mauvais
30/04/1991	490,00	322,00	-52%	Très mauvais
15/05/1991	320,00	246,00	-30%	Mauvais
29/05/1991	250,00	230,00	-9%	Bon
12/06/1991	230,00	123,00	-87%	Très mauvais
27/06/1991	160,00	100,00	-60%	Très mauvais
10/07/1991	120,00	117,00	-3%	Excellent
24/07/1991	110,00	92,00	-20%	Acceptable
07/08/1991	90,00	64,00	-41%	Mauvais
22/08/1991	65,00	55,00	-18%	Acceptable
04/09/1991	55,00	74,00	26%	Mauvais
18/09/1991	75,00	2280,00	97%	Très mauvais
16/10/1991	2300,00	911,00	-152%	Très mauvais
30/10/1991	900,00	1500,00	40%	Mauvais
27/11/1991	1500,00	480,00	-213%	Très mauvais
12/02/1998	677,00	304,00	-123%	Très mauvais
25/03/1998	148,00	807,00	82%	Très mauvais
18/05/1998	1050,00	315,00	-233%	Très mauvais
01/07/1998	313,00	237,00	-32%	Mauvais
15/07/1998	226,00	136,00	-66%	Très mauvais
02/09/1998	146,00	1750,00	92%	Très mauvais
30/09/1998	546,00	106,00	-415%	Très mauvais
17/11/1998	108,00	780,00	86%	Très mauvais
14/01/1999	797,00	9690,00	92%	Très mauvais
18/01/1999	10700,00	1320,00	-711%	Très mauvais
09/03/1999	1390,00	685,00	-103%	Très mauvais
18/05/1999	631,00	134,00	-371%	Très mauvais

Date	Débit moyen journalier (l/s)	Mesure de débit instantané (l/s)	Ecart (%)	Qualité
20/07/1999	173,00	93,00	-86%	Très mauvais
01/09/1999	96,60	35700,00	100%	Très mauvais
21/10/1999	21000,00	940,00	-2134%	Très mauvais
23/12/1999	1010,00	279,00	-262%	Très mauvais
15/03/2000	295,00	331,00	11%	Bon
27/06/2000	269,00	122,00	-120%	Très mauvais
29/08/2000	137,00	14700,00	99%	Très mauvais
17/10/2000	16100,00	6560,00	-145%	Très mauvais
26/12/2000	6550,00	1430,00	-358%	Très mauvais
15/01/2003	1800,00	451,00	-299%	Très mauvais
24/03/2003	449,00	303,00	-48%	Mauvais
18/06/2003	324,00	284,00	-14%	Bon
22/07/2003	259,00	118,00	-119%	Très mauvais
11/09/2003	253,00	2950,00	91%	Très mauvais
13/11/2003	2590,00	29900,00	91%	Très mauvais
03/12/2003	36100,00	1160,00	-3012%	Très mauvais
14/02/2007	595,00	238,00	-150%	Très mauvais
04/04/2007	246,00	134,00	-84%	Très mauvais
30/07/2007	131,00	116,00	-13%	Bon
30/08/2007	125,00	94,00	-33%	Mauvais
26/09/2007	127,00	81,00	-57%	Très mauvais
30/10/2007	136,00	307,00	56%	Très mauvais
27/11/2007	320,00	160,00	-100%	Très mauvais
17/12/2007	197,00	1620,00	88%	Très mauvais
28/01/2010	3530,00	5432,00	35%	Mauvais
08/02/2010	5250,00	9069,00	42%	Mauvais
23/02/2010	8950,00	2229,00	-302%	Très mauvais
29/03/2010	1820,00	4057,00	55%	Très mauvais
12/04/2010	4300,00	650,00	-562%	Très mauvais
10/06/2010	694,00	647,00	-7%	Bon
23/07/2010	516,00	184,00	-180%	Très mauvais
05/08/2010	452,00	173,00	-161%	Très mauvais
12/08/2010	249,00	177,00	-41%	Mauvais

Nota : Ce tableau est une comparaison des débits moyens journaliers et des débits instantanés, ce qui peut expliquer certains écarts surtout en période orageuse.

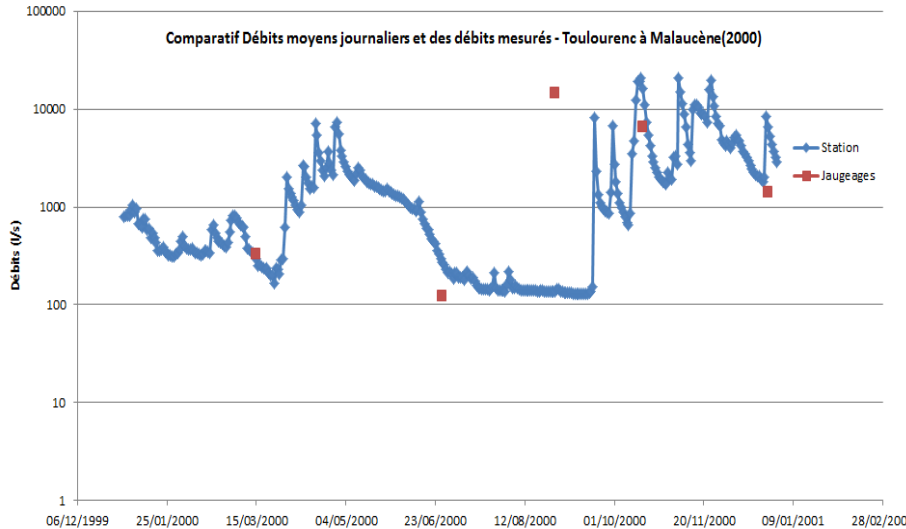
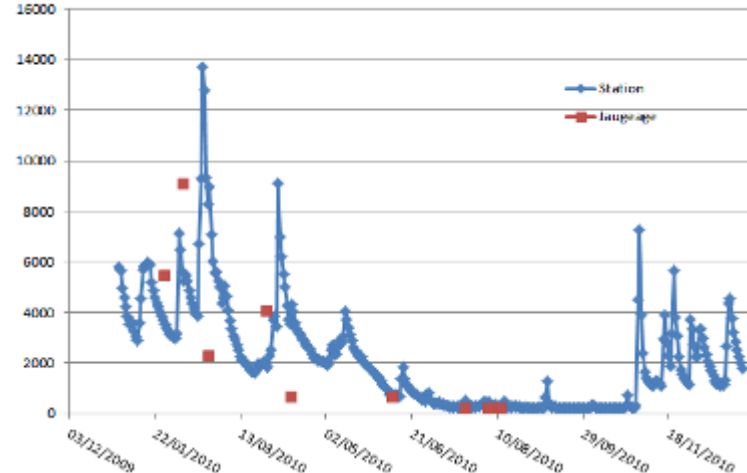
À retenir :

Les comparaisons brutes entre des débits moyens journaliers et instantanés, ne permettent pas de statuer sur la pertinence de la station ; le choix doit être complété par l'analyse des hydrogrammes.

2.1.2.1.2 Analyse de la station pour les campagnes d'étiage :

Une comparaison des chroniques de débits moyens journaliers et débits mesurés a été réalisées sur des années clés (années sèches).

Campagne de jaugeages	Comparaison Chroniques de débits moyens journaliers et débits mesurés (V6035010 – Le Toulourenc)
<p>1991 : Des écarts supérieurs à 25% entre les valeurs mesurées et les débits moyens journaliers sont constatés. A l'exception de 5 campagnes où les écarts peuvent être inférieurs à 10%.</p>	
<p>1998 : Des écarts supérieurs à 30% avec un débit minimal jaugé de 106l/s pour un écart de 415%.</p>	
<p>1999 : Les écarts pour toutes les campagnes sont supérieurs 85 %, avec un débit minimum jaugé de 93 l/s.</p>	<p>Comparatif Débits moyens journaliers et des débits mesurés - Toulourenc à Malauçène(1999)</p>

Campagne de jaugages	Comparaison Chroniques de débits moyens journaliers et débits mesurés (V6035010 – Le Toulourenc)
<p>2000 : Les écarts pour quatre campagnes sur cinq sont supérieurs à 90%, avec un débit minimum jaugé de 122 l/s (écart 122%). La mesure du 15/03/2000 affiche un écart de 11%.</p>	
<p>2010 : Les écarts pour les campagnes dépassent largement les 30% avec un débit minimum jaugé de 173 l/s (écart de 161%). A l'exception de la mesure du 10/06/2010 qui affiche un écart de 7%.</p>	

Nota : Il ne faut pas perdre de vue que nous comparons des débits instantanés et des débits moyens journaliers

Remarque :

Les mesures réalisées font apparaître une difficulté d'extrapolation des débits (surestimation/sous-estimation) avec des écarts qui peuvent atteindre plus 200%. Mais ces écarts concernent plus particulièrement les hauts débits, les débits d'étiage étant bien mieux retranscrits.

À retenir :

La station du Toulourenc est pertinente pour l'étude, car elle retranscrit relativement bien les débits d'étiage.

2.1.2.2 La station de l'Ouvèze à Vaison-La-Romaine

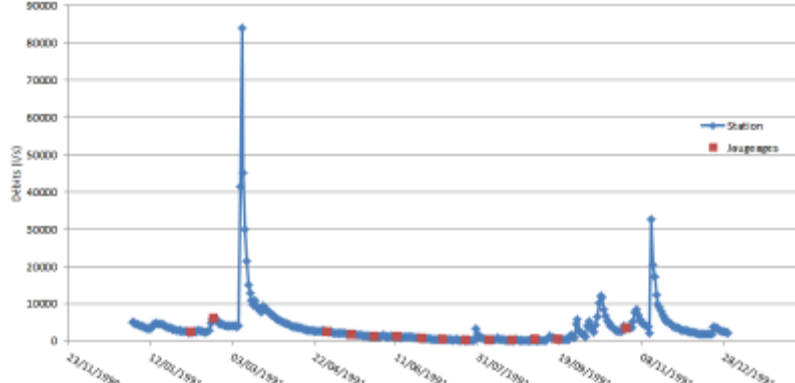
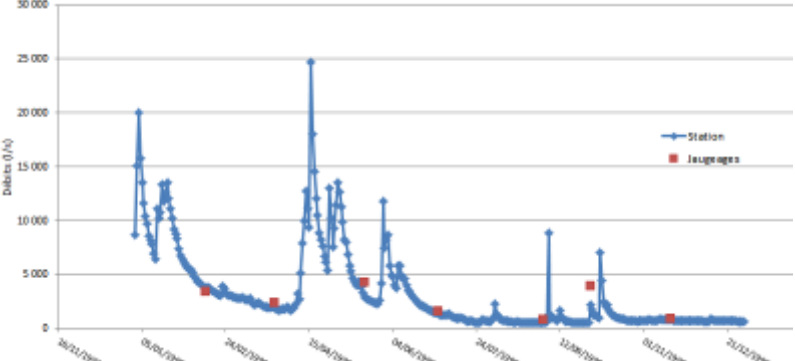
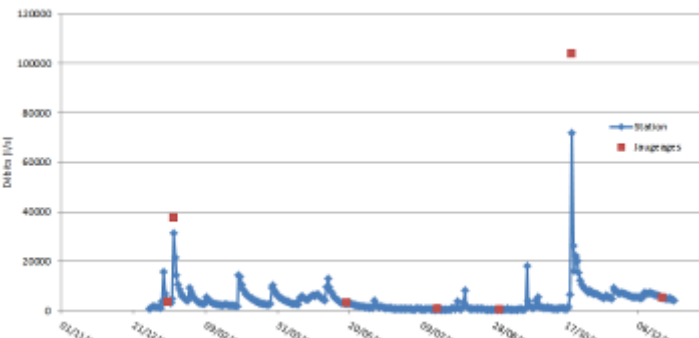
2.1.2.2.1 Évaluation de la qualité de la station de mesure

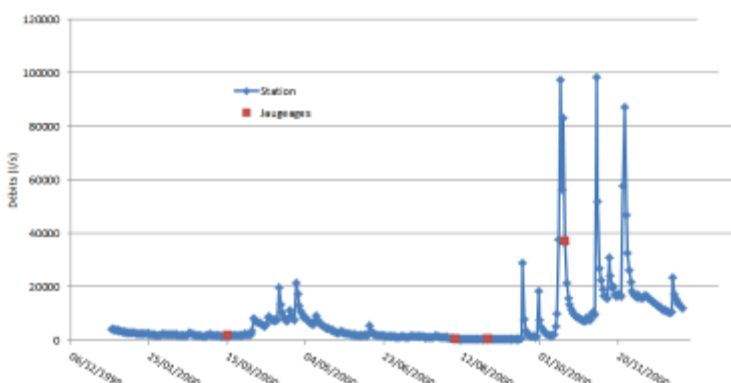
Date	Débit moyen journalier (l/s)	Mesure de débit instantané (l/s)	Ecart (%)	Qualité
06/02/1991	390	2420,00	84%	Très mauvais
20/02/1991	1880	6160,00	69%	Très mauvais
30/04/1991	490	2360,00	79%	Très mauvais
15/05/1991	320	1710,00	81%	Très mauvais
29/05/1991	250	1180,00	79%	Très mauvais
12/06/1991	230	1060,00	78%	Très mauvais
27/06/1991	160	657,00	76%	Très mauvais
10/07/1991	120	357,00	66%	Très mauvais
24/07/1991	110	167,00	34%	Mauvais
07/08/1991	90	166,00	46%	Mauvais
21/08/1991	65	219,00	70%	Très mauvais
04/09/1991	55	380,00	86%	Très mauvais
18/09/1991	75	480,00	84%	Très mauvais
30/10/1991	900	3480,00	74%	Très mauvais
12/02/1998	3810	3470,00	-10%	Bon
25/03/1998	1950	2390,00	18%	Acceptable
18/05/1998	2940	4330,00	32%	Mauvais
01/07/1998	1460	1660,00	12%	Bon
02/09/1998	582	810,00	28%	Mauvais
30/09/1998	2250	3960,00	43%	Mauvais
17/11/1998	808	927,00	13%	Bon
14/01/1999	3800	3350,00	-13%	Acceptable
18/01/1999	31500	37300,00	16%	Acceptable
18/05/1999	2710	3110,00	13%	Bon
20/07/1999	502	607,00	17%	Acceptable
01/09/1999	460	524,00	12%	Bon
21/10/1999	71900	104000,00	31%	Mauvais
23/12/1999	5200	5300,00	2%	Excellent
15/03/2000	1480	1810,00	18%	Acceptable
08/08/2000	551	553,00	0%	Excellent
29/08/2000	378	366,00	-3%	Excellent
17/10/2000	36400	37000,00	2%	Excellent
22/10/2009	3210	5300,00	39%	Mauvais
28/01/2010	7070	9457,00	25%	Mauvais
19/02/2010	24600	52400,00	53%	Très mauvais
22/02/2010	13600	20800,00	35%	Mauvais
04/03/2010	14400	23400,00	38%	Mauvais
29/03/2010	6190	9199,00	33%	Mauvais
14/04/2010	8290	17300,00	52%	Très mauvais
08/12/2010	10400	10202,00	-2%	Excellent

Nota : Ce tableau est une comparaison des débits moyens journaliers et des débits instantanés, ce qui peut expliquer certains écarts surtout en période orageuse.

Les correspondances entre jaugeages et mesures de la station de Vaison-La-Romaine sur l'Ouvèze, sont meilleures que celles de la station du Toulourenc.

2.1.2.2.2 Analyse pour les campagnes d'étiage :

Campagne de jaugeages	Comparaison Chroniques de débits moyens journaliers et débits mesurés
<p>1991 : Des écarts supérieurs à 30% entre les valeurs mesurées et les débits moyens journaliers sont constatés.</p>	
<p>1998 : Des écarts inférieurs à 30% sauf pour les deux jaugeages du 18/05/1998, et 30/09/1998 où les débits instantanés dépassent de plus de 30% les débits mesurés.</p>	
<p>1999 : Les écarts pour les six campagnes sur sept sont inférieurs à 20 %, avec un débit minimum jaugé de 524 l/s. Pour la campagne du 21/10/1999, l'écart entre débits moyens journaliers et débits jaugés est de plus de 30%.</p>	

Campagne de jaugeages	Comparaison Chroniques de débits moyens journaliers et débits mesurés
<p>2000 : Les écarts pour les quatre campagnes sont inférieurs à 20 %, avec un débit minimum jaugé de 366 l/s.</p>	

Nota : Il ne faut pas perdre de vue que nous comparons des débits instantanés et des débits moyens journaliers

Remarques:

Comme pour le Toulourenc, les forts écarts constatés, concernent les hauts débits, les écarts étant plus faibles pour les valeurs d'étiage.

À retenir :

Comme pour le Toulourenc, les hydrogrammes de la station de Vaison-la-Romaine sont bien calés pour les étiages.

Une analyse des courbes de tarissement montre une très bonne corrélation entre les deux stations de Vaison-la-Romaine et du Toulourenc. Ceci renforce la pertinence de leur choix pour le calage des modèles.

2.2 Les stations climatologiques

Les données météorologiques de 7 stations climatologiques présentes sur le bassin versant ont pu être recueillies grâce au concours de la DREAL PACA. Ces données sont néanmoins discontinues dans le temps.

Producteur	Nom station	Altitude (m)	Données mesurées	Données acquises
Météo France	Sorgues	28	Pluie (jour)	1989 -2010
Météo France	Vaison La Romaine	240	Pluie, T°c, ETP (jour)	1976 - 2007
Météo France	Entrechaux	285	Pluie (jour)	1989 -2010
Météo France	Malaucène	340	Pluie (jour)	1976 -2010
Météo France	Buis-les-Baronnies	420	Pluie, T°c, ETP (jour)	1976 -2010
Météo France	St-Auban/Ouvèze	625	Pluie, T°c , ETP (jour)	1989 -2010
Météo France	Beaumont-Mt Serein	1445	Pluie, T°c (jour)	1992 - 2010

Nota : ETP : Evapotranspiration potentielle.

Les résultats de l'analyse pluviométrique sont résumés ci-après pour l'ensemble des stations. Pour plus d'informations, une analyse de la pluviométrie par station est disponible en annexe.

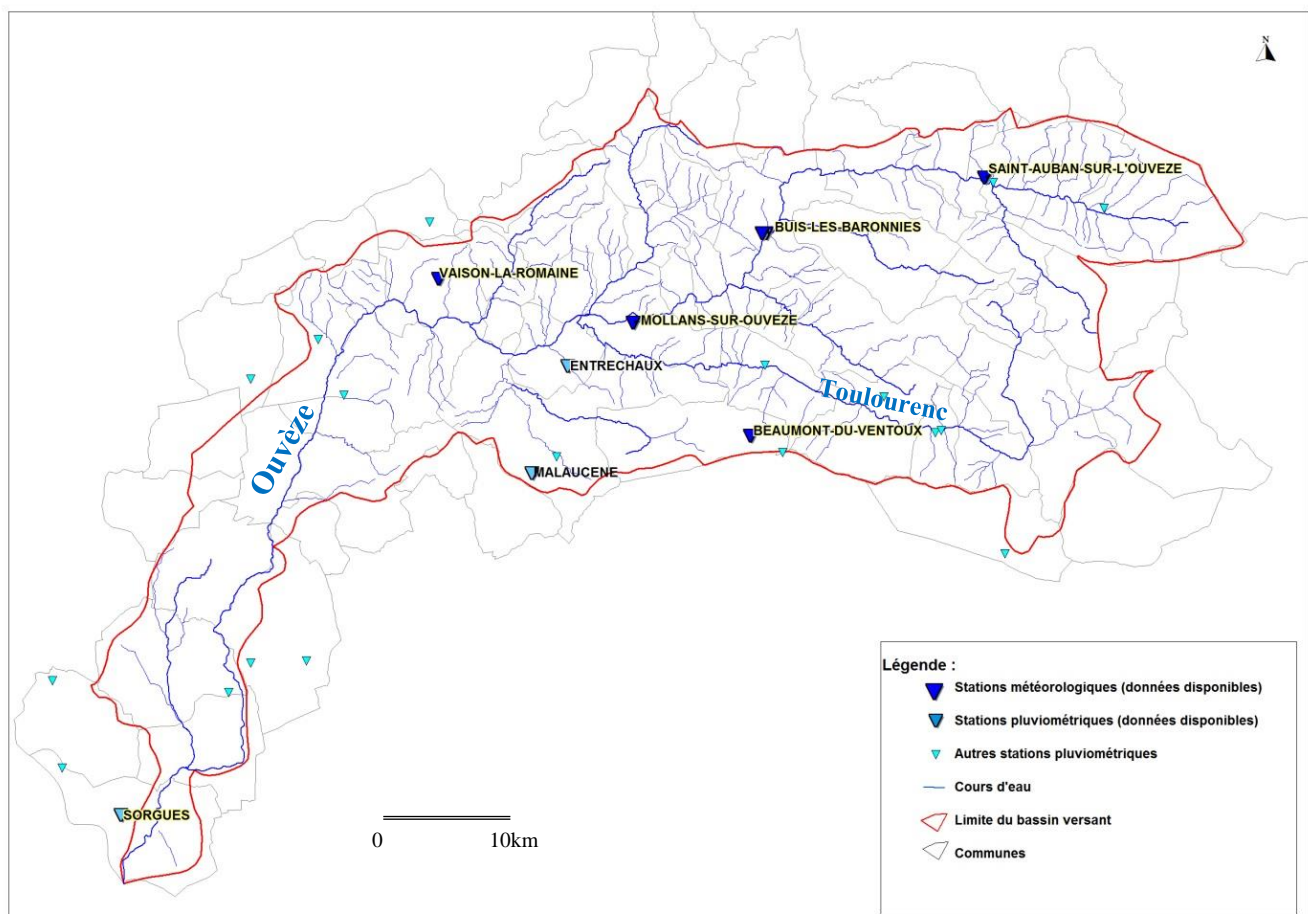
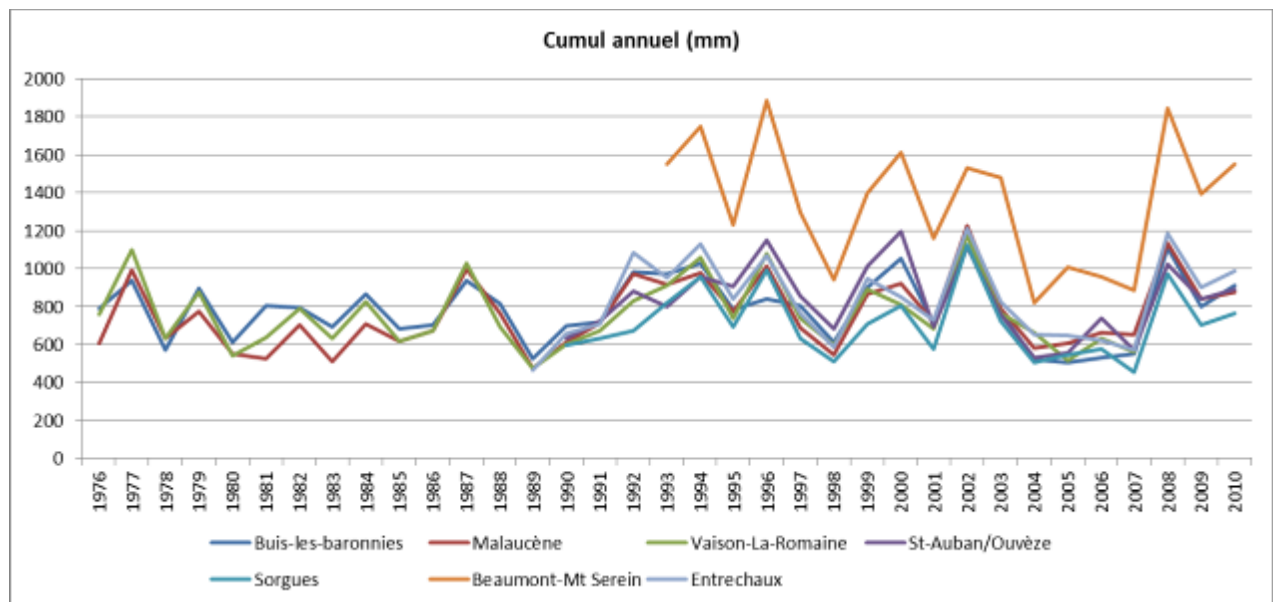


Figure b Localisation des stations météorologiques

2.2.1 Les cumuls annuels



Les pluies moyennes sur le bassin versant sont comprises entre 689 mm (en aval – Sorgues), 756 mm sur le bassin intermédiaire (Vaison-La-Romaine) et entre 761 et 1349 mm sur le bassin amont (Malaucène et Beaumont – Mt Serein). Si l'on excepte la station de Beaumont – Mt Serein, un gradient pluviométrique très faible existe entre l'aval et l'amont.

Le graphe ci-dessus indique clairement un déficit pluviométrique marqué pour les années 1989, 1998 et 2004 à 2007.

Remarque :

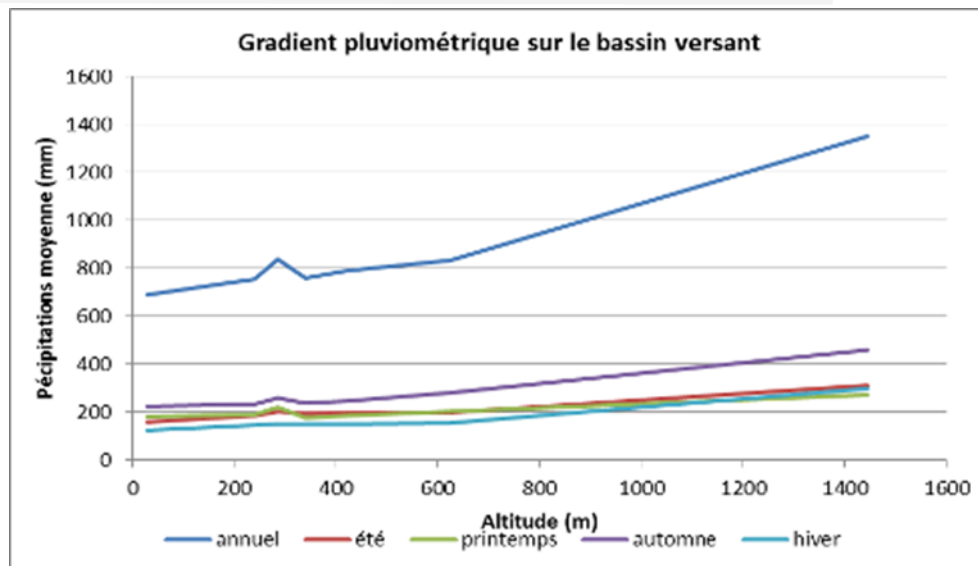
Les années 1998 à 2000 ont servi de calage pour les modèles hydrologiques, l'année 1998 ayant été utilisée pour l'initialisation du calage.

2.2.2 Le gradient pluviométrique

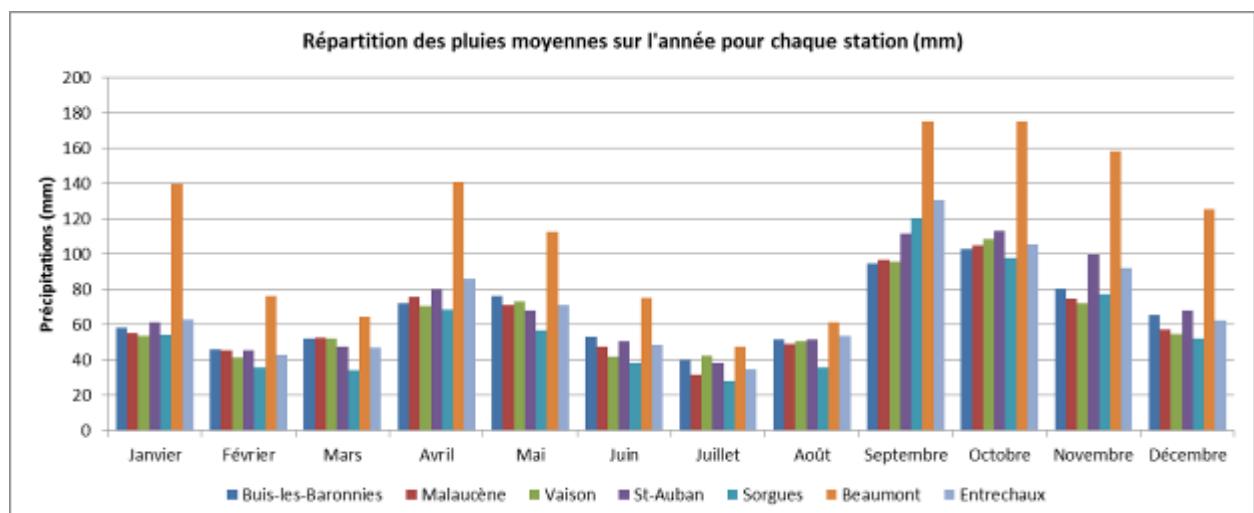
Le graphique suivant, exprime **un gradient pluviométrique peu marqué** tout au long de l'année entre les stations situées en aval (e.g : Vaison-la-Romaine) et celles en amont (e.g : St-Auban-sur-Ouvèze).

La pluie est par contre plus abondante sur les contreforts du Mont-Ventoux (Beaumont-Mt-Serein), compte tenu de l'effet topographique, et principalement sur les versants sud du fait de l'effet de foehn. Ainsi la station de Beaumont-Mont-Serein sera plus représentative du bassin du Sud-Ouest du Mont Ventoux que de celui de l'Ouvèze.

L'influence des précipitations en amont et en aval du sous-bassin amont de l'Ouvèze, semblent donc équivalentes pour la disponibilité de la ressource en eau.



2.2.3 La répartition des pluies au cours de l'année



En moyenne sur une année, il pleut entre trois jours sur quatre et deux jours sur trois sur les stations analysées. On a comptabilisé de 12 à 21 jours de pluies sur la période d'étiage (juillet à septembre) pour l'ensemble des stations. La station connaissant le moins de jours de précipitations étant celle de Malaucène.

		Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Nombre de jours de pluies	Buis-les-Baronnies	10	9	9	10	11	8	5	5	7	11	9	10	105	
	Malaucène	8	7	6	8	8	5	3	4	5	9	8	7	77	
	Vaison-La-Romaine	7	7	7	9	9	6	4	5	6	10	9	8	87	
	St-Auban / Ouvèze	9	7	8	11	10	7	6	7	8	11	11	10	105	
	Sorgues	9	7	7	9	8	6	4	5	8	11	11	9	94	
	Entrechaux	8	7	6	9	8	5	4	4	7	9	9	8	84	
	Beaumont	10	8	8	11	11	7	5	6	9	11	11	11	109	
	Moyenne bassin	9	7	7	10	9	6	5	5	7	10	10	9	94	

Le tableau précédent associé aux analyses complémentaires présentées en annexe, montrent que les déficits sont principalement **concentrés sur deux saisons : le printemps et l'été (d'avril à juillet et parfois août)**. Cela correspond à la période où la pression sur la ressource en eau est la plus forte notamment à cause des besoins en irrigation sur la partie amont du bassin versant.

L'analyse de l'ensemble des stations (cf. annexe) confirme une période de **déficits pluviométriques** longue **entre 2004 et 2007** avec des pluies annuelles parfois inférieures de 25% à la normale.

À retenir :

La station de Beaumont-Mont-Serein, n'est pas représentative du bassin de l'Ouvèze.

Le gradient topographique sur les pluies du bassin de l'Ouvèze est faible.

La période 2004 – 2007 est une période sèche.

La période 1998 à 2000 utilisée pour le calage des modèles est pertinente au vu des précipitations : la phase d'initialisation du modèle (1998) est particulièrement sèche, et les deux années de calage 1999 et 2000 sont représentatives des précipitations moyennes sur le bassin versant (1999 : moyenne ; 2000 : pluvieuse).

Les mois déficitaires en pluie, sont généralement compris entre avril et juillet.

ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX *Bassin de l'Ouvèze*



2010 - 2015

3. Les étiages sur le bassin versant de l'Ouvèze

SDAGE

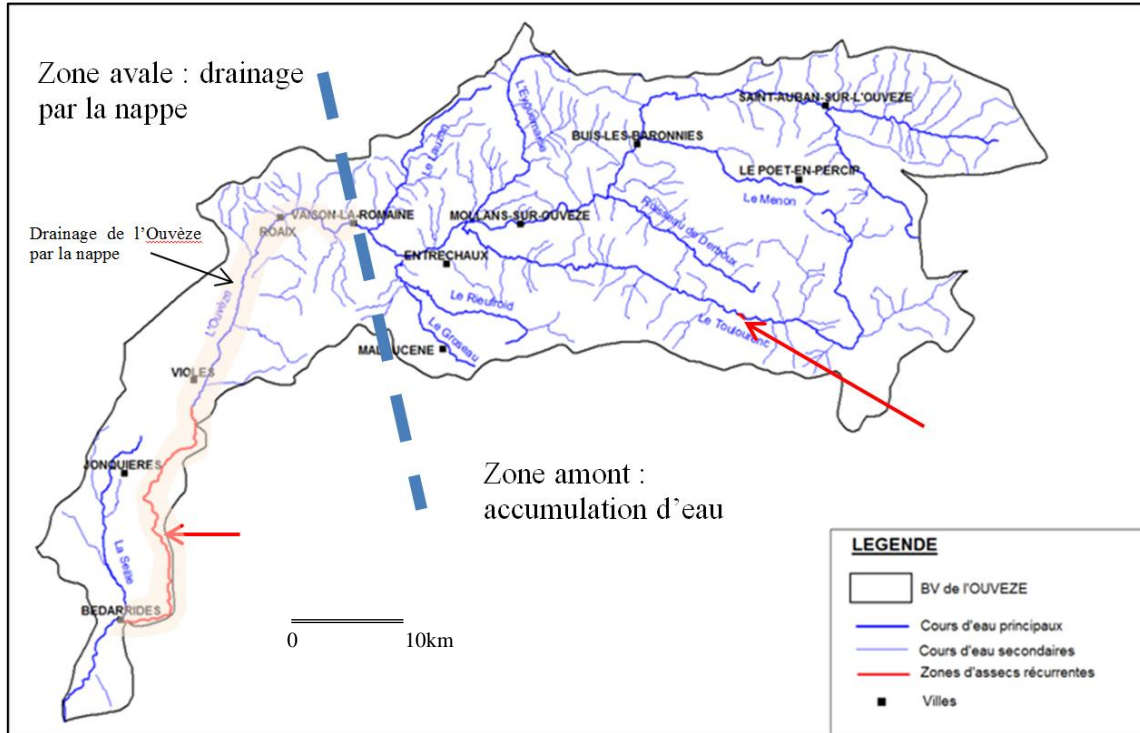
Rhône-Méditerranée



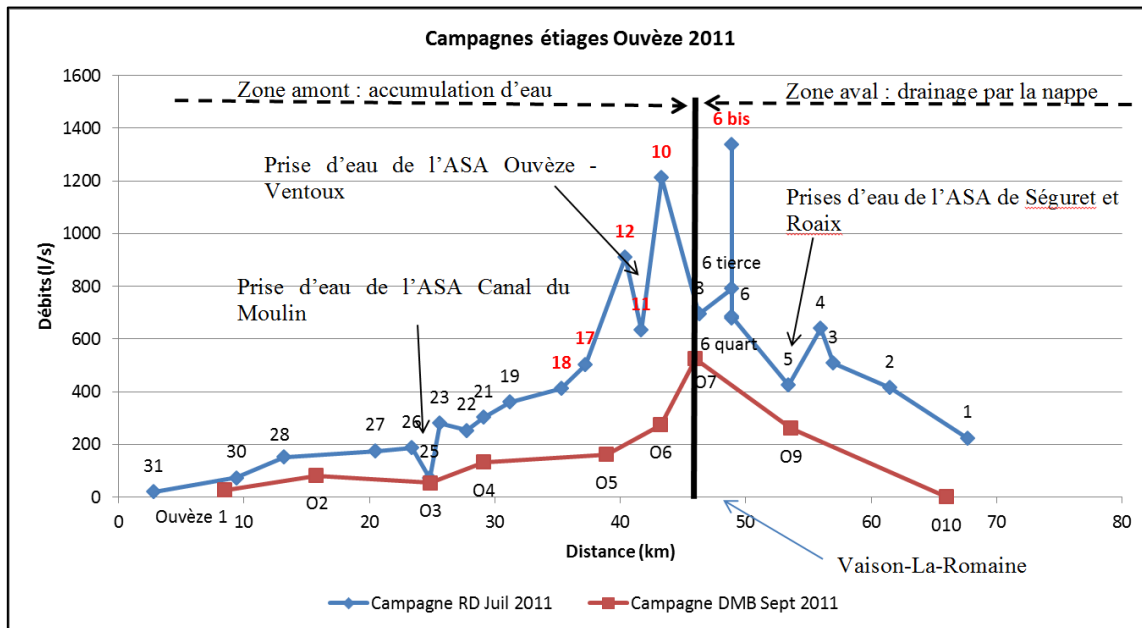
<i>OUVEZE</i>	<i>Phase 3</i>	<i>Chapitre 3</i>
<i>Fiche de synthèse : Les étiages sur le bassin versant de l'Ouvèze</i>		
Points majeurs :		Renvois
<p><i>Objectifs :</i> Caractériser les étiages des cours d'eau du bassin versant</p>		
<p><i>Constat :</i></p> <p>Les deux sous-bassins de l'Ouvèze et du Toulourenc ont des régimes hydrologiques comparables, avec des étiages fortement marqués entre juillet et septembre ; ce point est également confirmé par une similitude des courbes de tarissement.</p> <p>Les différentes campagnes de jaugeages effectuées démontrent les résultats importants suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le différentiel en début et fin de la période d'étiage est supérieur à 200 l/s sur le bassin aval au point de gestion 7 (juste en amont de Vaison-la-Romaine). • Les débits de l'Ouvèze augmentent de la source jusqu'à Vaison-la-Romaine, avec une augmentation plus prononcée en amont de la confluence avec le Toulourenc. • Les débits de l'Ouvèze diminuent fortement sur le linéaire aval à partir de Vaison-la-Romaine avec une valeur de l'ordre de – 26 l/s/km. Cette inversion des débits est due au drainage du cours d'eau par la nappe alluviale de l'Ouvèze depuis Vaison-la-Romaine et non depuis Violès. <p>Les campagnes de mesures réalisées en été 2011, par R&D corroborent ces résultats, avec des étiages critiques sur l'Ouvèze et le Toulourenc :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un assec s'étendant de Bédarrides à la limite des communes de Violès et Sablet. - un assec s'étendant de l'amont à la limite des communes de Brantes et St-Léger du Ventoux (assec dans la partie amont du Toulourenc). 		<p>Page 45</p> <p>Page 47 et Annexe 5</p> <p>Page 42 et 48</p>
<p><i>Hypothèses retenues :</i></p> <p>Les deux campagnes de jaugeages réalisées par R&D sont représentatives d'un fonctionnement moyen de l'hydrologie du bassin versant.</p>		Pages 47 - 48
<p><i>Incidence sur le choix des valeurs réglementaires :</i></p> <p>L'inversion des débits à partir de Vaison la Romaine (drainage des cours d'eau par la nappe) devrait conduire à une diminution des débits réglementaires.</p>		
<p><i>Besoins et suites à donner :</i></p> <p>L'état s'est doté du dispositif ONDE pour la surveillance des étiages. Un retour d'expérience de ce dispositif serait intéressant.</p> <p>L'inversion des débits constatés en aval de Vaison-La-Romaine doit faire l'objet d'un ajustement par des observations complémentaires de terrain (mesures).</p>		

Fiche de synthèse : Les étiages sur le bassin versant de l'Ouvèze

Les assecs réguliers



Profil en long des débits de l'Ouvèze en juillet 2011



3.1 Les étiages critiques sur le bassin versant de l'Ouvèze

Peu d'éléments ont été capitalisés sur les assecs des cours d'eau du bassin versant, mais lorsque cela semble pertinent nous avons fait référence aux études précédentes (IPSEAU, données ROCCA).

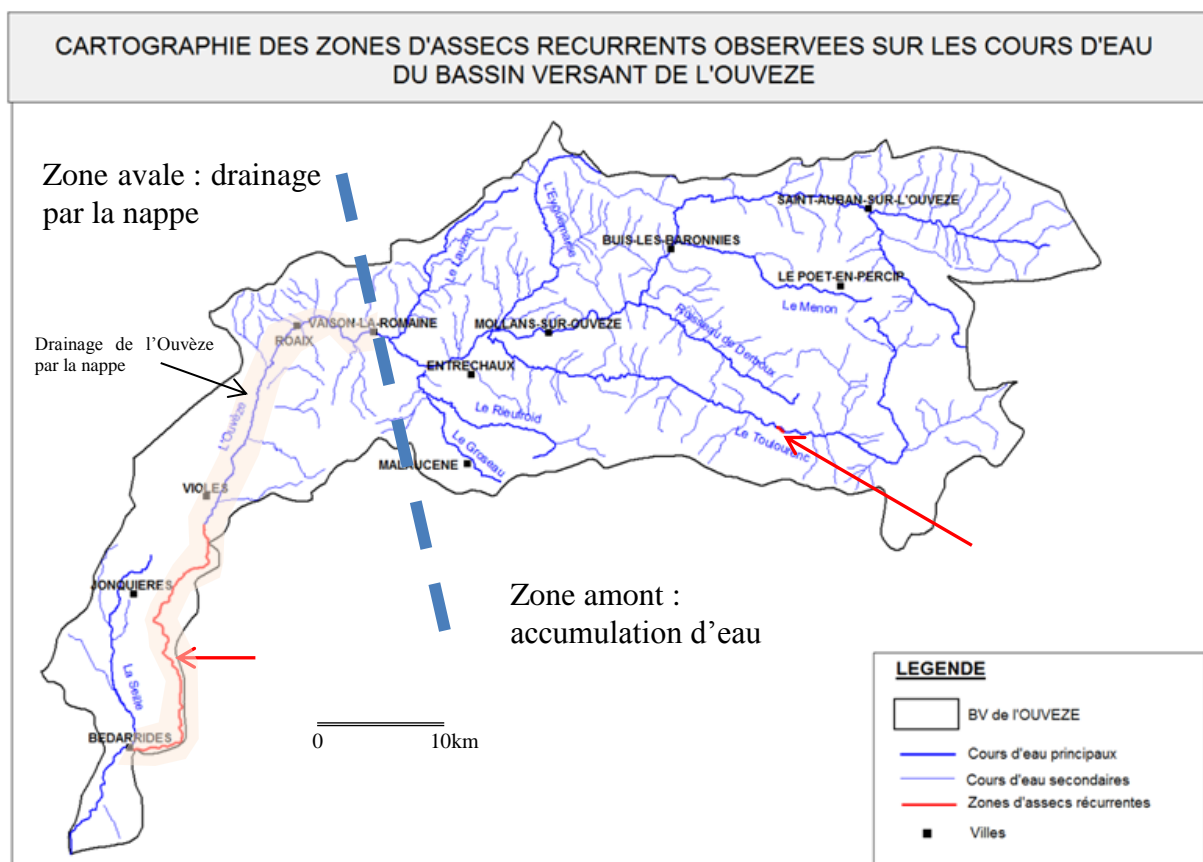
D'après les acteurs rencontrés (ONEMA, irrigants, etc..) et la bibliographie consultée, l'Ouvèze est régulièrement soumise à des assecs en juillet et en août, sur le secteur compris entre l'aval de Violès et l'amont de Bédarrides.

Ce phénomène est à mettre en relation avec le contexte hydrogéologique local (cf. page **Erreur ! Signet non défini.**), où l'on observe en effet « une forte décroissance des débits, accompagnée d'une inversion des relations nappe-rivière, la rivière alimentant sa nappe d'accompagnement, ce qui occasionne des assecs prolongés sur ce secteur en période estivale ».

Les investigations complémentaires réalisées par R&D sur le terrain montrent que le drainage par la nappe remonte jusqu'à Vaison-La-Romaine.

Les campagnes de mesures réalisées en été 2011, par R&D corroborent ces résultats, avec des étiages critiques sur l'Ouvèze et le Toulourenc :

- un assec s'étendant de Bédarrides à la limite des communes de Violès et Sablet.
- un assec s'étendant de l'amont à la limite des communes de Brantes et St-Léger du Ventoux (assec dans la partie amont du Toulourenc).



Carte 5: Secteurs régulièrement en assec sur l'Ouvèze et le Toulourenc

3.2 Les périodes d'étiage

L'analyse des mesures des stations hydrométriques de l'Ouvèze à Vaison-La-Romaine et du Toulourenc à Malaucène permettent de caractériser la période d'étiage des deux cours d'eau.

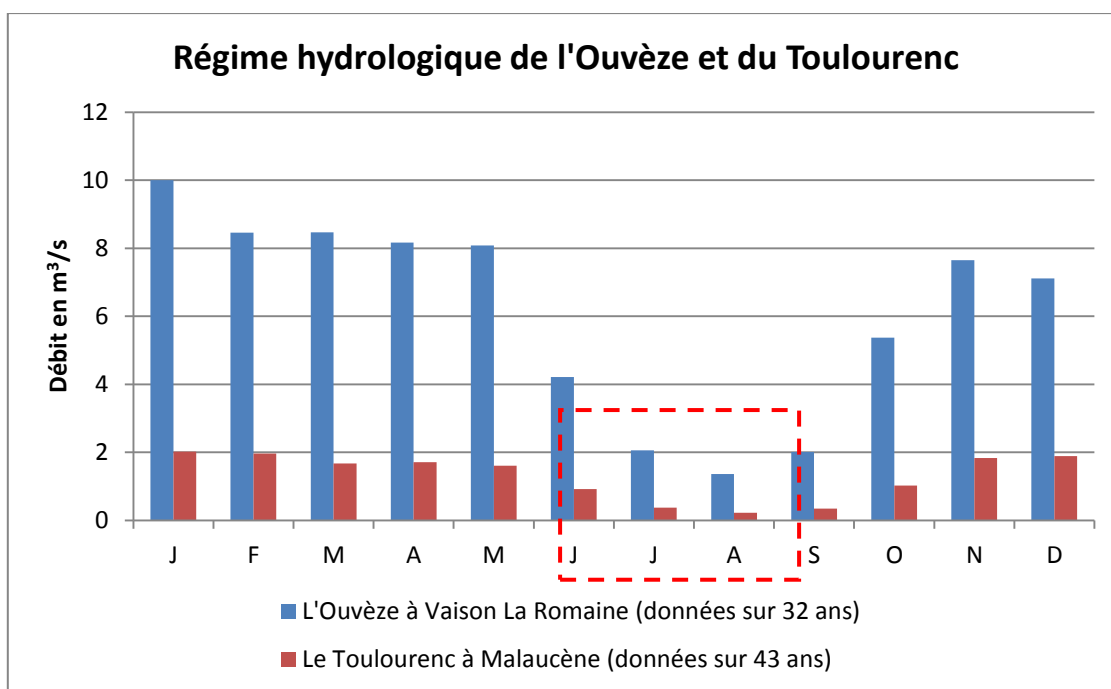


Figure c: Régime hydrologique de l'Ouvèze et du Toulourenc

On observe un régime hydrologique de type pluvial avec des étiages concentrés sur la période estivale, soit, entre juillet et septembre.

3.3 Fréquence des étiages

La période d'étiage s'étend de juin à octobre sur **le Toulourenc à Malaucène**, avec une période critique centrée sur les mois estivaux de juillet, août et septembre. Ces trois mois regroupent près de 78 % des débits minimums mensuels.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nombre de mois le plus sec sur 41 année	0	0	1	0	0	1	2	17	16	4	2	2
Fréquence	0%	0%	2%	0%	0%	2%	4%	38%	36%	9%	4%	4%

Il en va de même sur **l'Ouvèze à Vaison-La-Romaine**, où les mois de juillet à septembre regroupent près de 77 % des débits minimums mensuels.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nombre de mois le plus sec sur 31 année	0	0	0	0	0	0	2	16	10	2	0	2
Fréquence	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	50%	31%	6%	0%	6%

3.4 Les campagnes de mesures à l'étiage

Plusieurs campagnes de mesures ont pu être réalisées pour compléter les informations capitalisées par les services de l'état et l'étude IPSEAU :

Producteur	Date
R&D	18/07/2011- 21/07/2011
GREBE	Mesures ponctuelles en septembre 2011 (campagne DMB 1)
	Mesures ponctuelles en 2011 et avril – mai 2012 (campagne DMB 2)

3.4.1 Objectifs des jaugeages ponctuels

Deux campagnes de jaugeages ont été réalisées en 2011, dont une spécifiquement destinée à la détermination des débits minimums biologiques.

Les objectifs des campagnes de mesures sont les suivants :

- visualisation des débits le long des cours d'eau,
- obtention des débits aux points de gestion,
- détermination des variations saisonnières de débit,
- évaluation de la contribution des affluents, des prélèvements et des retours en eau.

3.4.2 Contexte général des jaugeages effectués

Ces campagnes de jaugeages se situent dans une année 2011 très atypique : la plus sèche de ces 50 dernières années et la plus chaude depuis 1900 (données Météo France), même si le mois de juillet était le plus froid depuis 30 ans. Par ailleurs, pour les régions méditerranéennes, après un printemps très sec, les précipitations estivales sont bien supérieures aux moyennes saisonnières.

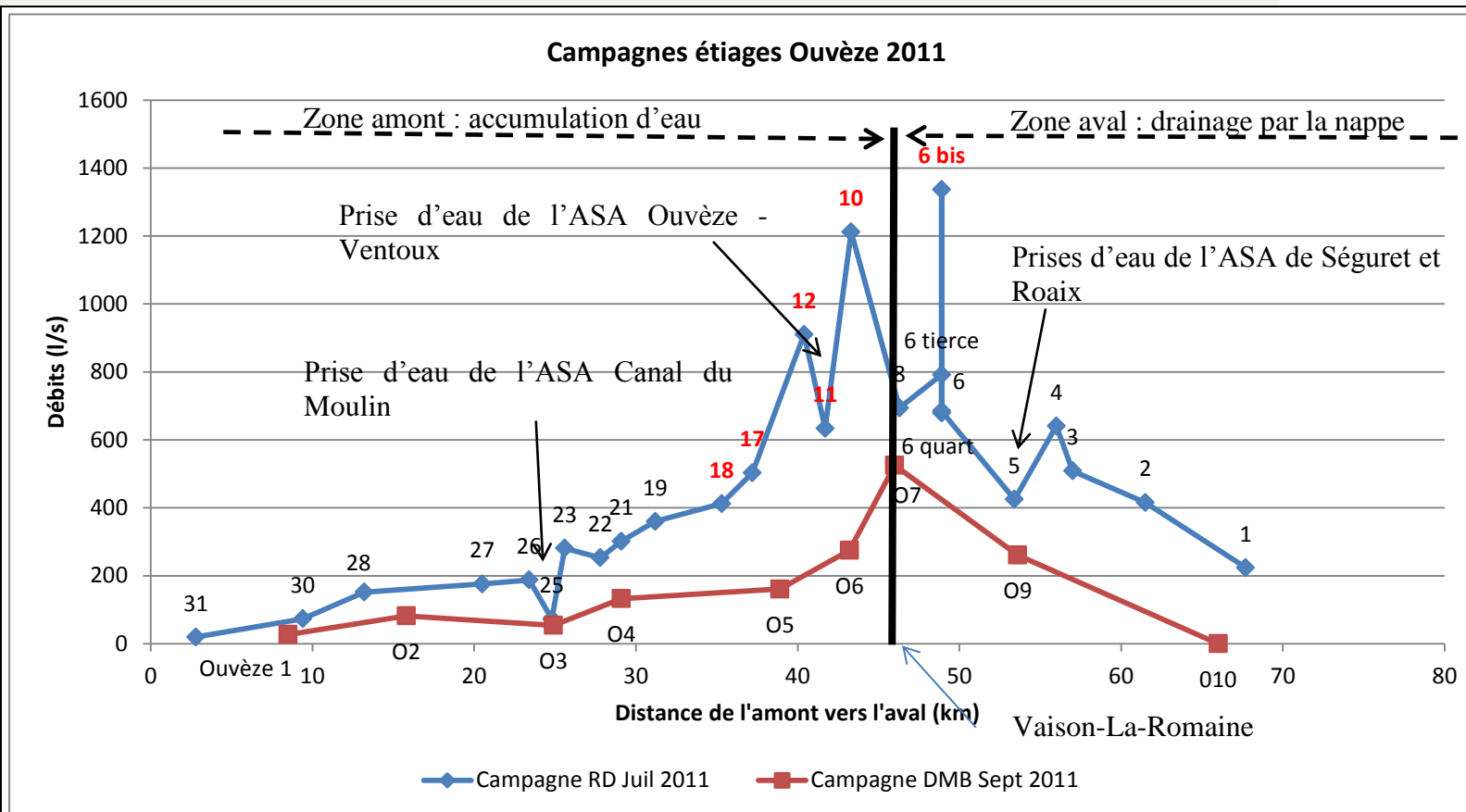
En particulier sur la région PACA, le printemps répondant à la tendance nationale fut sec et chaud, alors que juin a eu son lot de pluies orageuses extrêmes. Le mois de juillet est considéré comme le plus pluvieux depuis 1959, mais le taux d'ensoleillement ne s'en est pas ressenti.

R&D a réalisé, en sus, des jaugeages en rivière et des mesures sur les prises d'eau et exutoires des canaux d'irrigation.

Il convient de garder à l'esprit que les jaugeages ponctuels au niveau des prises d'eau soulignent fortement et immédiatement l'influence des prélèvements agricoles contrairement aux autres types de prélèvement.

Dans les tableaux et cartes ci-après, les campagnes de jaugeages sont analysées par tronçon à partir :

- *d'une représentation en plan*
- *d'une représentation selon le profil en long du cours d'eau.*



Une inversion des débits à partir de Vaison-La-Romaine

Une augmentation des débits de l'amont jusqu'à Vaison-La-Romaine

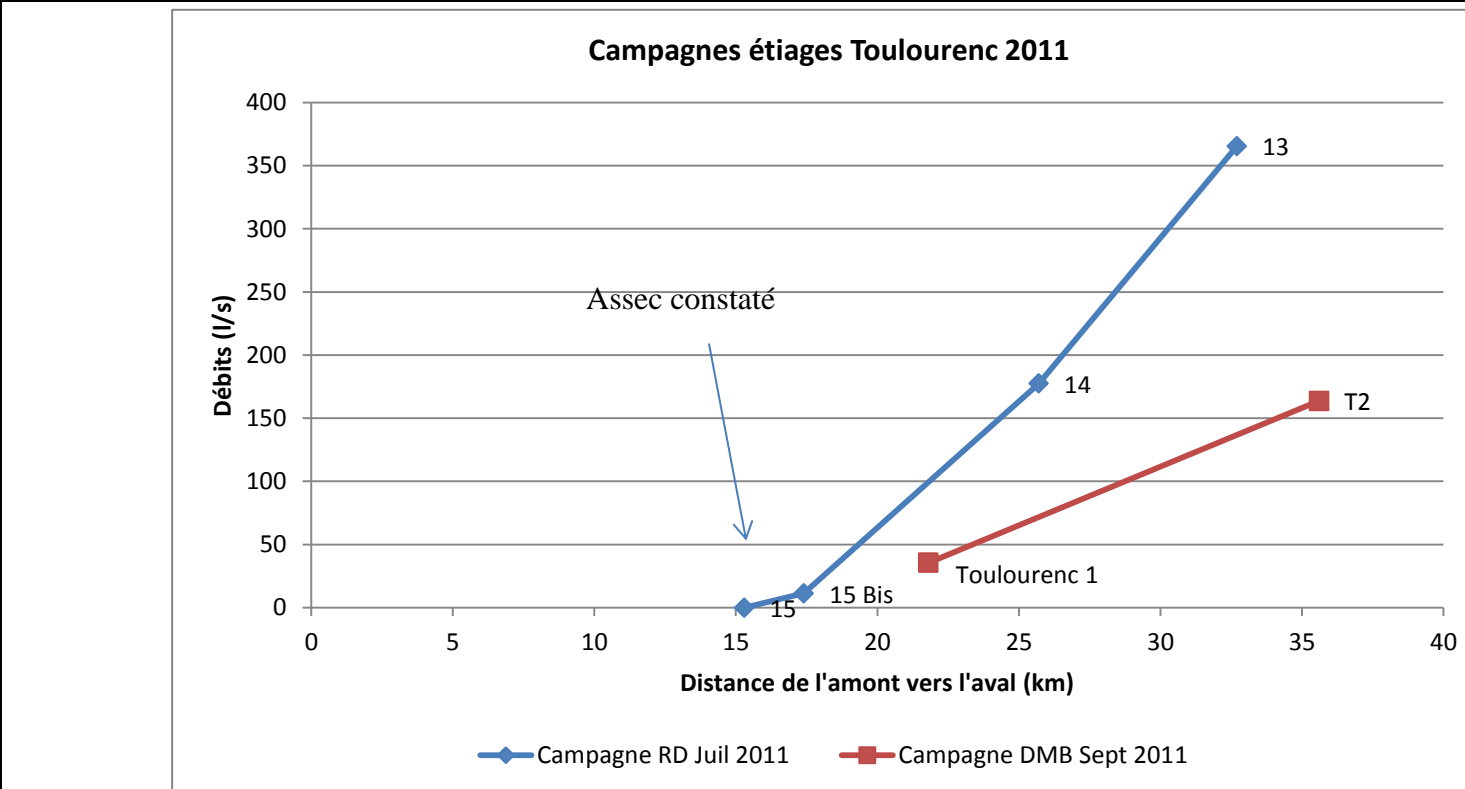
Si l'on fait abstraction des débits importants dus à l'Orage (numéros 12, 10 et 6bis sur le graphique ci-contre), la continuité des points 19, 18, 17, 11, 8 et 6 donnent une enveloppe du linéaire des débits, augmentant sur cette portion. Ceci est confirmé et accentué entre les points 5, 6 et 7 de la campagne de septembre.

Une diminution des débits de Vaison-La-Romaine à Violès (assec)

De même, les deux campagnes permettent de visualiser la perte de débits entre 6 et 1 pour la campagne de début d'étiage et les points 7 à 10 pour la campagne de fin d'étiage. Le différentiel est de 400 l/s sur 15 km dans en septembre, et 460 l/s sur 16 km en juillet.

L'écart entre début et fin d'étiage pour cette année 2011 est de l'ordre de 200 l/s.

Le graphique illustre également l'impact des prises d'eau sur le débit de l'Ouvèze (Le détail de ces influences est donné en annexe 4).



Une zone d'assec en amont

Au point 15, sur la commune de Brantes, un assec a été constaté. Un point 15bis a donc été effectué 2-3km en aval, là où l'eau réapparaissait.

Des influences connues

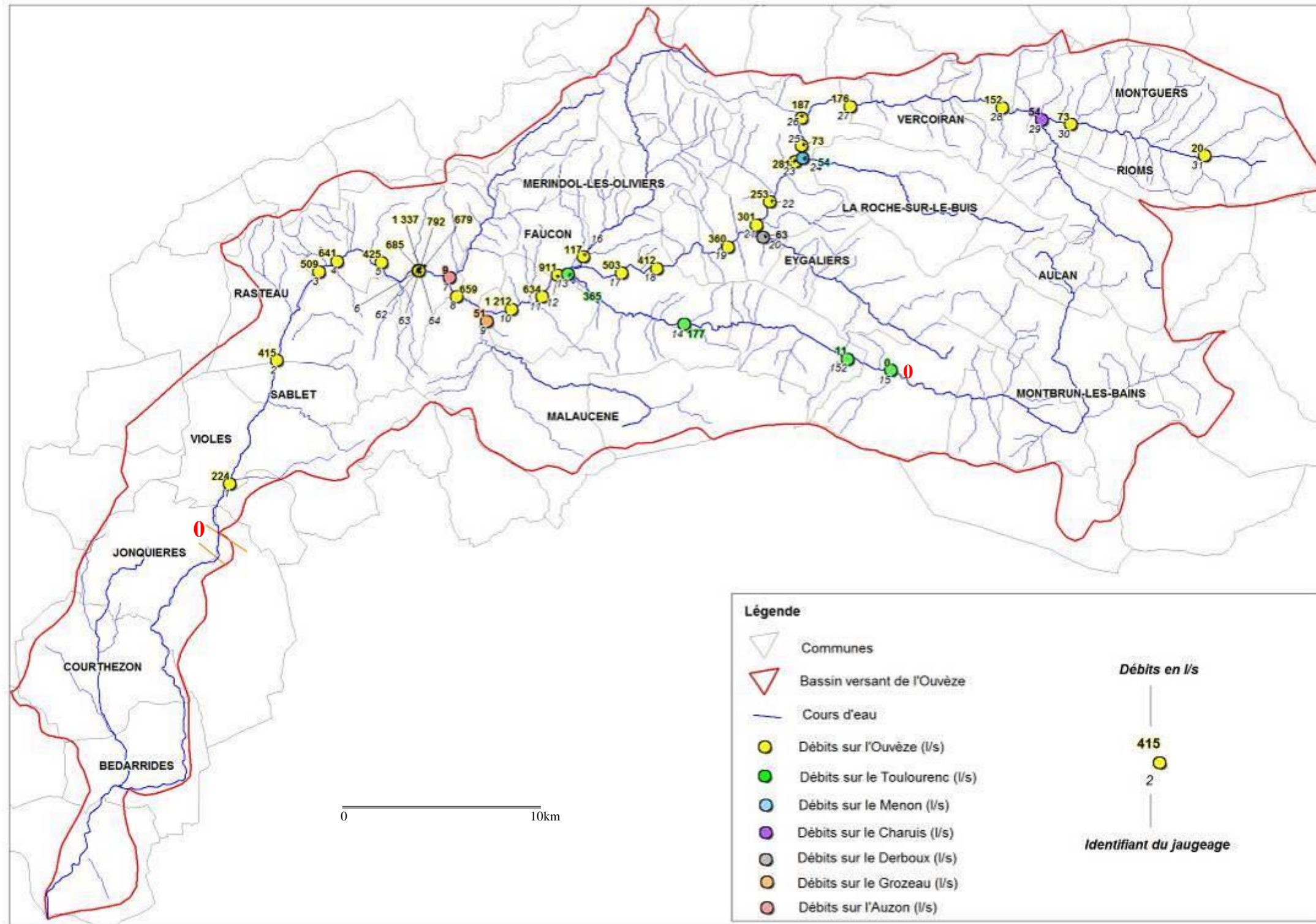
Entre la confluence du Toulourenc avec l'Ouvèze (pt13) et le pont du hameau de Veaux (pt 14), l'ASA du hameau de Veaux prélevait 15 l/s, et rejetait 19 l/s, le 22/07 (ces deux mesures ne sont pas comparables, car dans le laps de temps entre les deux mesures, la vanne avait été manœuvrée).

Entre les points 13 et 14, on notera la prise d'eau de Notre Dame des Anges.

Il faut aussi noter que les petits barrages construits par les baigneurs sont nombreux sur le cours d'eau. Cela peut avoir une influence sur les débits mesurés.

Les pentes de débits données par les deux campagnes ne sont pas comparables, mais il faut remarquer que les mesures de juillet ont été effectuées 2 jours après des averses orageuses.

Campagne du 18/07/2011-21/09/2011



Points identifiés sur la carte

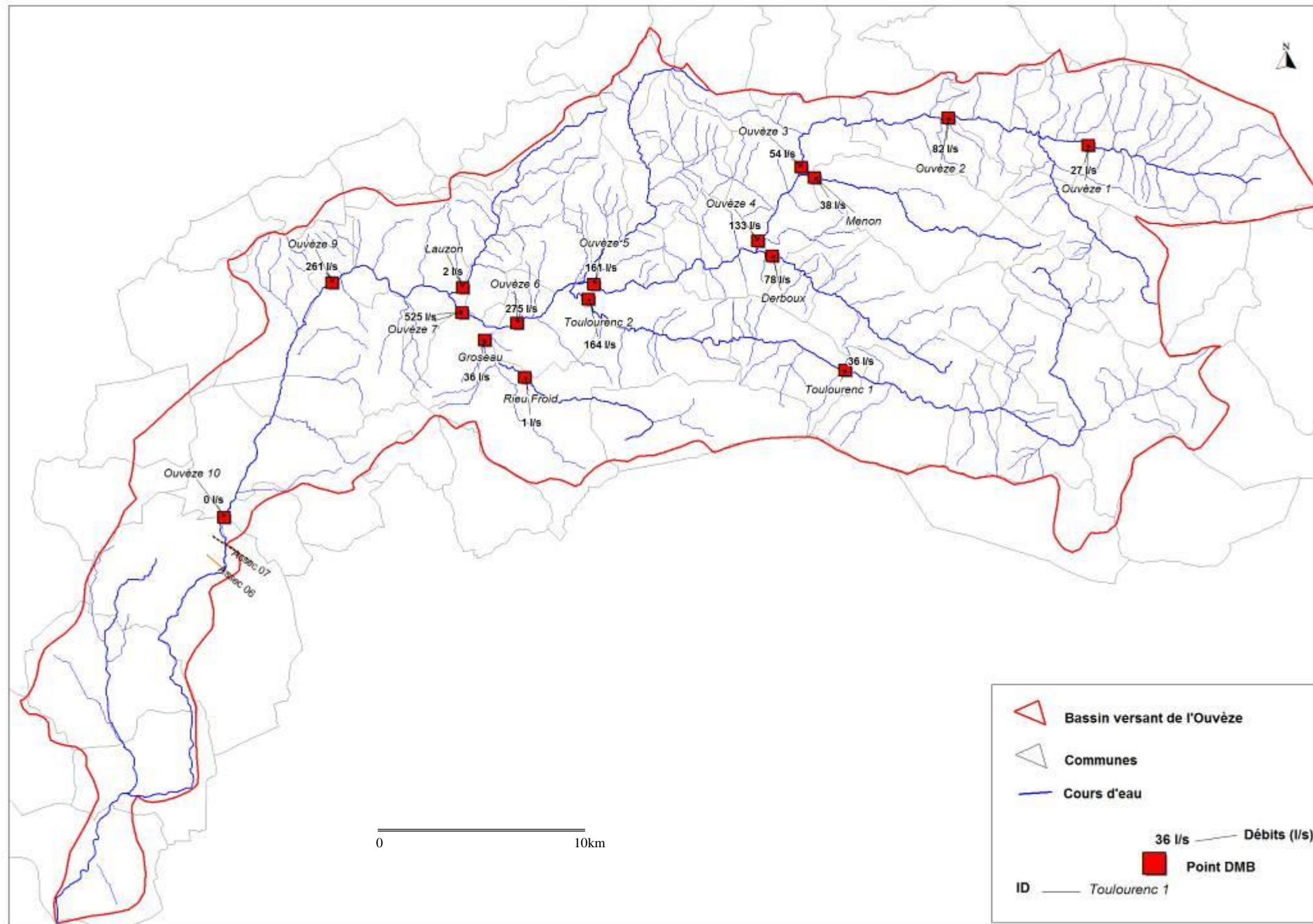
Points RD	Date	Débits l/s
31	21/07/2011	19,8
30	21/07/2011	73,2
28	20/07/2011	151,8
27	20/07/2011	175,7
26	20/07/2011	187,5
25	20/07/2011	72,9
23	20/07/2011	280,8
22	20/07/2011	253,2
21	20/07/2011	301,5
19	20/07/2011	359,9
18	19/07/2011	412,0
17	19/07/2011	502,9
16	19/07/2011	117
15	22/07/2011	0
14	22/07/2011	11
13	22/07/2011	177
12	19/07/2011	910,5
11	19/07/2011	633,8
10	19/07/2011	1212,1
8	18/07/2011	693,8
6tierce	20/07/2011	791,5
6quart	21/07/2011	678,8
6bis	19/07/2011	1336,6
6	18/07/2011	684,7
5	18/07/2011	424,9
4	18/07/2011	640,8
3	18/07/2011	508,6
2	18/07/2011	415,3
1	18/07/2011	223,9

Commentaires :

Les jaugeages indiqués en jaune dans le tableau ci-dessus ont été réalisés après un orage pour pouvoir mesurer l'impact sur la ressource en eau.

Carte 6: Campagne de jaugeages du 18 au 21/07/2011 (R&D)

Campagne du 11 au 15/09/2011



Carte 7: Campagne de jaugeages du 11 au 15/09/2007 (GREBE)

Points identifiés sur la carte

Point de gestion	Date	Débits l/s	Juillet l/s
Ouvèze 1	11/09/2007	27,3	73
Ouvèze 2	11/09/2007	82,2	150 – 175
Ouvèze 3	12/09/2007	54	280
Ouvèze 4	12/09/2007	132,7	301
Ouvèze 5	13/09/2007	161,2	(500 – 900)
Ouvèze 6	13/09/2007	274,9	(1200)
Ouvèze 7	14/09/2007	525,3	694
Ouvèze 9	15/09/2007	261	425
Ouvèze 10	15/09/2007	0	224

Les valeurs entre parenthèses sont mesurées lors de l'orage.

Commentaires :

Cette campagne a été effectuée en fin de période d'étiage, et permet, par comparaison avec le linéaire de la campagne de Juillet en début d'étiage, d'avoir une idée de l'amplitude de variation saisonnière des débits.

A retenir :

Bien qu'un orage ait perturbé la campagne de mesures, il est possible de tirer parti de cet évènement, pour appréhender la réponse du bassin dans le contexte des jaugeages.

Les différentes campagnes de jaugeages effectuées démontrent les résultats importants suivants :

- Le différentiel en début et fin de la période d'étiage est supérieur à 200 l/s sur le bassin aval au point de gestion 7 (Vaison-La-Romaine).
- Les débits augmentent linéairement de la source jusqu'à Vaison la Romaine, avec une augmentation plus prononcée en amont de la confluence avec le Toulourenc (vidange possible de la nappe des formations marno-calcaire et gréseuse (FRGR 508) .
- Les débits diminuent fortement sur le linéaire aval à Vaison la Romaine pour une valeur de l'ordre de $- 26$ l/s/km. Il s'agit d'un drainage de la rivière par sa nappe. Ce phénomène sera mentionné comme « inversion de débit » dans la suite du document, faisant référence au fait que le débit diminue alors que la surface drainante du bassin augmente.

ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX *Bassin de l'Ouvèze*



2010 - 2015

SDAGE
Rhône-Méditerranée

4. Les influences sur le bassin de l'Ouvèze

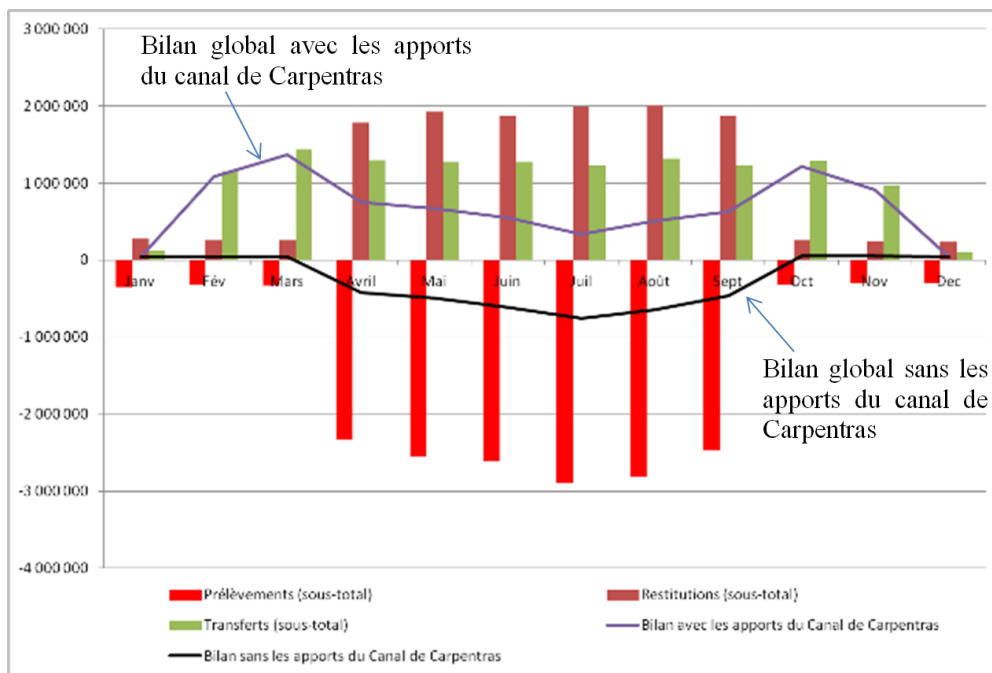
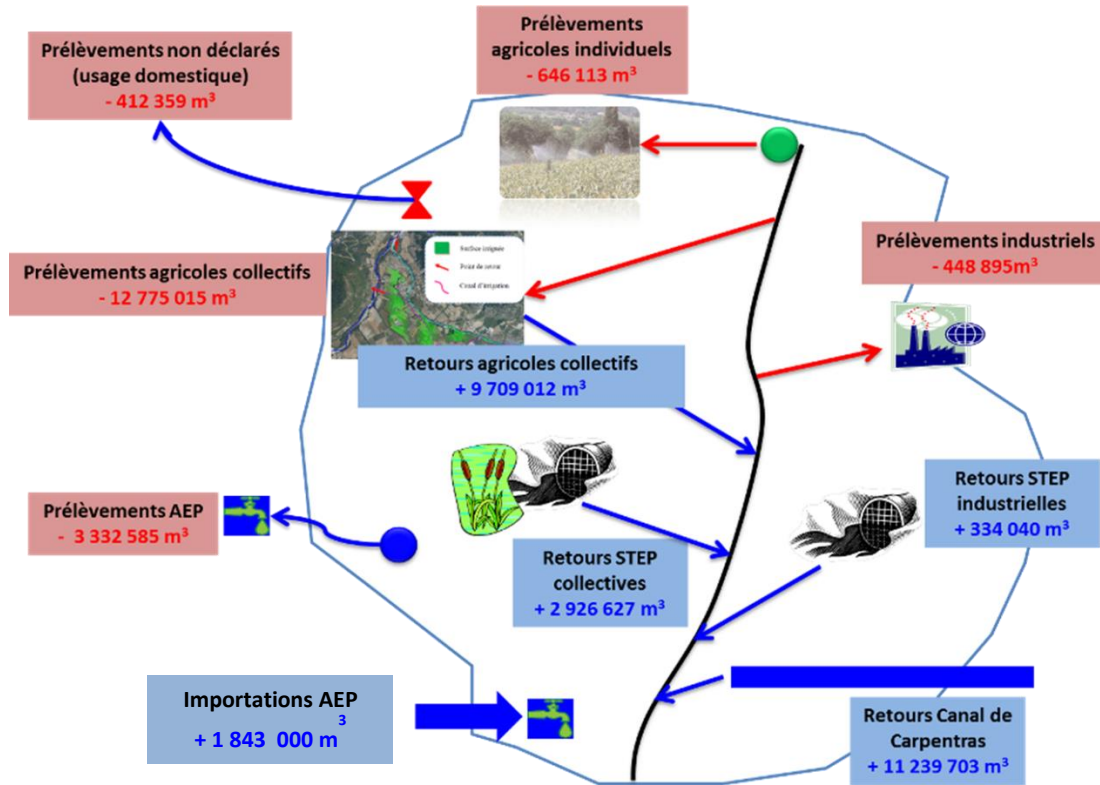


<i>OUVEZE</i>	<i>Phase 3</i>	<i>Chapitre 4</i>
<i>Fiche de synthèse : Influences connues sur le bassin de l'Ouvèze</i>		
Points majeurs :		Renvois
<p><i>Objectifs :</i></p> <p>Dresser un bilan des influences sur le bassin versant, c'est-à-dire un bilan des prélèvements et des apports d'eau dus aux activités anthropiques</p>		Rapport phase 2
<p><i>Constat :</i></p> <p>Le bilan des apports et des prélèvements souligne la prédominance des échanges dus à l'activité agricole.</p> <p>Le Canal de Carpentras qui effectue un apport majeur depuis la Durance, n'intervient qu'en extrême aval du bassin versant ; cet apport « fausse » le bilan global qui apparaît ainsi comme positif (apports > prélèvements) avec une valeur de l'ordre de +8,5 millions de m³.</p> <p>Hors apports du Canal de Carpentras, le bilan global du bassin versant fait apparaître un déficit de 2,7 millions de m³ (prélèvements>apports).</p> <p>Il est à noter, que malgré l'apport annuel de l'ordre de 11,2 millions de m³ du canal de Carpentras, on constate un assec régulier en aval de la surverse du canal.</p>		<p>Rapport phase 2</p> <p>Page 57</p> <p>Page 58</p>
<p><i>Hypothèses retenues :</i></p> <p>/</p>		
<p><i>Incidence sur le choix des valeurs réglementaires :</i></p> <p>/</p>		
<p><i>Besoins et suites à donner :</i></p> <p>Améliorer le suivi des flux d'eau dus aux activités anthropiques, et impliquer les acteurs de terrain du bassin versant par une prise de conscience du territoire dans son ensemble.</p>		

Fiche de synthèse : Influences connues sur le bassin de l'Ouvèze

BILAN TOTAL = **+8,5 Millions m³**
 (Avec le Canal de Cartentras)

BILAN TOTAL = **-2,7 Millions m³**
 (Hors Canal de Carpentras)



4.1 Bilan des influences identifiées à la phase 2

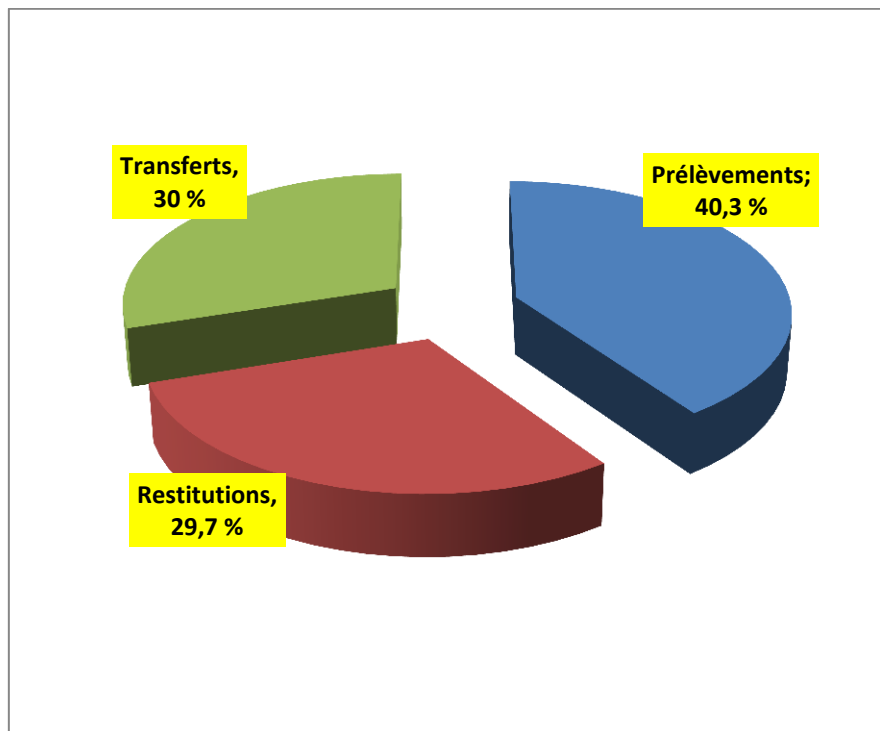


Figure d : Bilan des flux d'eau à l'échelle du BV de l'Ouvèze en m³

Le bilan hydrique annuel des influences est positif à l'échelle du bassin versant (données 2009, 2011 ou 2010 suivant les données disponibles).

Ce bilan est fortement influencé par les transferts d'eau de la Durance via le canal de Carpentras. Sans celui-ci le bilan serait fortement négatif (cf. figure e et schéma suivant). Toutefois ces transferts interviennent en partie aval du bassin versant et ont une incidence mineure sur la majeure partie du réseau hydrographique du bassin versant.

Il est à noter, que malgré l'apport annuel de l'ordre de 11 millions de m³ du canal de Carpentras, on constate un assec régulier en aval de la surverse du canal.

Le bilan annuel global doit être analysé avec précaution, pour intégrer les conditions locales de transferts d'eau : **les volumes qui sont prélevés dans une ressource en un point précis et dans un milieu donné, peuvent être éventuellement restitués dans un milieu différent.**

À titre d'exemple, les prélèvements qui ont lieu dans la nappe des molasses du miocène (FRGR 218) sont considérés comme des transferts d'eau vers le bassin versant.

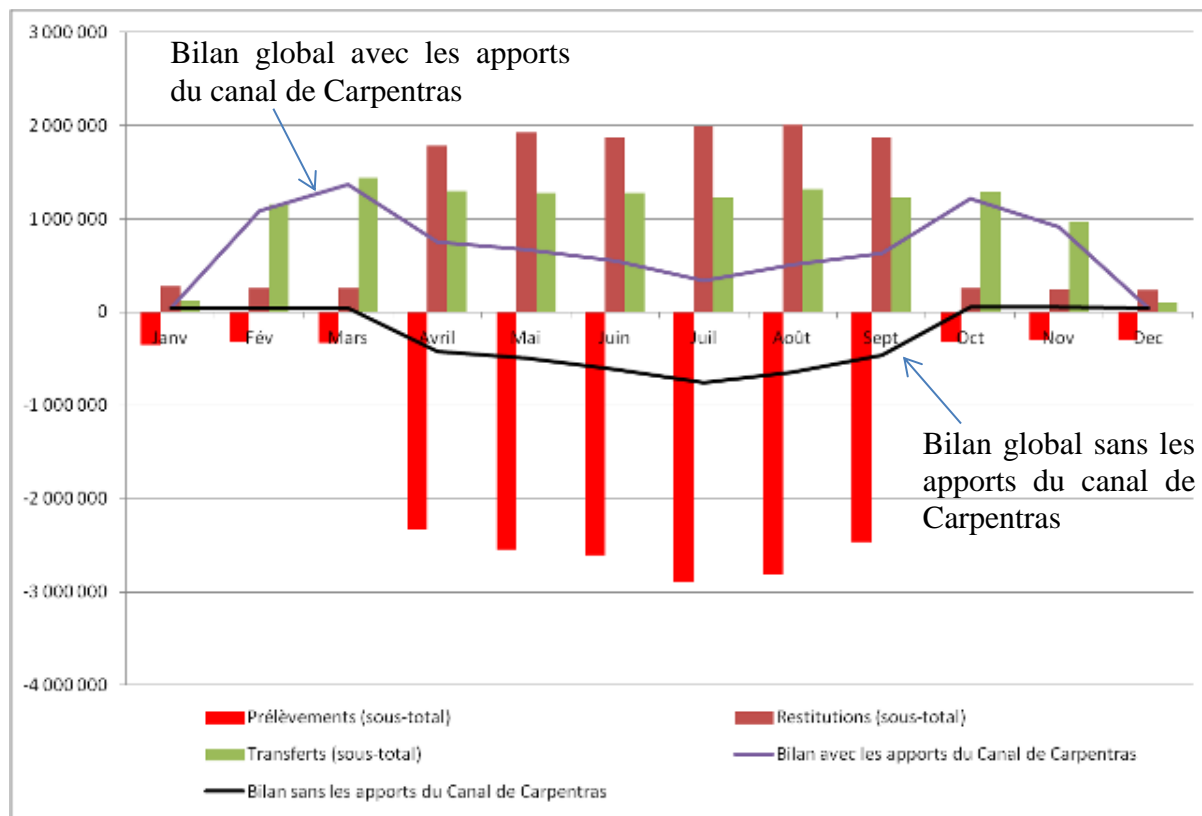


Figure e : Bilan global à l'échelle du BV de l'Ouvèze en m³

A retenir :

À l'échelle du bassin versant, le bilan des différents flux est positif (apports supérieurs aux prélèvements) avec une valeur annuelle de +8,5 millions de m³.

Toutefois **ce constat est lié aux apports du Canal de Carpentras sur la partie aval**. Sans le canal de Carpentras le bilan est négatif avec une valeur annuelle de -2,7 millions de m³

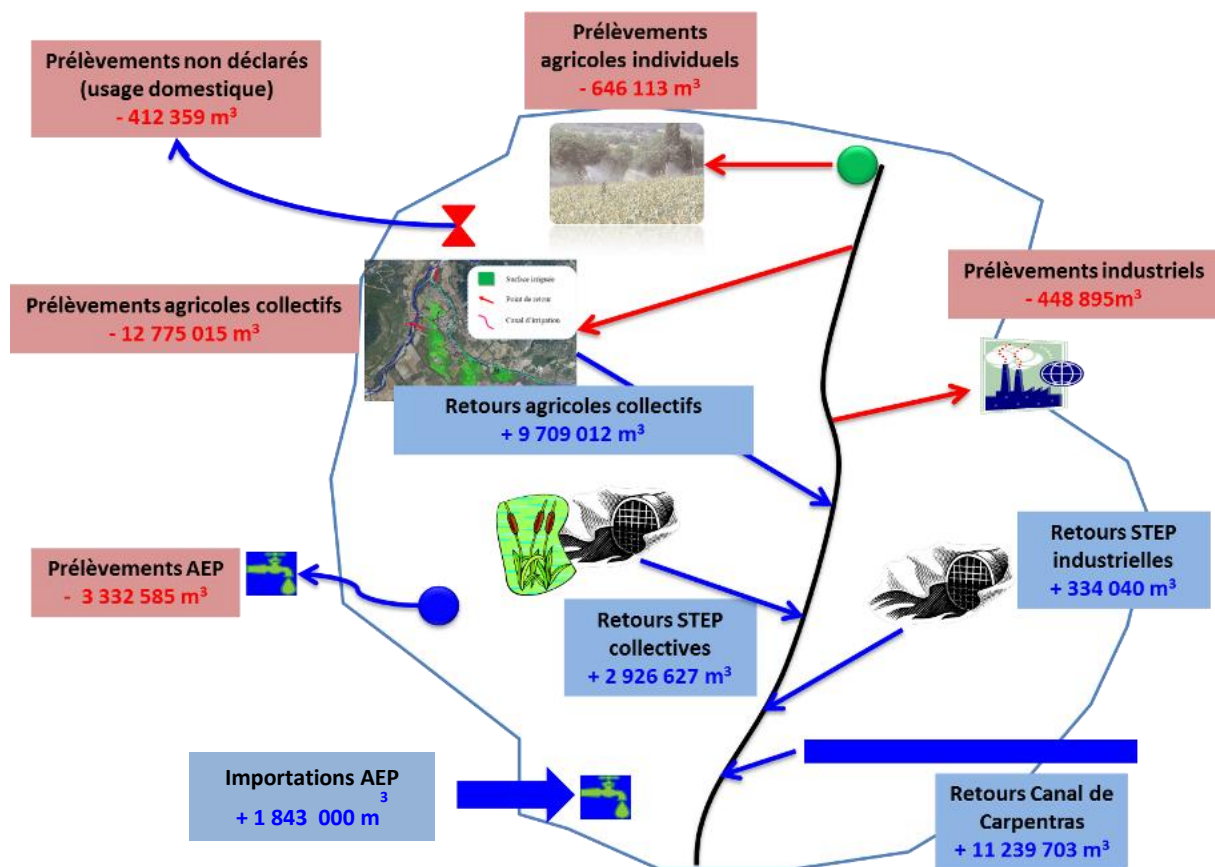
Rappelons que le calcul des volumes agricoles en réseau gravitaire a été réalisé comme suit (deuxième phase de l'étude) :

Le volume maximum estimé : $Volume\ max = Durée\ d'ouverture\ entre\ 01\ avril\ et\ 30\ Septembre \times Débit\ moyen\ max$

Le volume prélevé estimé (volume min) : $Volume\ min = 0.75 \times Volume\ max$

Une fois le modèle calibré ou calé sur un point de référence, il est extrapolé sur les points d'intérêt intermédiaires ou points de calcul (cf. figure j).

BILAN TOTAL = +8,5 Millions m³
(Avec le Canal de Carpentras)



BILAN TOTAL = +2,7 Millions m³
(Hors Canal de Carpentras)

ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX *Bassin de l'Ouvèze*



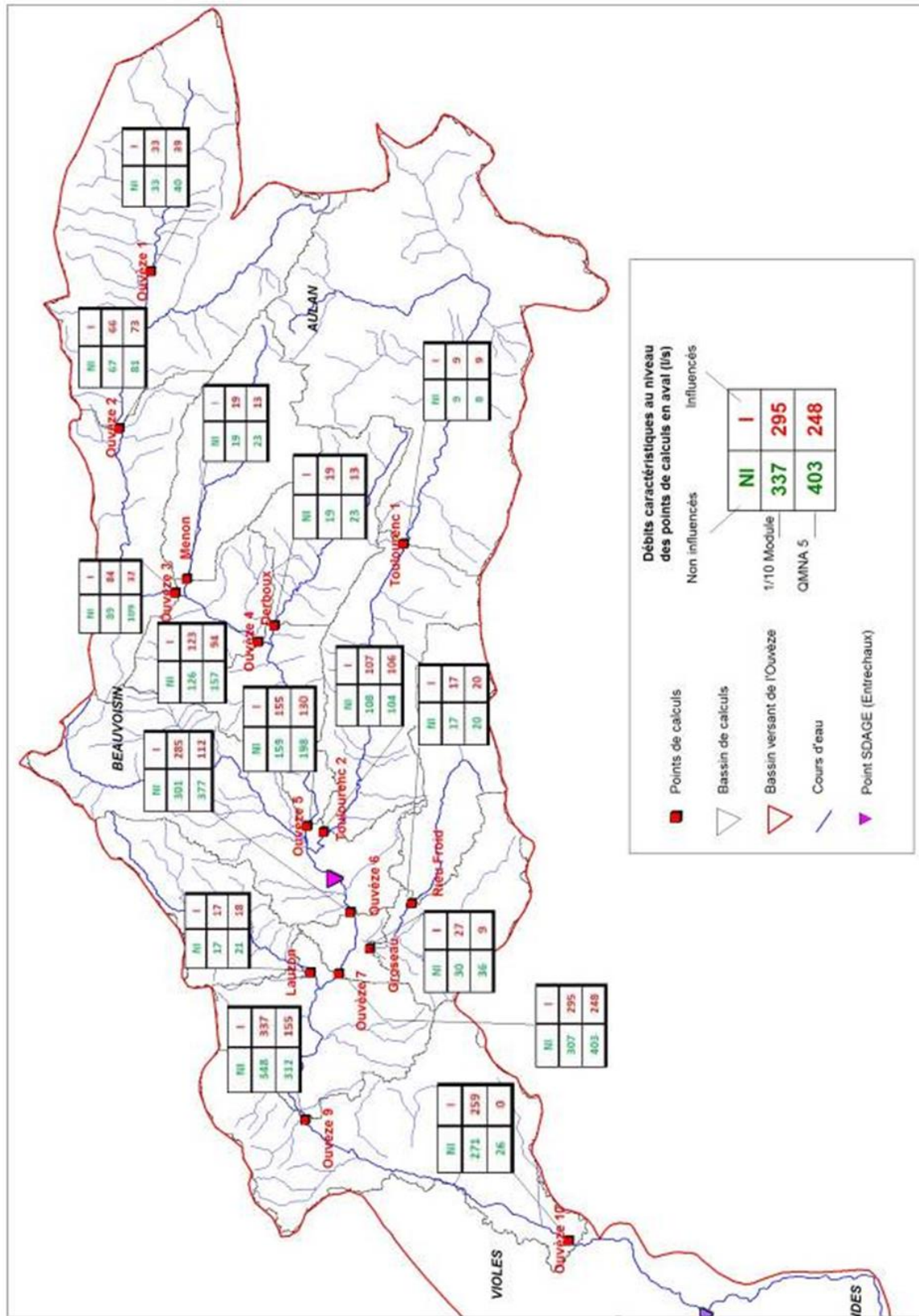
SDAGE
Rhône-Méditerranée

5. Reconstitution de l'hydrologie non influencée et influencée



<i>OUVEZE</i>	<i>Phase 3</i>	<i>Chapitre 5</i>
<i>Fiche de synthèse : Reconstitution de l'hydrologie non-influencée et influencée</i>		
Points majeurs :		Renvois
<p><i>Objectifs :</i> Reconstituer par modélisation, l'hydrologie non-influencée et influencée sur la base des bilans des influences. Définir les débits critiques (modules, QMNA, VCN) en tout point du bassin.</p>		Sources d'étude issues de la DDT (84 et 26), de l'AE RM & C de la chambre d'agriculture (84 et 26)
<p><i>Constat :</i> Étant donné les hypothèses formulées, et dans la mesure où il n'était pas possible de constituer un modèle tridimensionnel satisfaisant, la mise en œuvre d'un modèle distribué ne se justifiait pas ; une approche par modèle global a ainsi été retenue (modèle GR4J). Deux modèles ont été réalisés : Un sur l'Ouvèze, calé sur la station de Vaison-La-Romaine (V6052010). Un sur le Toulourenc calé sur la station du hameau de Veaux (V6035010). Les modèles ont été spatialisés par ajustement (superficie, précipitation, évapotranspiration) à chacun des 16 sous-bassins versants. Aucun calage en débit n'a été réalisé pour les spatialisations du modèle compte tenu de l'absence de données sur chaque sous-bassin versant. 18 points de calcul ont été choisis sur le bassin versant de l'Ouvèze, dont 2 correspondant à des points stratégiques de référence SDAGE.</p>		<p>Page 67</p> <p>Page 68</p> <p>Pages 73 -74</p>
<p><i>Hypothèses retenues :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Les bassins de l'Ouvèze et du Toulourenc sont homogènes sur le plan hydrologique. - Le modèle est peu sensible aux variations de l'évapotranspiration en moyenne annuelle. - La répartition dite de Thiessen des pluies est applicable sur le bassin de l'Ouvèze. - Les courbes de tarissement sont représentatives de l'hydrologie non influencée. - Les influences connues sont effectivement représentatives des influences réelles. - Les écoulements, ou débits d'un cours d'eau sont une fonction linéaire de la pluie nette (Précipitation brute – évapotranspiration). - le calcul des volumes agricoles en réseau gravitaire a été calculé comme suit : <ul style="list-style-type: none"> - Le volume maximum estimé : $Volume\ max = Durée\ d'ouverture\ entre\ 01\ avril\ et\ 30\ septembre \times Débit\ moyen\ max$ - Le volume prélevé estimé (volume min) : $Volume\ min = 0.75 \times Volume\ max$ - Une fois le modèle calibré ou calé sur un point de référence, il est extrapolé sur les points d'intérêt intermédiaires ou points de calcul. 		<p>Page 65</p> <p>Page 76</p>
<p><i>Incidence sur le choix des valeurs réglementaires :</i></p> <p>Les valeurs obtenues en chaque point de gestion peuvent être comparées aux débits de référence réglementaires, à savoir :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Débit réservé : 1/10 et 1/40 du module. • Débit pour calcul des seuils réglementaires au titre de l'article R214 – 1 CE nomenclature 1.2.1.0 (seuil de déclaration : 2% du débit d'étiage, seuil d'autorisation : 5% du débit d'étiage). • Débit de référence pour suivi sécheresse en Vaucluse. 		<p>Page 78</p>
<p><i>Besoins et suites à donner :</i> Récupérer en chaque point de gestion les débits de référence réglementaires.</p>		

Fiche de synthèse : Reconstitution de l'hydrologie non-influencée et influencée



5.1 Éléments de méthode

La reconstitution de l'hydrologie non influencée s'appuie sur la modélisation de la réponse hydrologique du bassin versant.

Il existe deux grandes familles de modélisation : Les modèles distribués et globaux. Les premiers reproduisent avec une précision très fine le comportement d'un petit bassin versant (typiquement moins de 20 km²). Cette précision est apportée par la décomposition du territoire en « cellules » de moins de 100 m de côté, pour lesquelles de multiples variables sont déterminées précisément.

La seconde famille est utilisée lorsque la connaissance du bassin est plus succincte, ce qui est le cas généralement pour un bassin de plus de 100 km². Ils représentent le fonctionnement du bassin par le truchement de « réservoirs », qui retranscrivent globalement le ruissellement et les infiltrations du bassin dans son ensemble.

Il est possible d'affiner l'analyse des modèles globaux en les spatialisant, c'est-à-dire en les appliquant à plus petite échelle pour l'adapter aux caractéristiques des sous-bassins. C'est la méthode appliquée ici, à partir d'un sous-bassin de référence.

Cette modélisation doit être « calée » sur des valeurs de débits observés, durant une période suffisamment longue (2 ans minimum), pour laquelle les précipitations et évapotranspiration sont connues.

Il est alors possible d'extrapoler, connaissant les précipitations et évapotranspirations, un calcul des débits sur une plus longue période.

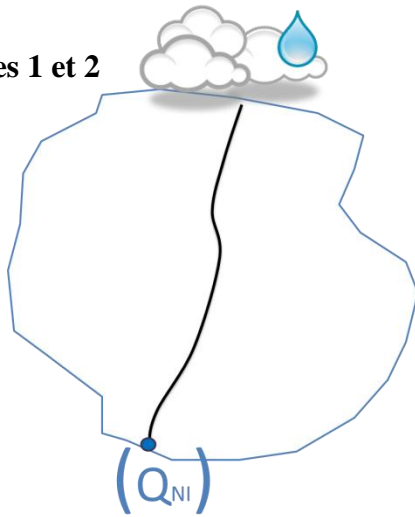
Pour réaliser cette modélisation, il est nécessaire de disposer de données météorologiques, et de mesures journalières de débits.

À ce titre, le choix a été fait de **réaliser les calculs statistiques de débits sur la base de débits modélisés à partir des données des deux stations de calage (sur l'Ouvèze à Vaison-La-Romaine, sur le Toulourenc à Veaux).**

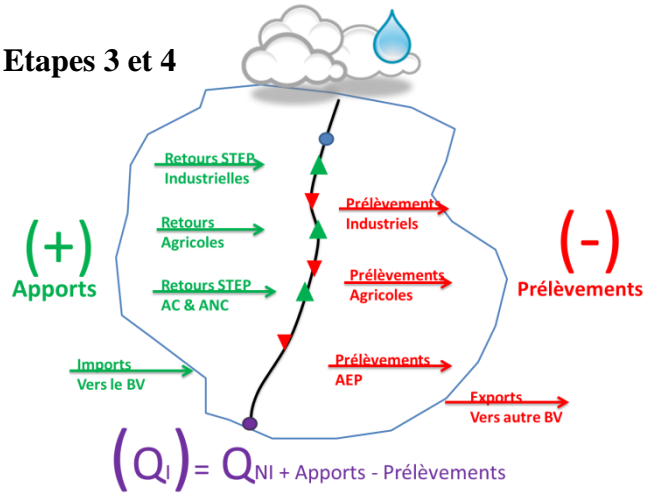
La reconstitution de l'hydrologie non influencée repose ainsi sur les étapes suivantes :

- Etape 1 : Constitution d'une série continue de données météorologiques (ETP, Pluie) ;
- Etape 2 : Exploitation de cette série de données pour définir les débits caractéristiques non influencés à partir d'un modèle global pluie-débit ;
- Etape 3 : Définition des niveaux d'influence à partir des restitutions et prélèvements déterminés lors de la phase 2 en prenant comme référence l'année 2009 (mieux connue en termes de prélèvements et apports);
- Etape 4 : Définition des débits caractéristiques influencés en intégrant les influences aux débits naturels fournis par le modèle.

Etapes 1 et 2



Etapes 3 et 4



Les données exploitées

5.1.1 Les données météorologiques (ETP, pluie)

Les données de pluie et d'évapotranspiration (ETP) sont parcellaires ; il est donc nécessaire de les reconstituer (dans le temps et dans l'espace) afin de pouvoir utiliser un modèle pluie – débit, sur l'ensemble du bassin versant.

5.1.1.1 Traitement de l'évapotranspiration

Afin de combler les données manquantes, l'évapotranspiration a été reconstituée selon deux méthodes :

- un calcul basé sur la température à une latitude donnée, en utilisant une méthode simplifiée développée par l'IRSTEA.
- une comparaison entre l'évapotranspiration moyenne mesurée à Carpentras et celle des différentes stations du bassin (Buis les Baronnies, Saint Auban et Vaison la Romaine).

Les meilleures approximations ont été obtenues avec la seconde méthode (comparaison avec la station de Carpentras). Par conséquent, **les valeurs d'évapotranspiration de la station de Carpentras ont été retenues pour compléter les données.** La différence inter-annuelle journalière moyenne obtenue est de 0,5 mm/jr.

5.1.1.2 Évaluation des pluies moyennes par sous bassin

La méthode de Thiessen* a été utilisée, afin de reconstituer une pluie moyenne sur chaque sous-bassin représentatif. Cette méthode couramment utilisée donne une bonne approximation des précipitations.

Grâce à cette méthode, un découpage géographique a été attribué à chaque station de mesure (figure f). À l'intérieur de cette zone, les précipitations sont considérées comme étant uniquement dues à la station de mesure afférente. Le recoupement de cette zone avec la superficie du sous-bassin considéré donne un coefficient à appliquer aux précipitations de la station considérée. La pluie moyenne sur le sous-bassin est la somme des précipitations ainsi pondérées.

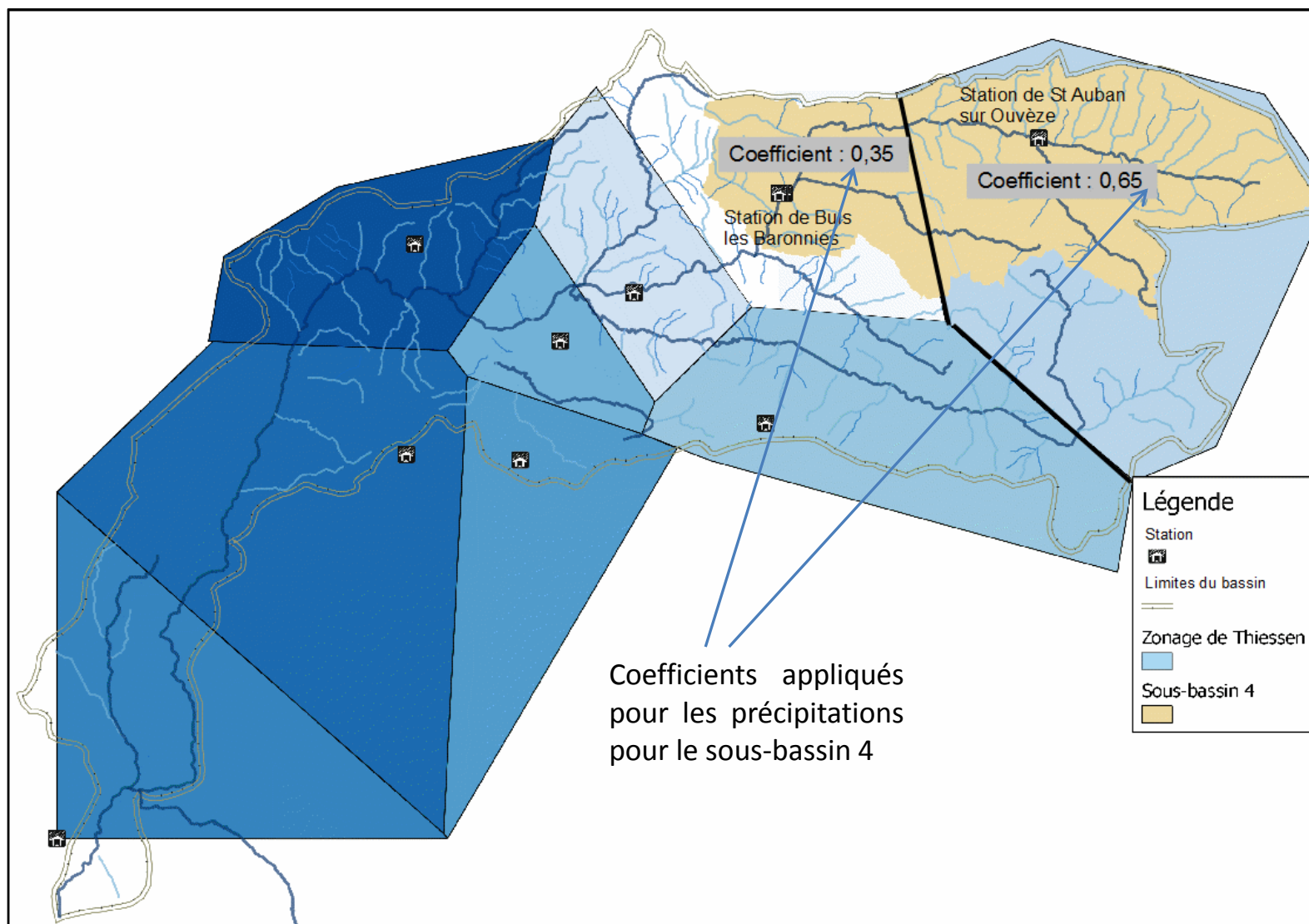
À titre d'exemple la carte de la page suivante présente les coefficients appliqués sur le sous-bassin du point de calcul 4. L'ensemble des coefficients appliqués est fourni en annexe.

Le bassin de l'Ouvèze a été découpé en neuf zones de Thiessen.

***La méthode de Thiessen :**

Cette méthode consiste à définir des zones pour lesquelles chacun de ses points soit plus proche en distance horizontale du pluviomètre considéré. À chaque station pluviométrique est attribué un poids (pourcentage) proportionnel à la surface de sa zone.

Figure f Zone d'influence des précipitations (méthode de Thiessen)



5.1.2 Les données hydrométriques

On utilise **un modèle pluie – débit** calé sur les débits mesurés par les deux stations de référence retenues, l'Ouvèze à Vaison-la-Romaine (V6052010) et la station du Toulourenc à Vaux (V6035010), pour les années 1998 à 2000, avec :

- Les précipitations reconstituées sur l'ensemble du bassin,
- Les données d'évapotranspiration de la station de Carpentras (bassin du Sud-Ouest Mont Ventoux) en complément des données manquantes pour les stations du bassin de l'Ouvèze.

Station(s) utilisée(s)	Période(s) de calage du modèle
Vaison-la-Romaine sur l'Ouvèze Hameau de Vaux sur le Toulourenc	1998 - 2000

5.2 Mise en œuvre d'une modélisation hydrologique globale

5.2.1 Choix du modèle

L'objectif de la mise en œuvre d'un modèle hydrologique, est de définir une fonction de transfert Pluie-Débit reproduisant au mieux les débits d'étiage du réseau hydrographique.

Compte tenu des données disponibles, des objectifs d'utilisation d'un modèle hydrologique, et du contexte du bassin versant, notre choix s'est porté sur un modèle global pour reconstituer la réponse du bassin versant : **le modèle GR4J** (cf. annexe : GR4J – CEMAGREF).

À l'égal d'un modèle distribué, utilisant des cellules unitaires couplées à un système d'information géographique (SIG), le modèle modélise deux éléments principaux :

- La fonction de production : transformation de la pluie en ruissellement.
- La fonction de routage : restitution des infiltrations dans le sol d'une partie des eaux de pluie, via la nappe.

Étant donné les hypothèses formulées, et dans la mesure où nous ne pouvons pas constituer un modèle tridimensionnel satisfaisant, la mise en œuvre d'un modèle distribué ne se justifie pas.

Afin de spatialiser le modèle global GR4J, nous l'avons **couplé à un SIG qui permet de l'ajuster à chacun des 16 sous-bassins de calcul**. L'ajustement consiste à adapter les paramètres caractéristiques du bassin versant (superficie, pluie et évapotranspiration), et non à caler le modèle sur des valeurs de débits spécifiques au sous-bassin de calcul, ces valeurs de débits n'étant pas disponibles.

5.2.2 Principe d'évaluation du modèle

L'analyse de la restitution du modèle sera basée sur une comparaison avec les enregistrements hydrométriques des stations de l'Ouvèze à Vaison-la-Romaine et de Toulourenc à Vaux.

Cette démarche permettra de simuler des débits pour des périodes non couvertes par la station hydrométrique, pour lesquelles les données météorologiques sont reconstituées, à savoir 1976 - 2010.

5.2.3 Démarche méthodologique pour le calage des modèles

Les données des stations sur l'Ouvèze à Vaison-la-Romaine et du Toulourenc à Vaux sont utilisées comme référence pour créer deux **modèles pluies – débits** : un premier modèle (modèle 1) pour l'ensemble des points de l'Ouvèze. Un second modèle (modèle 2) est utilisé pour le calcul des débits sur les points amont et aval du Toulourenc (DMB Toulourenc 2 et 1).

La période allant de 1998 à 2000 servira de calage pour les deux modèles. Ce choix a été fait selon les critères suivants :

- sélection de la période la plus proche possible des années d'étude de la phase 2 (2003-2009) ;
- disponibilité des données pluviométriques ;
- qualité des données hydrométriques.

À retenir :

Compte tenu des données disponibles une approche par modèle global (GR4J) a été retenue.

Deux modèles ont été réalisés :

Un sur l'Ouvèze, calé sur la station de Vaison-La-Romaine (V6052010).

Un sur le Toulourenc calé sur la station du hameau de Veaux (V6035010).

Les modèles ont été spatialisés par ajustement (superficie, précipitation, évapotranspiration) à chacun des bassins versants.

Aucun calage en débit n'a été réalisé pour les spatialisations par absence de données sur chaque sous-bassin versant.

5.3 Calibrage des modèles numériques

Cette opération a consisté à déterminer les paramètres de fonctionnement du modèle afin que ce dernier soit représentatif des écoulements du bassin versant.

Le modèle requiert 4 paramètres (cf. annexe).

X1	Fonction de production : <i>transformation pluie - ruissellement</i>
X2	Fonction d'échanges : <i>description des infiltrations</i>
X3	Fonction de routage : <i>retours des nappes</i>
X4	Hydrogramme unitaire : <i>réponse caractéristique du bassin</i>

Afin d'ajuster les paramètres, des fonctions de convergence ont été utilisées ; les valeurs sont calées pour représenter au mieux les courbes de tarissement.

5.3.1 Sur l'Ouvèze à Vaison-la-Romaine (V6052010)

Les hydrogrammes de la Figure g et h illustrent les résultats de calculs des débits. Les courbes de tarissements sont bien restituées, au détriment des pointes de débit. Ceci est voulu par le principe des choix du calage appliqué (calage pour l'observation des étiages). En particulier, figure h de gauche le point d'aboutissement suite une longue période sans pluie (non visible figure h mais qui correspond aux 500 - 530^{ème} jours de la figure g, coïncide entre débit observé et simulé. Le tarissement moyen restitué fig h à droite correspond au tarissement observé.

Cependant, les deux figures montrent aussi une surestimation de la réponse du bassin à des épisodes pluvieux courts, consécutifs à un épisode pluvieux conséquent. C'est le résultat d'un compromis de calage entre la prédominance fonction de routage (nappe très chargée, et restitution immédiate) et fonction de production.

Le graphe h met en relief, un « décrochage » rapide (en rouge sur le graphique) du débit mesuré par la station. Il faut remarquer que cet événement se situe 950 jours après le 01/01/1998, soit le 07 août 2000 ; cela est probablement dû à une intervention humaine (prélèvements), que le modèle n'est pas en mesure de restituer, puisqu'il retranscrit les débits non influencés.

5.3.2 Sur le Toulourenc à Vaux (V6035010)

Comme on l'observe sur les hydrogrammes de la Figure i page 73 , le cours du Toulourenc est nettement moins sujet à des influences (prélèvements et restitutions).

De même que précédemment, les débits de crue sont mal restitués, cependant **le tarissement calculé du cours d'eau rend bien les temps de décrue.**

À retenir :

Deux modèles hydrologiques ont été calés sur les débits d'étiage

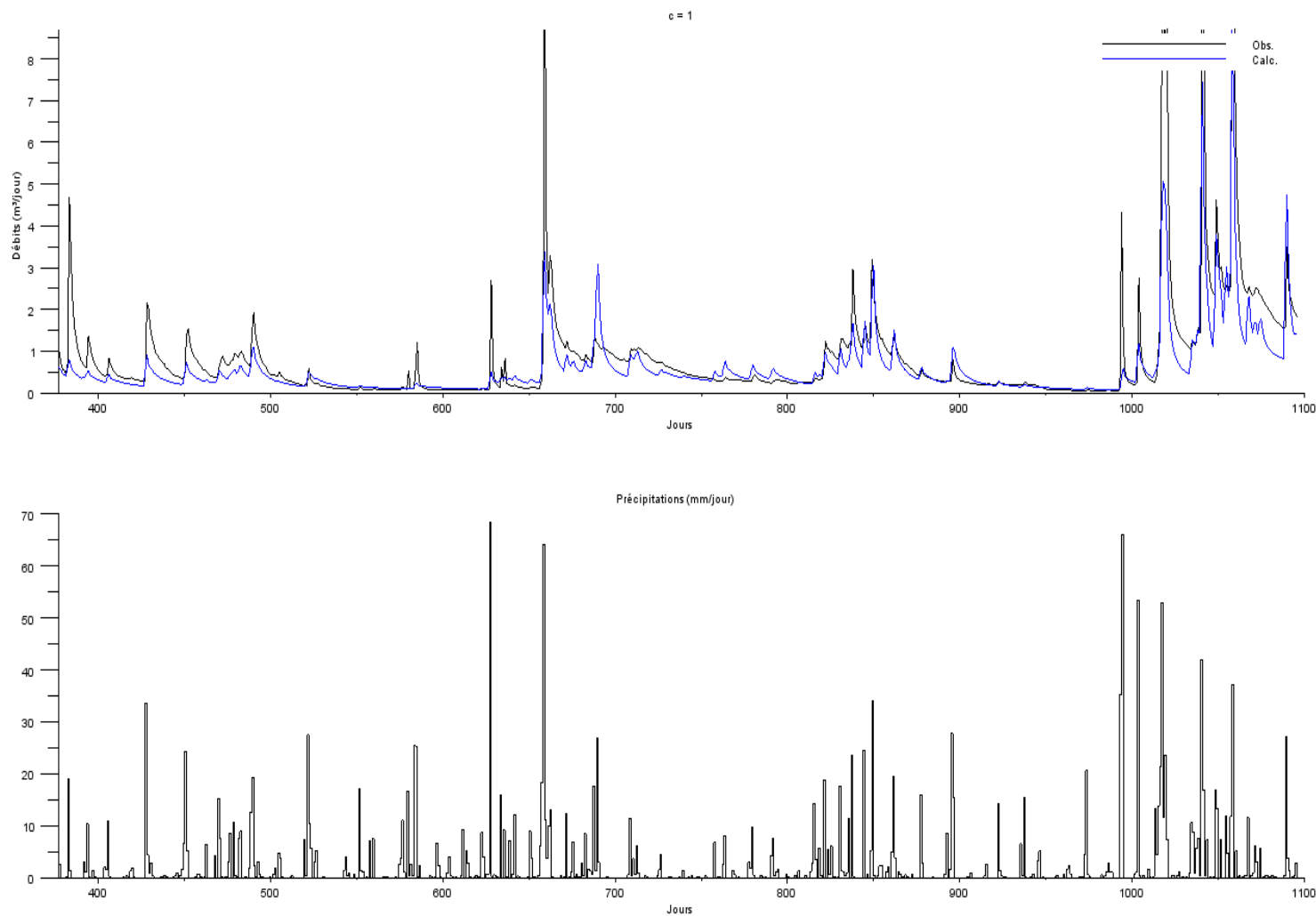


Figure g Hydrograme de calage, comparaison des débits calculés (Calc) et mesurés (obs) pour l'Ouvèze à Vaison la Romaine (V6052010)

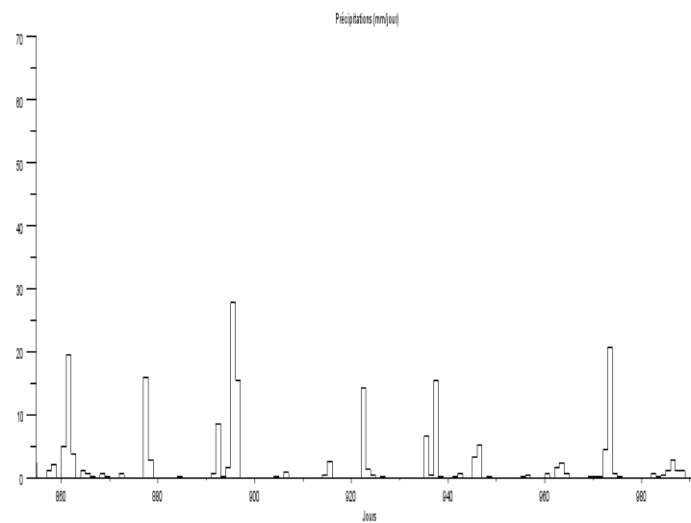
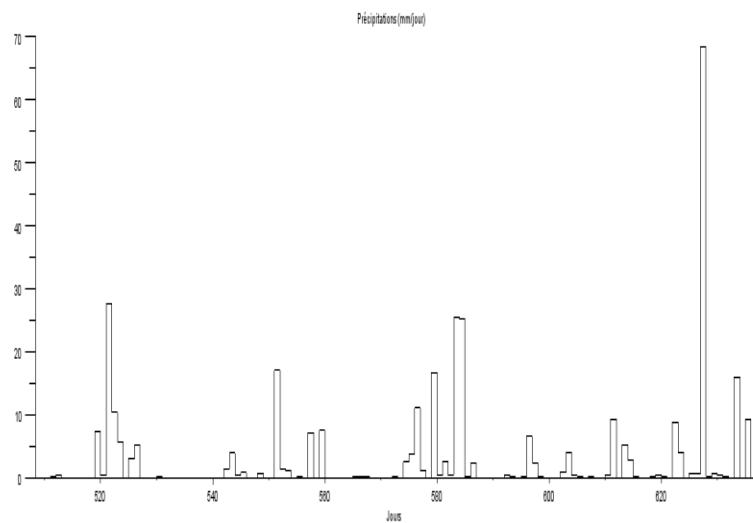
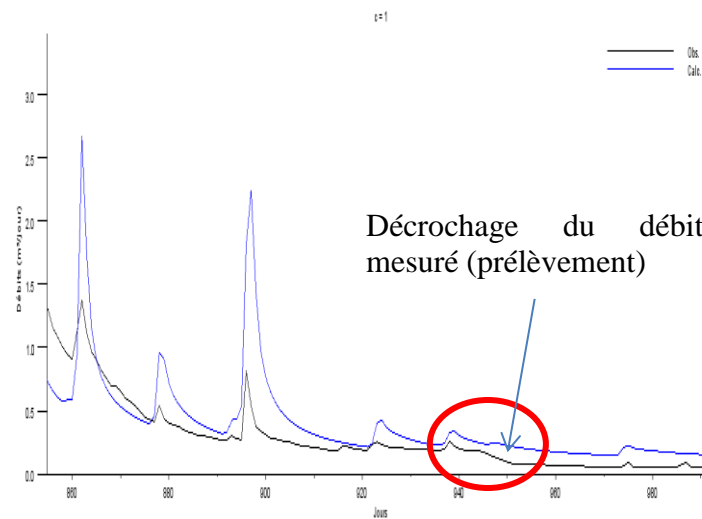
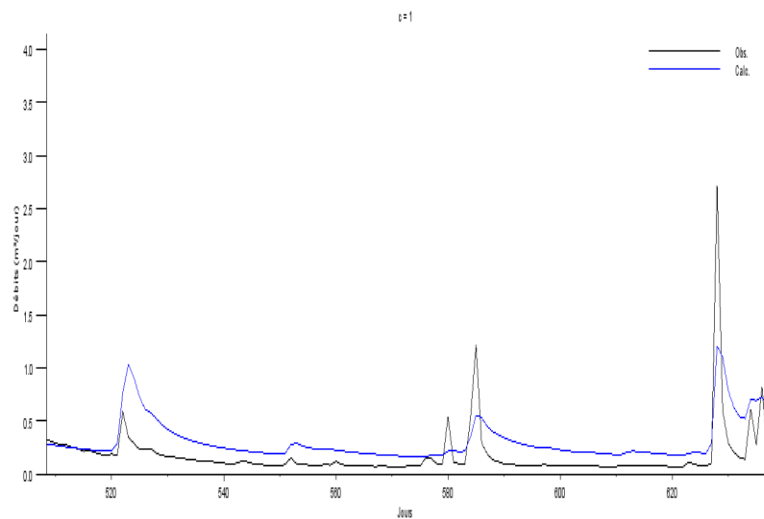


Figure h restitution des périodes d'étiage (à gauche : 06/1999 à 09/1999 ; à droite 05/1999 à 09/1999)

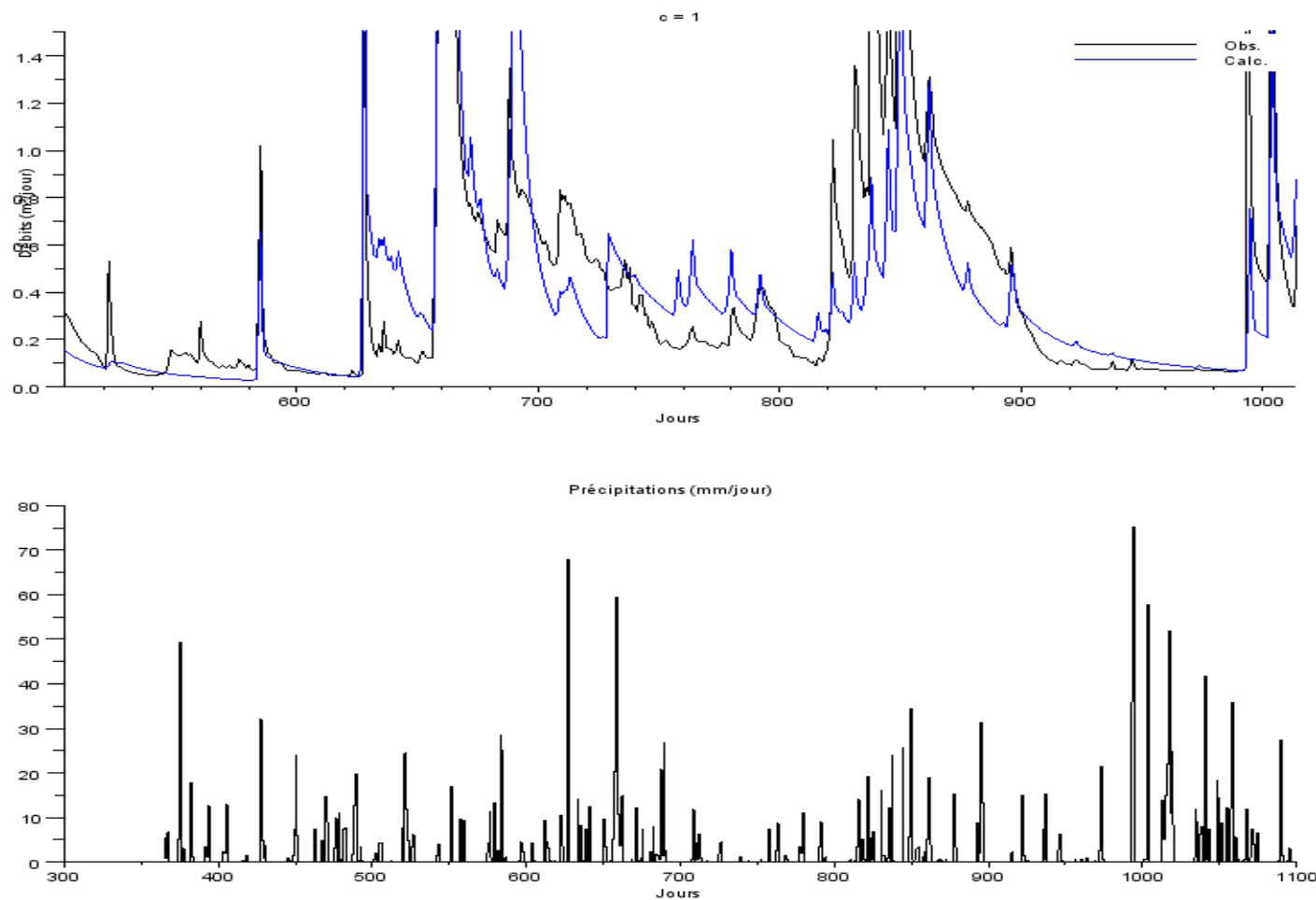


Figure i: Hydrogramme de calage du modèle sur le Toulourenc (station de référence V6035010)

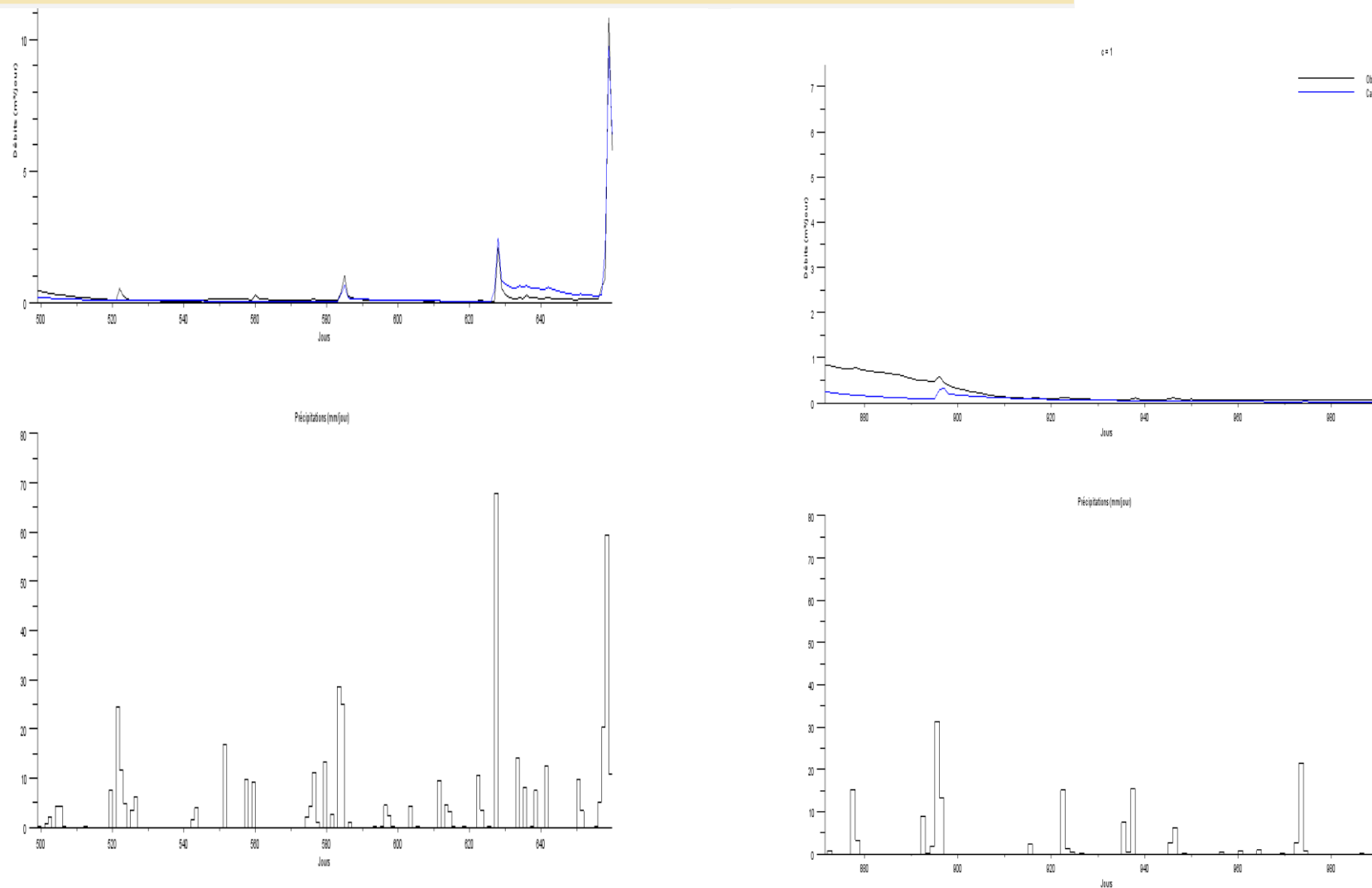


Figure j Restitution des périodes estivales (années 1999 – 2000) pour le modèle calé sur la station du Toulourenc (V6035010)

5.4 Débits caractéristiques aux points de gestion

5.4.1 Définition des points de gestion

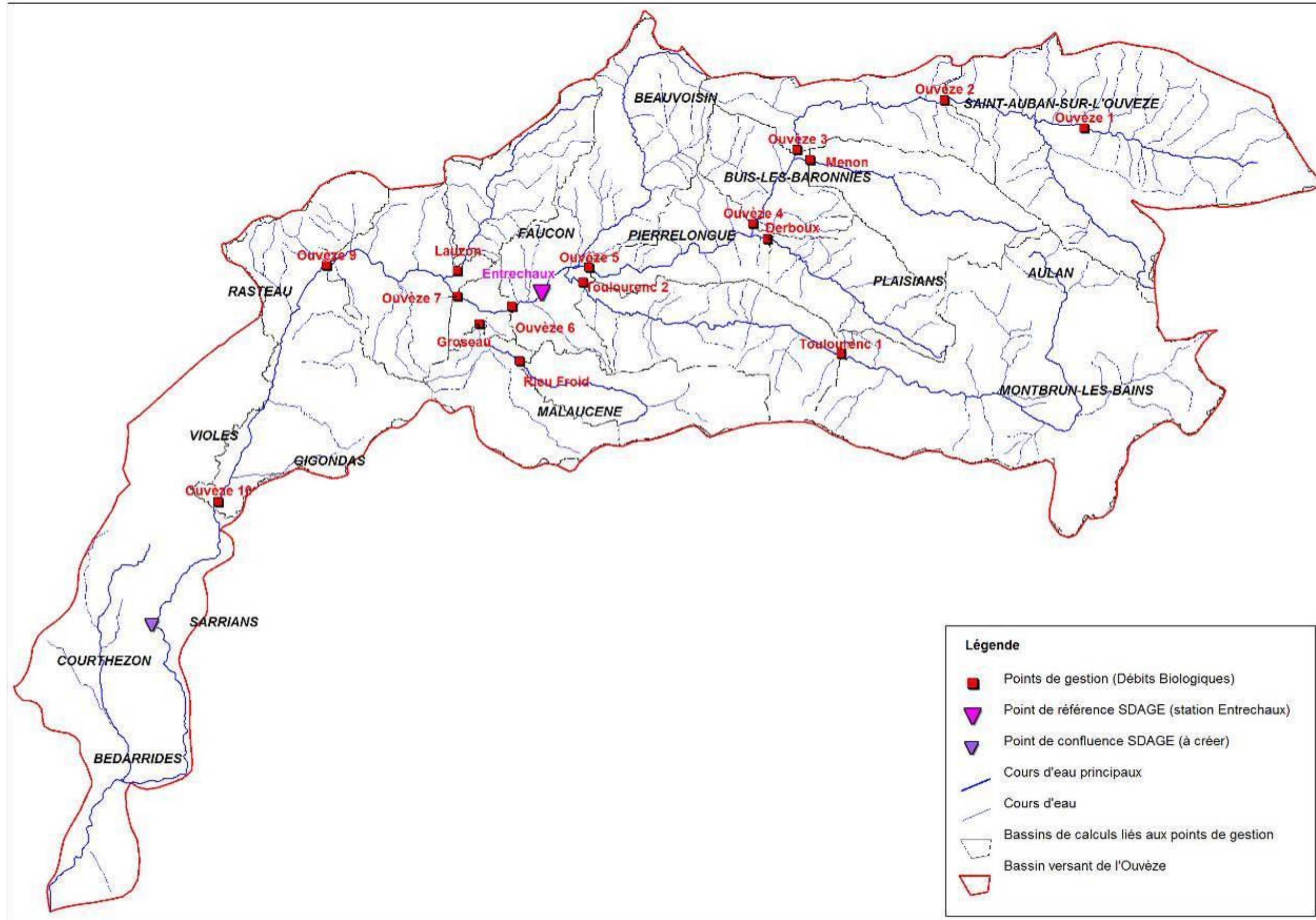
Dans le cadre du SDAGE, certains points de mesure existants ont été identifiés en point de gestion, et serviront aux suivis des étiages. Ces points de suivis sont dénommés « points stratégiques de référence ».

Conformément au CCTP, « ... des points complémentaires correspondant à des tronçons homogènes en cours d'eau ou des secteurs hydrogéologiques à comportement homogène et situés en aval des zones de prélèvement » ont été définis, en « cohérence avec le découpage en masses d'eau DCE ». Ces points complémentaires ont vocation à faire l'objet, soit d'un équipement en station hydrométrique ou piézométrique, soit d'une règle de corrélation avec une station existante. En pratique les points stratégiques de référence serviront de support pour le suivi des Débits d'Objectif d'Étiage (DOE).

Dans le cadre des étapes précédentes, les principales zones de prélèvements ont été ciblées et ont permis de définir les points de gestion complémentaires. 18 points sont retenus (points de définition des Débits Biologiques + points de référence du SDAGE) en accord avec l'ONEMA, et le SMOP.

Point de gestion	SDAGE	Rivière	Localisation	Commentaires
Ref.SDAGE 1	Oui	Ouvèze	Entrechaux à la station de mesure V6042010	- Point stratégique de référence défini dans le SDAGE
Ref.SDAGE 2	Oui	Ouvèze	Au lieu-dit les Grônes, proche de la route D 950d	- Point stratégique de confluence défini dans le SDAGE - Zone d'assec régulier de l'Ouvèze
Ouvèze 1	Non	Ouvèze	En amont de Saint Auban sur Ouvèze, lieu-dit Saint Pierre, au pont de la D65.	- Point d'entrée sur le bassin versant - Permet d'intégrer les influences amont
Ouvèze 2	Non	Ouvèze	En aval de la confluence avec le Charuis. A la confluence du ruisseau de Guérindon, commune de Saint Euphémie sur Ouvèze.	• Permet d'intégrer les influences entre les tronçons 1 et 2 et les apports du Charuis
Ouvèze 3	Non	Ouvèze	En amont de la confluence avec le Menon, à Buis les Baronnie en aval de la Font d'Annibal.	- Permet d'intégrer les influences entre les tronçons 2 et 3
Ouvèze 4	Non	Ouvèze	En amont de la confluence avec le Derbous au hameau de Cost.	• Permet d'intégrer les influences entre les tronçons 3 et 4, et les apports du Menon
Ouvèze 5	Non	Ouvèze	En amont du Toulourenc 2 et en aval du Derboux, lieu-dit la Grange Neuve à Mollans sur Ouvèze..	• Permet d'intégrer les influences entre les tronçons 4 et 5, et les apports du Derboux • Situé à 2,8 km en amont du point nodal de référence SDAGE.
Ouvèze 6	Non	Ouvèze	Entre les confluences du Toulourenc et du Groseau, au lieu-dit « basses Espagnoles »	• Permet d'intégrer les influences entre les tronçons 5 et 6, les apports du Toulourenc et de l'Eygumarse • Situé à 1,4 km en aval du point nodal de référence SDAGE.

Point de gestion	SDAGE	Rivière	Localisation	Commentaires
Ouvèze 7	Non	Ouvèze	En amont du Lauzon et en aval du Groseau, à Saint Marcellin lés Vaison.	<ul style="list-style-type: none"> Point de fermeture du bassin amont de l'Ouvèze Permet d'intégrer les influences entre les tronçons 6 et 7, les apports du Groseau
Ouvèze 9	Non	Ouvèze	En aval du tronçon Ouvèze 7 et dans le bassin intermédiaire de l'Ouvèze à Roaix.	<ul style="list-style-type: none"> Point d'entrée du bassin intermédiaire de l'Ouvèze Permet d'intégrer les apports et les influences du bassin amont Situé à 7,3 en amont km du point nodal de référence SDA
Ouvèze 10	Non	Ouvèze	En amont du canal de Carpentras dans la zone d'assec de l'Ouvèze, et en aval de Violés au lieudit Saint Joseph.	<ul style="list-style-type: none"> Marque le début de la zone d'étiage régulier et l'aval de la zone d'étiage périodique. Situé à 7 km en amont du point nodal de confluence défini dans le SDAGE.
Menon	Non	Menon	En aval du bassin versant du Menon	<ul style="list-style-type: none"> Point de fermeture du bassin versant du Menon Permet d'intégrer toutes les influences du bassin versant
Derboux	Non	Derboux	En aval du bassin versant du Derboux	<ul style="list-style-type: none"> Point de fermeture du bassin versant du Derboux Permet d'intégrer toutes les influences du bassin versant
Toulourenc 1	Non	Toulourenc	En amont du bassin du Toulourenc, sur la commune de Brantes.	<ul style="list-style-type: none"> Point d'entrée sur le bassin versant du Toulourenc Permet d'intégrer les influences amont
Toulourenc 2	Non	Toulourenc	En aval du cours d'eau.	<ul style="list-style-type: none"> Point de fermeture du bassin versant du Toulourenc Permet d'intégrer les influences entre les tronçons 1et 2
Rieufroid	Non	Rieu Froid	En amont du bassin versant du Rieu Froid	<ul style="list-style-type: none"> Point d'entrée sur le bassin versant du Rieu Froid Permet d'intégrer les influences amont
Groseau	Non	Groseau	En aval du Rieufroid	<ul style="list-style-type: none"> Point de fermeture du bassin versant du Rieu Froid Permet d'intégrer toutes les influences du bassin versant
Lauzon	Non	Lauzon	Avant la confluence avec l'Ouvèze	<ul style="list-style-type: none"> Point de fermeture du bassin versant du Rieu Froid Permet d'intégrer toutes les influences du bassin versant Peut-être un point de contrôle de vidange des Maffres.



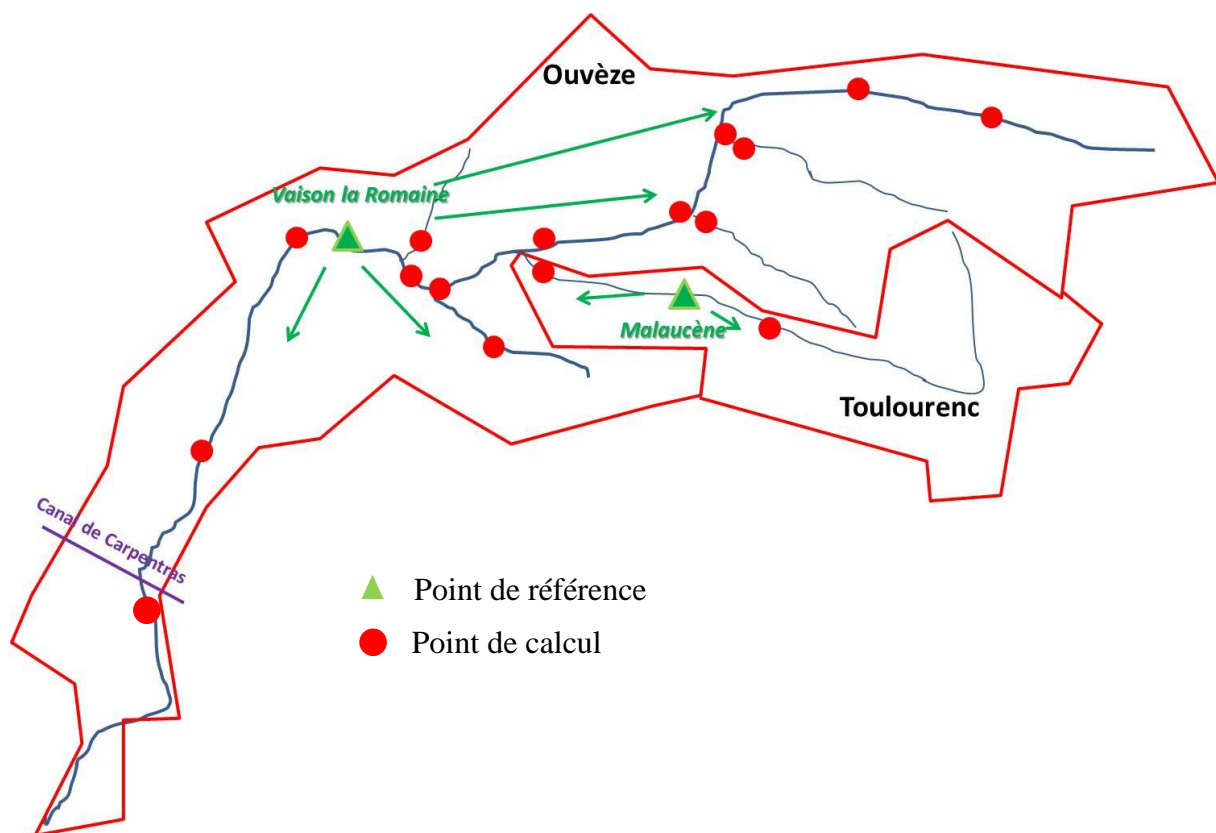
Carte 8: Localisation des points stratégiques de référence

5.4.2 Extrapolation du modèle global : Méthodologie

Les travaux de modélisation engagés se déclinent en trois étapes :

- Étape 1: Extrapolation du modèle calé (sur la station de l'Ouvèze à Vaison-la-Romaine, sur la station du Toulourenc au hameau de Veaux) sur les autres tronçons de l'Ouvèze et du Toulourenc, avec modification des paramètres de calcul (superficie sous-bassins, pluie et ETP)
- Étape 2 : Exploitation du modèle calé et modifié pour reconstituer les débits non influencés.
- Étape 3: Intégration des influences sur les résultats obtenus pour reconstituer les débits influencés.

Figure k Méthodologie de reconstitution des débits sur le bassin versant



5.4.1 Extrapolation du modèle sur l'Ouvèze

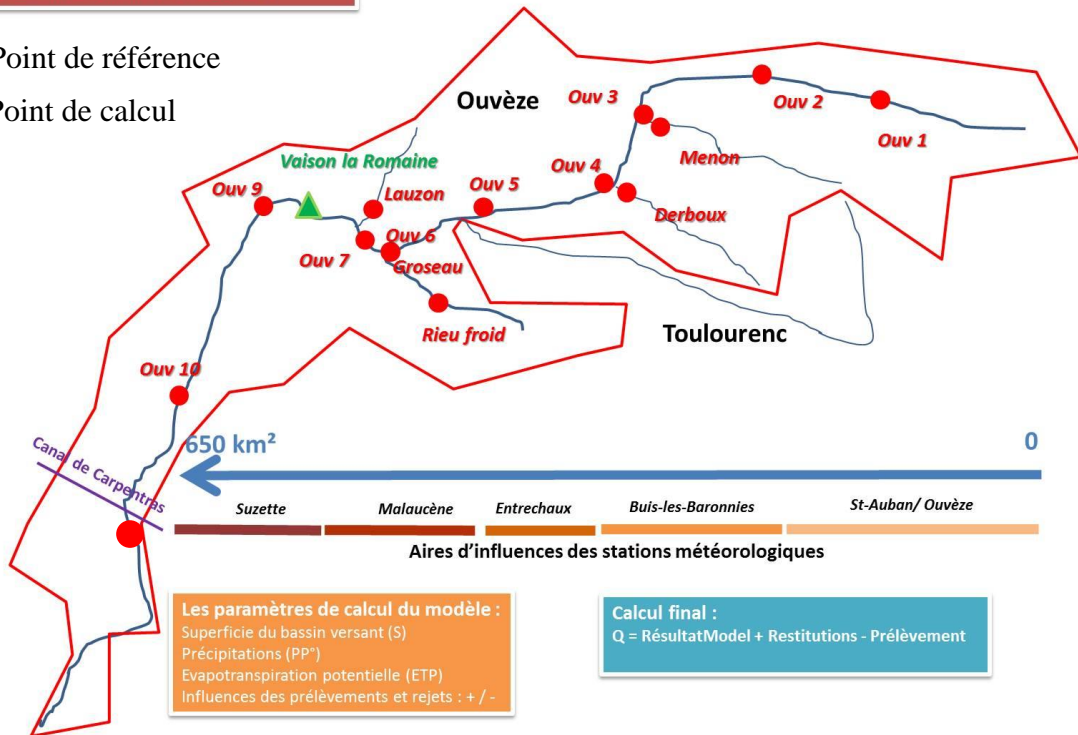
La figure k présente une synthèse de la méthodologie appliquée sur l'Ouvèze. Pour le sous-bassin du Toulourenc, se reporter à la figure m § 5.4.1.4.

Figure l: Méthodologie de reconstitution des débits sur l'Ouvèze

Points de calculs du modèle :
 Nombre : 14
 Type : Points Nodaux (DMB)
 Nom : Ouvèze de 1 à 9, Menon, Derboux, Lauzon, Groseau, Rieu Froid
 Atouts :
 Position :
 Plusieurs jaugages connus
 Difficultés :
 Influence des prises et rejets des ASAs
 Influence des rejets et des prélèvements AEP/Agricoles
 Influences identifiées seulement sur 2003-2009

Station(s) de calage du modèle :
 Nombre : 1
 Type : station hydrométrique
 Nom : Station de L'Ouvèze à Vaison La Romaine
 Atouts :
 Période d'acquisition longue
 Données fiables selon l'exploitant
 Corrélation avec les débits mesurés sur l'aval du Toulourenc
 Difficultés :
 Estimation des influences

- ▲ Point de référence
- Point de calcul



5.4.1.1 Résultats des calculs de débits

Les QMNA5 et 1/10^{ième} du module sont représentés sur la carte de la page suivante, pour chaque point de gestion. Par la suite, ces QMNA et modules seront comparés aux débits de référence réglementaire pour statuer sur les évolutions à apporter.

Ces résultats mettent en exergue le différentiel de débits amont / aval, égal à 2,7 m³ ainsi que les niveaux d'influences. Jusqu'à Buis-les-Baronnies, les influences sont faibles, mais deviennent importantes en restitution jusqu'au Derboux. En aval du Derboux, la tendance s'inverse, les prélèvements devenant plus importants que les restitutions.

Hormis pour les deux cas particuliers que sont les points Ou 10 et Ou 9, le détail des résultats fait l'objet d'un ensemble de tableaux reportés en annexe du présent document.

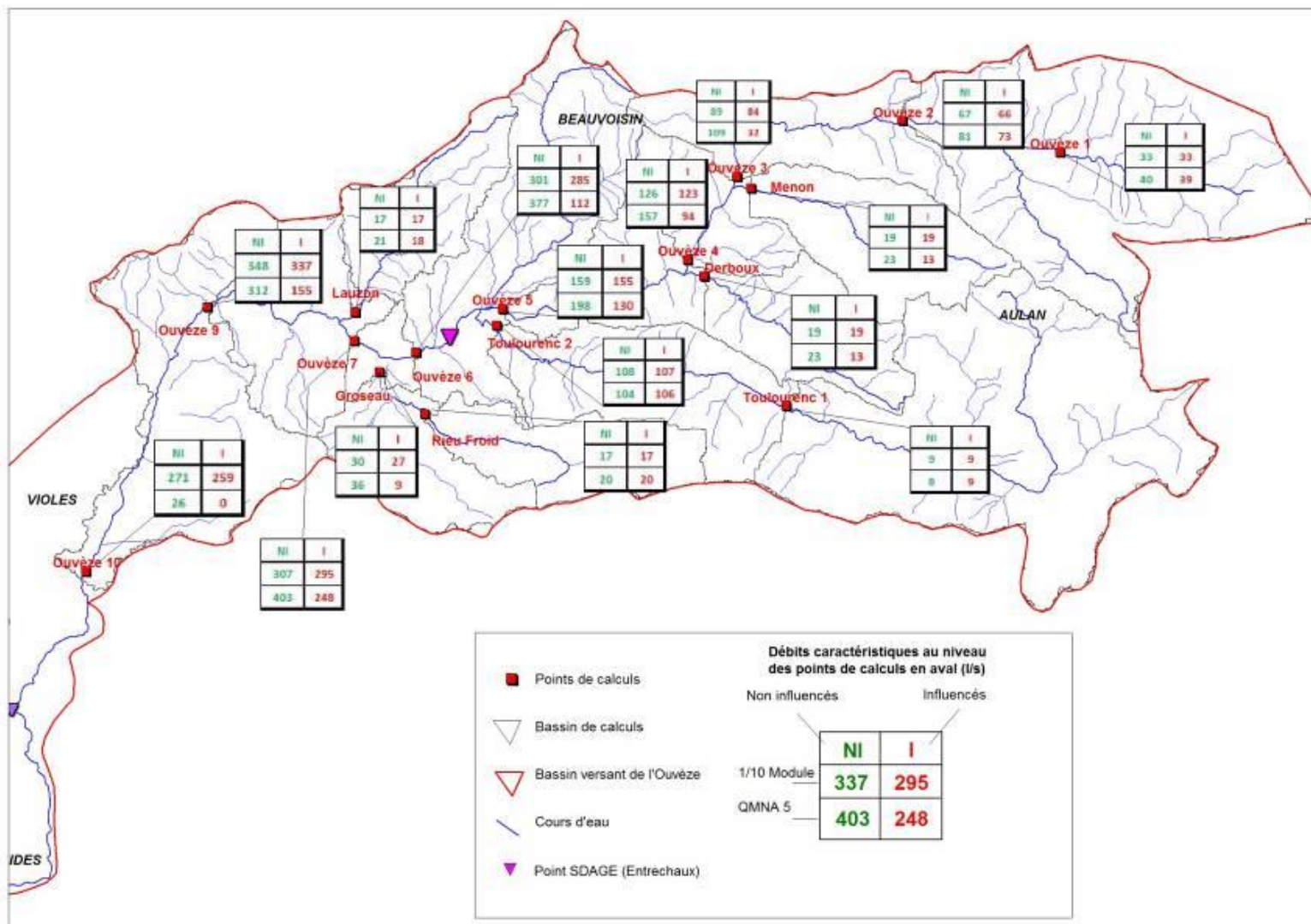


Figure m: Vue d'ensemble des résultats de calcul sur l'Ouvèze

5.4.1.2 Cas particulier du point de calcul Ouvèze 10

5.4.1.2.1 Contexte hydrographique

Ce point se situe en aval du bassin, sur une zone régulièrement à sec qui s'étend sur près de 20 km.

La campagne de jaugeages de 2011 (cf. § 3 sur les étiages), a montré que la nappe alluviale de l'Ouvèze, draine globalement le cours d'eau (même si localement des inversions peuvent être constatées : alimentation du cours d'eau par la nappe), avec une valeur moyenne de perte de 26 l/s/km, ce qui correspond à une perte cumulée de débit naturel entre Vaison-La-Romaine et le point 10 de 440 l/s (17 km).

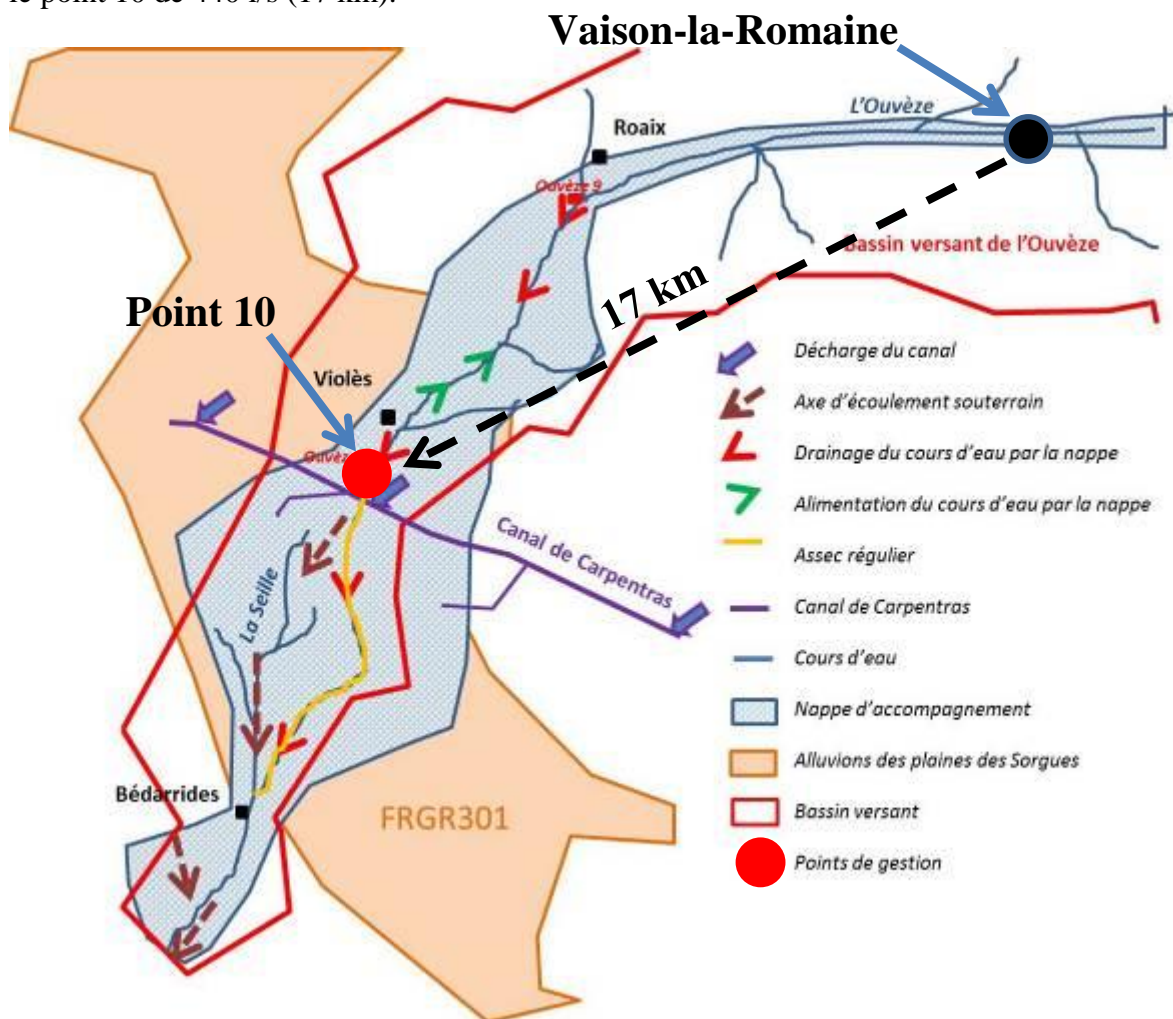


Figure n: Schéma des relations nappe – rivière dans le secteur du point de calcul 10

5.4.1.2.2 Contexte anthropique

Statistiquement, les valeurs moyennes de prélèvement (sur la période d'analyse de 1976 à 2010) sont de 398 l/s pour le bassin versant associé au point 10.

Les valeurs moyennes de restitution sont quant à elles de 207 l/s.

Le bilan des influences, montre un déficit de 191 l/s au point 10 (prélèvements - apports).

Pour la période estivale (juin, juillet, août) les valeurs moyennes sont les suivantes :

- Prélèvements : 775 l/s.
- Restitutions : 393 l/s.
- Influences (prélèvements – apports) : 362 l/s (déficit).

On constate bien logiquement une aggravation des déficits en période estivale (+ 90 %).

5.4.1.2.3 Débits statistiques

Dans le tableau ci-après, la valeur calculée du module (résultat du modèle) pour le **débit non influencé** (3216 l/s) doit être corrigée de la perte naturelle due au drainage de la nappe de l'Ouvèze (440 l/s). On obtient ainsi la valeur calculée du module avec ajustement (soit 2716 l/s).

Cette correction de 440 l/s est également appliquée pour l'ensemble des valeurs (QMN et VCN). Les corrections appliquées au 1/10 et 1/20 de module sont respectivement de 44 l/s et 22 l/s.

Nota :

Hypothèse retenue : Permanence tout au long de l'année de la perte de 440 l/s (par drainage naturel de l'Ouvèze par sa nappe).

Les débits influencés ont été calculés comme suit :

- Débit influencé = débit non influencé – influences (pour le module, l'influence est un déficit de 191 l/s comme vu précédemment).

Hypothèse retenue : les influences retenues sont considérées sur la totalité de l'année ; or, on a vu ci-dessus que les influences analysées sur la période estivale présentent un déficit majoré de 90%. Ainsi, les résultats affichés sur les débits influencés correspondent à des valeurs hautes des débits (majorantes).

La valeur de jaugeage réalisée lors de la campagne de juillet 2011, donne une valeur de débit de 224 l/s qui correspond globalement à une valeur QMNA(2) ajustée (250 l/s).

Les débits de référence réglementaires pourront être comparés aux valeurs obtenues, à savoir :

- Débit réservé : 1/10 et 1/40 du module.
- Débit pour calcul des seuils réglementaires au titre de l'article R214 – 1 CE nomenclature 1.2.1.0 (seuil de déclaration : 2% du débit d'étiage, seuil d'autorisation : 5% du débit d'étiage).
- Débit de référence pour suivi sécheresse en Vaucluse.

Débits non influencés				Débits influencés			
Type de débit	Valeur (l/s)	Valeur avec ajustement (l/s)	Intervalle de confiance à 95 % sur la valeur calculée	Type de débit	Valeur (l/s)	Valeur avec ajustement (l/s)	Intervalle de confiance à 95 % sur la valeur calculée
Module	3216	2716		Module	3026	2586	
1/10 Module	321	271		1/10 Module	302	258,6	
1/20 Module	161	135		1/20 Module	151	129,3	
QMNA (2 ans)	690	250	599 - 781	QMNA (2 ans)	377	0	288 - 466
QMNA (5 ans)	466	28	360 - 572	QMNA (5 ans)	158	0	53,6 - 262
VCN 10 (2 ans)	628	190	549 - 707	VCN 10 (2 ans)	346	0	263 - 429
VCN 3 (2 ans)	608	170	534 - 682	VCN 3 (2 ans)	333	0	253 - 413
VCN 3 (5 ans)	425	0	339 - 512	VCN 3 (5 ans)	135	91	41,7-229

Pour le mois d'août 2009, les débits calculés sont les suivants :

Débits caractéristiques pour août 2009		Débits ajustés (prise en compte du drainage naturel)	
Débit moyen mensuel le plus faible en 2009 (l/s)	722		282
Vcn3 (l/s)	664		224
VCN10 (l/s)	667		227

Les influences du mois d'août 2009 sont les suivantes, en prenant en compte les forages dans la nappe d'accompagnement :

Bilan des influences (restitutions - prélèvements) pour 2009 (l/s)	-360
Total des prélèvements cumulés depuis l'amont (l/s)	766
Total des restitutions cumulées depuis l'amont (l/s)	405

Les valeurs précédentes montrent que l'Ouvèze devait être à sec en août 2009. Pour respecter une valeur de QMNA5 de 28 l/s, il aurait été nécessaire de réduire les prélèvements de 106 l/s sur le sous-bassin du point de calcul 10.

- Débit moyen mensuel ajusté le plus faible en 2009 : 282 l/s
- Bilan des influences : 360 l/s

D'où : $106 \text{ l/s} = 360 - 282 + 28 \text{ (l/s)}$

À retenir

Ouvèze point 10 :

- Le module ajusté de 2716 l/s
- Le 1/10 du module ajusté : 272 l/s
- Le QMNA5 ajusté : 28 l/s.

5.4.1.3 Point de calcul sur l'Ouvèze 9

Ce point se situe à 5,7 km en aval de Vaison-la-Romaine. Sur le même principe que précédemment, les valeurs et hypothèses de calcul sont les suivantes :

- Drainage naturel : 148 l/s (26 l/s/km x 5,7 km)
- Influences (prélèvements – apports) : 113 l/s (déficit).
 - Dont prélèvements : 301 l/s
 - Et restitution : 188 l/s.

Débits non influencés				Débits influencés			
Type de débit	Valeur (l/s)	Valeur avec ajustement (l/s)	Intervalle de confiance à 95 % sur la valeur calculée	Type de débit	Valeur (l/s)	Valeur avec ajustement (l/s)	Intervalle de confiance à 95 % sur la valeur calculée
Module	3628	3480		Module	3515	3367	
1/10 Module	363	348		1/10 Module	351.5	337	
1/20 Module	181	174		1/20 Module	176	168	
QMNA (2 ans)	720	572	614 - 826	QMNA (2 ans)	557	409	454 - 660
QMNA (5 ans)	460	312	336 - 583	QMNA (5 ans)	303	155	182 - 423
VCN 10 (2 ans)	653	545	560 - 745	VCN 10 (2 ans)	510	362	420 - 599
VCN 3 (2 ans)	629	481	545 - 714	VCN 3 (2 ans)	491	343	407 - 505
VCN 3 (5 ans)	422	274	323 - 520	VCN 3 (5 ans)	285	137	187 - 382

À retenir

Ouvèze point 9 :

- Le module ajusté de 3480 l/s
- Le 1/10 du module ajusté : 348 l/s
- Le QMNA5 ajusté : 312 l/s.

5.4.1.4 Les résultats au niveau des points nodaux définis dans leSDAGE

5.4.1.4.1 Point nodal de référence (station d'Entrechaux)

Vu les influences (canaux d'irrigation) présentes à proximité et la nature du radier (deux lits mineurs) celle-ci ne peut être utilisée comme référence pour les basses eaux.

Type de débit	Débits non-influencés		Débits influencés	
	Valeur (l/s)	Intervalle de confiance à 95 %	Valeur (l/s)	Intervalle de confiance à 95 %
Module	2646		2612	
1/10 Module	265		261	
1/20 Module	132		131	
QMNA (2 ans)	531	445 - 617	486	401 - 572
QMNA (5 ans)	319	219 - 420	275	175 - 375
VCN 10 (2 ans)	491	414 - 568	449	372 - 527
VCN 3 (2 ans)	471	399 - 543	430	356 - 504
VCN 3 (5 ans)	294	210 - 378	247	161 - 334

À retenir

Entrechaux point nodal de référence définie dans le SDAGE :

- La position de ce point devrait être modifiée car il ne convient pour des mesures d'étiage.
- Le module de 2646 l/s
- Le 1/10 du module : 265 l/s
- Le QMNA5 : 319 l/s.

5.4.1.4.2 Point nodal de confluence (à Sarrians)

Ce tronçon est situé à 24 km en aval de Vaison-La-Romaine. Il bénéficie des apports du canal de Carpentras qui interviennent hors période d'étiage : Février, Mars et Septembre à Novembre. Ce tronçon est néanmoins sujet à des assecs chroniques.

Sur le même principe que les points 10 et 9, les valeurs et hypothèses de calcul sont les suivantes :

- Drainage naturel: 624 l/s (26 l/s/km x 24 km).
- Influences (prélèvements – apports) : 164 l/s (déficit).
 - Dont prélèvements : 775 l/s
 - Et restitution : 611 l/s.

En particulier, le déficit dû aux influences atteint 620 l/s en avril. En Octobre, l'Ouvèze reçoit 325 l/s.

Type de débit	Débits non-influencés			Débits influencés		
	Valeur (l/s)	Valeur après ajustement (l/s)	Intervalle de confiance à 95 %	Valeur (l/s)	Valeur après ajustement (l/s)	Intervalle de confiance à 95 %
Module	3670	3046		3506	2882	
1/10 Module	367	304		351	288	
1/20 Module	183	152		175	144	
QMNA (2 ans)	821	197	704 - 938	513	0	402 - 625
QMNA (5 ans)	550	0	413 - 687	255	0	125 - 386
VCN 10 (2 ans)	751	127	646 - 856	471	0	369 - 572
VCN 3 (2 ans)	719	95	625 - 813	452	0	351 - 554
VCN 3 (5 ans)	501	0	391 - 611	217	0	98 - 336

À retenir

Point nodal de confluence (SDAGE):

- Le module ajusté de 3046 l/s
- Le 1/10 du module ajusté : 304 l/s
- Le QMNA5 ajusté : 0 l/s.
- Le drainage naturel est de 624 l/s, supérieur aux valeurs de QMNA et VCN.

5.4.2 Extrapolation du modèle global sur le Toulourenc

Le schéma suivant synthétise la méthodologie appliquée sur le Toulourenc.

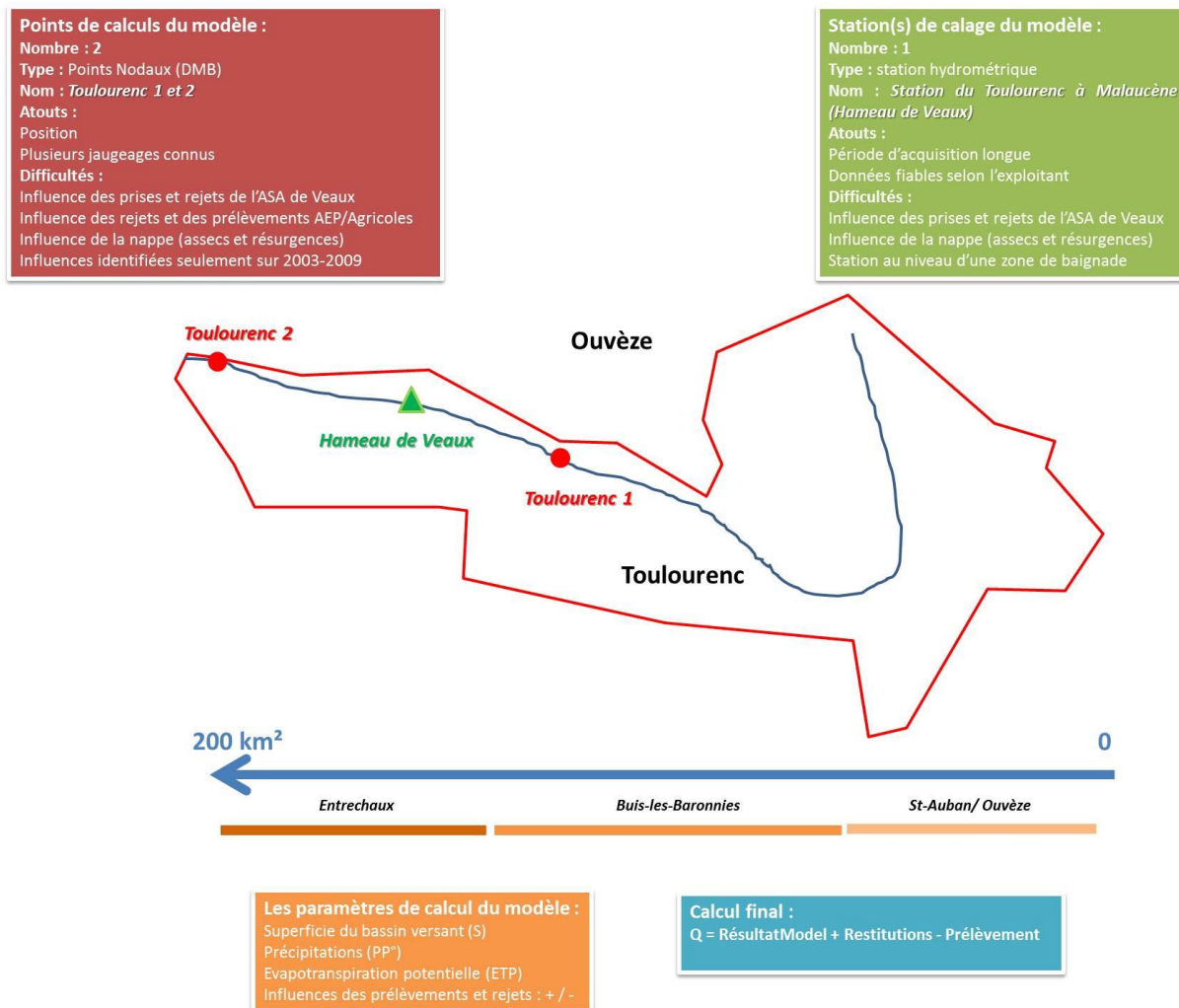


Figure m: Méthodologie de reconstitution des débits sur le Toulourenc

5.4.2.1 Éléments de contexte

Lors de l'étude de la phase 1, nous avons mis en évidence un assec en amont du bassin, sur un élargissement de sa nappe d'accompagnement, et une rupture du lit juste en aval (rapport de la phase 1 page 29).

De façon générale, le cours d'eau possède une nappe très réduite. Cependant, le Toulourenc longeant le versant Nord du Mont Ventoux, est alimenté par le réseau karstique qui le borde. En particulier en aval par la source des griffons de Notre Dame (40 à 100 l/s), et en amont par la source de Font Marin (30 à 100 l/s).

Les étiages sont concentrés sur la période estivale, de juillet à septembre.

Dans l'ensemble, les prélèvements et restitutions sont peu nombreux sur le bassin.

5.4.2.2 Point de calcul sur le Toulourenc 2 (aval)

5.4.2.2.1 Contexte

La superficie du sous-bassin calculé est de 167,3 km².

La figure m présente avec une échelle logarithmique, les débits calculés et mesurés sur le Toulourenc en 2003, sachant que le bilan des influences sur l'ensemble du bassin est très faible (de l'ordre de 5 l/s en déficit).

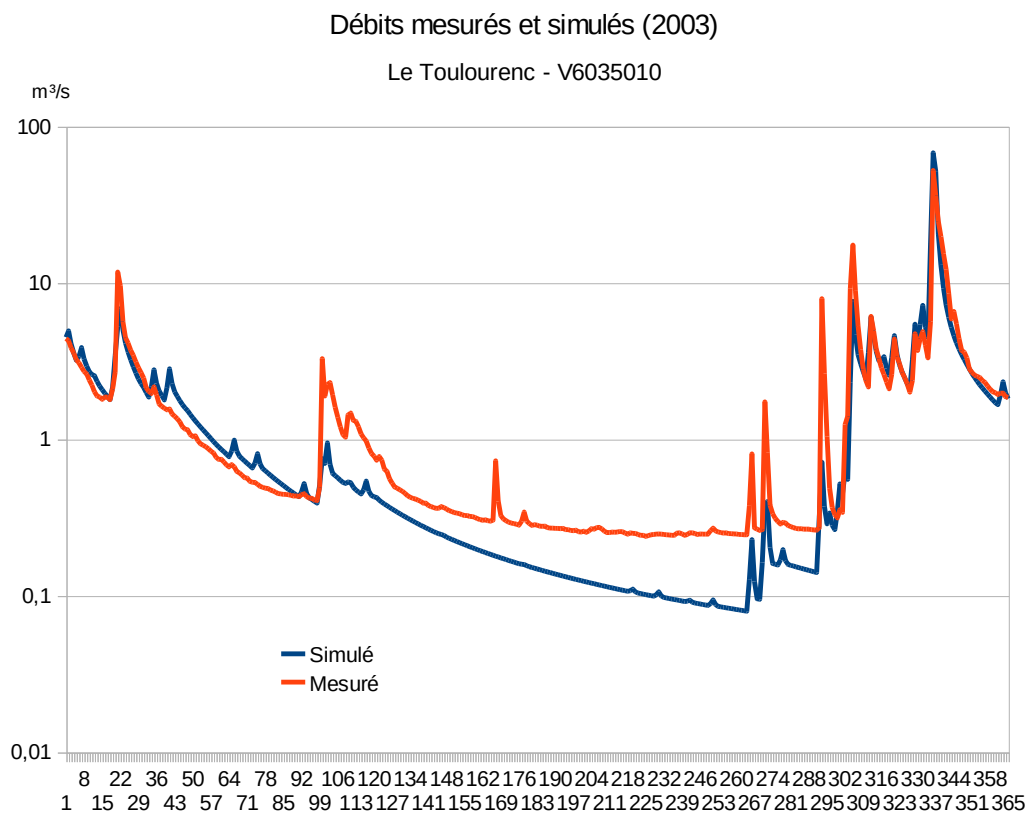


Figure o: Comparaison entre débits simulés et mesurés

Hypothèse retenue : Aucun ajustement naturel (drainage et apports de sources) n'a été pris en compte sur le bassin du Toulourenc, contrairement à l'Ouvèze.

5.4.2.2.2 Débits statistiques

Débits non-influencés			Débits influencés		
Type de débit	Valeur (l/s)	Intervalle de confiance à 95 %	Type de débit	Valeur (l/s)	Intervalle de confiance à 95 %
Module	1077		Module	1072	
1/10 Module	108		1/10 Module	107	
1/20 Module	54		1/20 Module	53	
QMNA (2 ans)	164	140 - 189	QMNA (2 ans)	166	142 - 191
QMNA (5 ans)	104	76 - 133	QMNA (5 ans)	106	77 - 134
VCN 10 (2 ans)	152	130 - 174	VCN 10 (2 ans)	154	131 - 176
VCN 3 (2 ans)	148	126 - 170	VCN 3 (2 ans)	149	128 - 171
VCN 3 (5 ans)	93	68 - 119	VCN 3 (5 ans)	96	71 - 121

Il apparaît que les modules de débits influencés et non influencés sont similaires, les influences ne dépassant pas 20 l/s de prélèvements pour chaque mois (avec une moyenne annuelle de 5 l/s).

Les débits minimaux relevés par jaugeage² sont de 69 l/s, en cohérence avec les valeurs minimales de débits fournies par le modèle, à savoir 64 l/s en régime influencé (soit un débit spécifique de 0,38 l/km²). Ces valeurs sont également cohérentes avec celles de la banque HYDRO dont le débit spécifique est de 0,41 l/km² (61 l/s et 150 km²) à la station de mesure (V6035010).

Les résultats de calcul sont donc tout à fait cohérents.

Toutefois, il conviendrait de mieux identifier les apports de la source de Notre Dame des Anges, située entre le point de calcul 2 et la station de mesure, pour confirmer cette bonne cohérence, cette source étant l'aboutissement d'un vaste réseau karstique issu du bassin du Sud-Ouest du Mont Ventoux.

À retenir

Toulourenc point 2 :

- Le module : 1077 l/s
- Le 1/10 du module : 108 l/s
- Le QMNA5 : 104 l/s (intervalle de confiance à 95% : 76 – 133 l/s)

² Données des archives papier DREAL PACA

5.4.2.3 Point de calcul sur le Toulourenc 1 (amont)

5.4.2.3.1 Contexte hydrographique

Selon une étude IPSEAU réalisée en 2004, les débits d'étiage calculés sur cette partie sont de 20 à 50 l/s ; cet intervalle est sujet à caution, le point de calcul du Toulourenc 1 étant situé précisément à l'endroit où un assec a été constaté lors de la campagne de jaugeage du 21 juillet 2011. 2 km en aval un débit de 11 l/s a été mesuré en amont du Moulin Monin.

5.4.2.3.2 Contexte anthropique

Le bilan des influences (prélèvements - restitutions) est pratiquement nul.

5.4.2.3.3 Débits statistiques

Les calculs nous donnent un module inter-annuel 87 l/s, avec un débit minimum calculé de 5 l/s ; cette dernière valeur est cohérente avec le jaugeage effectué lors de la campagne de juillet 2011.

Débits non-influencés			Débits influencés		
Type de débit	Valeur (l/s)	Intervalle de confiance à 95 %	Type de débit	Valeur (l/s)	Intervalle de confiance à 95 %
Module	87		Module	89	
1/10 Module	9		1/10 Module	9	
1/20 Module	4,5		1/20 Module	4,5	
QMNA (2 ans)	13	11 – 15	QMNA (2 ans)	14	12 – 16
QMNA (5 ans)	8	5 - 10	QMNA (5 ans)	9	6 - 11
VCN 10 (2 ans)	12	10 - 14	VCN 10 (2 ans)	13	11 – 15
VCN 3 (2 ans)	12	10 – 13,5	VCN 3 (2 ans)	12	10 – 14
VCN 3 (5 ans)	7	5 - 9	VCN 3 (5 ans)	8	6 - 10

À retenir :

Toulourenc point 1 :

- Le module : 87 l/s
- Le 1/10 du module : 9 l/s
- Le QMNA5 : 8 l/s (intervalle de confiance à 95% : 5 – 10 l/

5.5 Conclusions sur la reconstitution hydrologique

Des mesures de débits satisfaisantes en quantité et en qualité sont disponibles pour les stations limnimétriques de Vaison la Romaine sur l'Ouvèze, et Veaux sur le Toulourenc, pour être utilisées comme référence de calage d'un modèle hydrologique.

Cependant, elles sont soumises à des influences directes importantes (les mesures de la secondes sont perturbées par des barrages temporaires estivants). Ces influences sont minimisées par le choix d'un calibrage des modèles sur les courbes de tarissement (qui sont intrinsèques au bassin).

Les débits en jeu, vont de 330 l/s à Saint Auban sur Ouvèze, à 2700 l/s à Violès en module. On constate au long du parcours une forte contribution des nappes dans le secteur proche d'Entrechaux et de la confluence du Toulourenc, qui peut être due à une vidange de la couche marno-calcaire et gréseuse sous-jacente. Alors qu'en aval de Vaison la Romaine, la nappe alluviale de l'Ouvèze draine de façon importante le cours d'eau, ce qui est visible sur les campagnes de jaugeages, mais que le modèle hydrologique ne retranscrit pas. Les calculs ont donc été complétés pour les points concernés par un ajustement des infiltrations estimées, ce qui ramène le QMNA5 à 28 l/s, en aval d'une rivière de taille importante (97 km de long sur 880 km²).

Le modèle, basé sur les mesures des deux stations précitées est ensuite adapté aux divers points de gestions du bassin, en distinguant l'Ouvèze et ses affluents, du sous-bassin du Toulourenc (puisqu'il bénéficie d'un calibrage du modèle qui lui est propre).

Les écarts entre débits réels et débits calculés devraient cependant rester dans la fourchette de l'intervalle de confiance donné pour chaque tableau de valeurs. En effet, les différentes incertitudes cumulées depuis la collecte des données jusqu'au résultat final, sont lissées lors de l'évaluation du calcul statistique des QMNA, modules, débits quinquennaux et VCN.

Ceci a été possible grâce à la disponibilité de données météorologiques, avec lesquelles sont reconstituées, en fonction des sous-bassins considérés, les pluies et évapotranspiration sur une période de 34 années.

Aux débits naturels reconstitués ou non influencés, sont ajoutés les restitutions et retranché les prélèvements, sur la base des hypothèses formulées lors de la deuxième phase de l'étude. Ces hypothèses sont rappelées en annexe 5.

ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX *Bassin de l'Ouvèze*



6. Reconstitution de la piézométrie

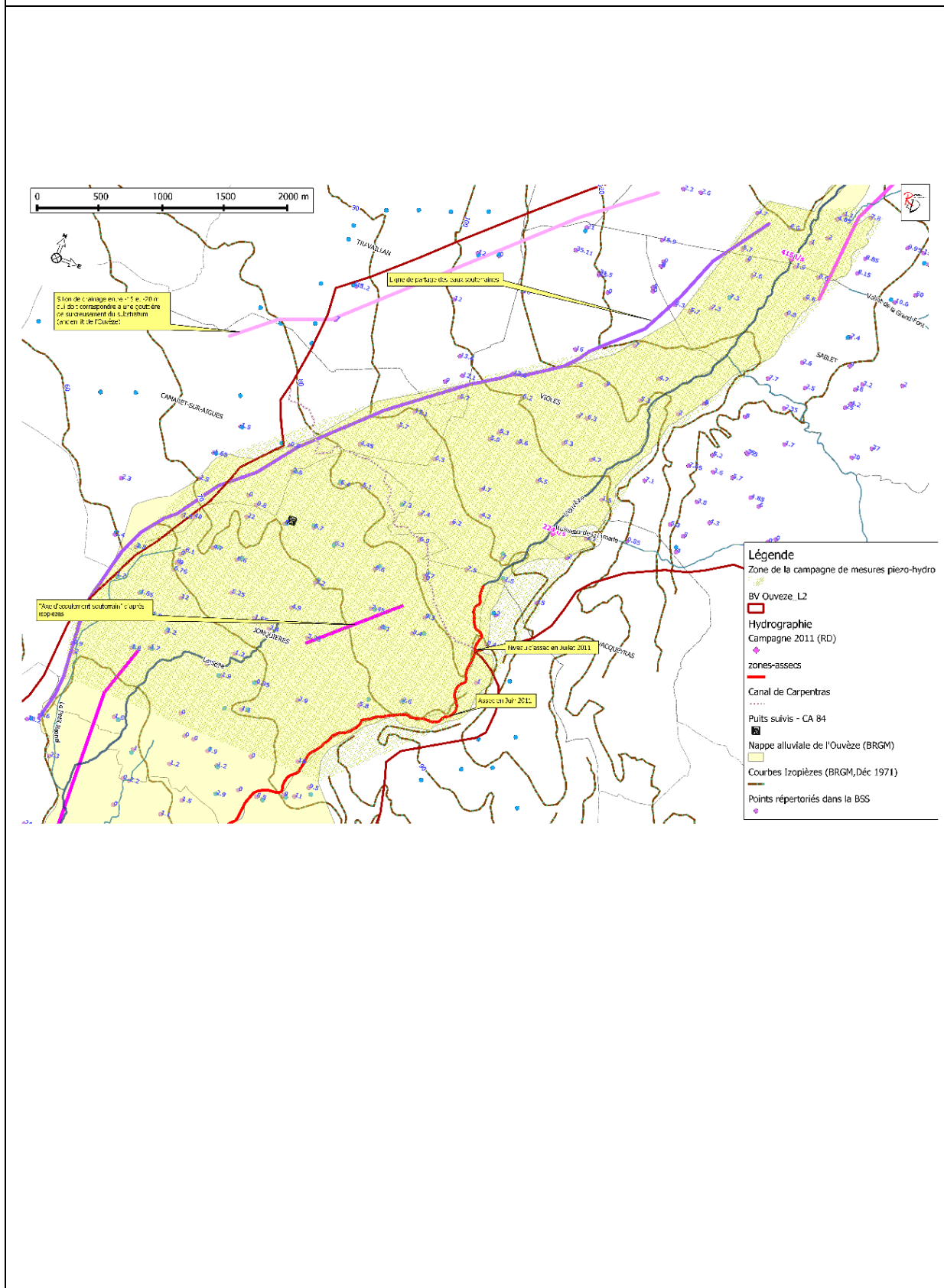
SDAGE

Rhône-Méditerranée



<i>OUVEZE</i>	<i>Phase 3</i>	<i>Chapitre 6</i>
<i>Fiche de synthèse : Reconstitution de la piézométrie</i>		
Points majeurs :		Renvois
<p><i>Objectifs :</i></p> <p>Établir un lien entre les débits dans les cours d'eau et le niveau piézométrique des nappes, en hydrologie influencée ou non.</p>		
<p><i>Constat :</i></p> <p>Les enjeux, vis-à-vis des nappes souterraines de l'Ouvèze, sont concentrés sur la zone identifiée d'assec réguliers de l'Ouvèze, en aval de Violés.</p> <p>L'aquifère de cette zone met en jeu des eaux issues des bassins versants voisins, le cours d'eau de la Seille qui semble être un prolongement de l'Ouvèze, et les nappes limitrophes.</p> <p>Ce système complexe est toutefois trop mal connu pour pouvoir en quantifier précisément les échanges avec les eaux superficielles. Une valeur moyenne de drainage de l'ordre de 30 l/s/km a été retenue depuis Vaison-la-Romaine, avec une restitution vers la Seille</p> <p>La zone d'assec de l'Ouvèze située en aval de Violés est appropriée pour le suivi d'un niveau piézométrique.</p>		Pages 95 à 96
<p><i>Hypothèses retenues :</i></p> <p>/</p>		
<p><i>Incidence sur le choix des valeurs réglementaires :</i></p> <p>/</p>		
<p><i>Besoins et suites à donner :</i></p> <p>Mise en place d'un suivi de la nappe à alluviale incluse dans la FRGR 301 alluvions de plaines des Sorgues et du Comtat.</p>		

Fiche de synthèse : Reconstitution de la piézométrie



6.1 Introduction

Le rapport d'étude de la première phase présente un état des connaissances sur les nappes alluviales et leurs échanges avec les cours d'eau, auquel on peut se reporter pour plus de détails.

Il en ressort que les nappes d'accompagnement des cours d'eau sont très réduites et parfois inexistantes. Il n'est pas nécessaire de ce fait de procéder pour celles-ci à une analyse approfondie de la piézométrie et du lien nappe – rivière.

En revanche, la nappe alluviale du Comtat et des Sorgues joue un rôle important pour le bassin versant de l'Ouvèze. C'est la raison pour laquelle le SDAGE demande de définir un point de référence piézométrique dans cette nappe (FRGR 301).

6.2 Éléments d'étude

Sur le bassin versant de l'Ouvèze, les données disponibles relatives à la piézométrie sont les suivantes:

- Suivi de puits assuré par la Chambre d'Agriculture du Vaucluse. Cependant les chroniques observées semblent montrer une influence des mesures aux éventuels pompages qui pourraient avoir lieu à proximité.
- Carte piézométrique dressée en 1971 par le BRGM. Cette carte va être actualisée.
- Connaissances générales sur les nappes en présence dans le bassin.

Un des objectifs de l'étude d'estimation des volumes prélevables est d'identifier les secteurs pour lesquels les interactions entre les eaux superficielles et eaux souterraines sont importantes, en portant une attention toute particulière aux zones d'assec et aux émergences que sont :

- Une zone d'assec sur l'Ouvèze, récurrente observée en Juillet 2011, au niveau de passage du canal de Carpentras proche de Vacqueyras (Rapport de la phase 1, page 30).
- Une zone en assec sur le Toulourenc à Saint Bazile (Rapport de la phase 1, page 30).

Plusieurs zones d'émergences plus ou moins importantes ont été repérées dans le cadre de la première phase d'étude (Rapport de la phase 1, page 20) :

- Font de Martin et la source de Notre Dame des Anges pour le Toulourenc ;
- La source du Grozeau.
- Trois sources sur une ligne à 100 m d'altitude (précision IGN), proche de la Seille : La Font de Michèle, la Font du Loup, et au Château du Rayas.

Concernant la piézométrie disponible, on distinguera les secteurs en amont et en aval de Serres :

- En amont de Serres, un seul point dispose de chroniques piézométriques (point référencé dans le réseau de suivi régional à Aspremont). Aucune autre donnée piézométrique n'est semble-t-il disponible.
- En aval de Serres, un réseau de suivi spécifique avait été mis en place dans le cadre du barrage de Saint-Sauveur. Les points de suivi ont été repositionnés sur SIG (à partir de cartes papier). Il existe également un point de suivi régional à Ribiers.

En complément, les éléments concernant les caractéristiques hydrodynamiques (perméabilité, coefficient d'emmagasinement, gradient hydraulique) sont assez limités voire inexistants. Des sondages ou essais de pompages sont nécessaires, si l'on souhaite améliorer cette connaissance.

C'est l'objectif notamment de la campagne de relevés piézométriques, synchronisée avec des jaugeages et nivellement altimétrique, engagée par l'agence de l'eau Rhône – Méditerranée et Corse (AE RM & C). Cette campagne sera réalisée par le bureau d'études Idées Eaux pendant la période estivale 2012, sous la supervision de Risques et Développement. Les points de mesure ont été définis notamment pour essayer de caractériser et quantifier le drainage de l'Ouvèze par la nappe alluviale ainsi que la vidange de la nappe au niveau de la Seille.

Il conviendra à terme de compléter cette campagne par des mesures de pompage, pour caractériser la transmissivité du milieu, afin de déterminer des seuils piézométriques d'alerte (NPA) et de crise renforcée (NPCR), et de faire le lien avec les assecs prévisibles. L'objectif consisterait à pouvoir déterminer la zone de début d'assec en lien avec le débit mesuré à la station de Vaison-la-Romaine et un point de référence piézométrique situé dans la nappe des plaines du Comtat et des Sorgues.

L'état des connaissances actuelles sur ce secteur est synthétisé par la carte page suivante.

À retenir :

Pas d'interaction majeure entre les nappes alluviales et le réseau hydrographique sur la partie amont du bassin versant de l'Ouvèze.

La nappe des plaines du Comtat et des Sorgues (FRGR 301), joue un rôle majeur dans la partie aval du bassin de l'Ouvèze, avec un drainage moyen de l'ordre de 30 l/s/km à partir de Vaison-La-Romaine, et une restitution vers la Seille.

La zone d'assec de l'Ouvèze située en aval de Violés est appropriée pour le suivi d'un niveau piézométrique.

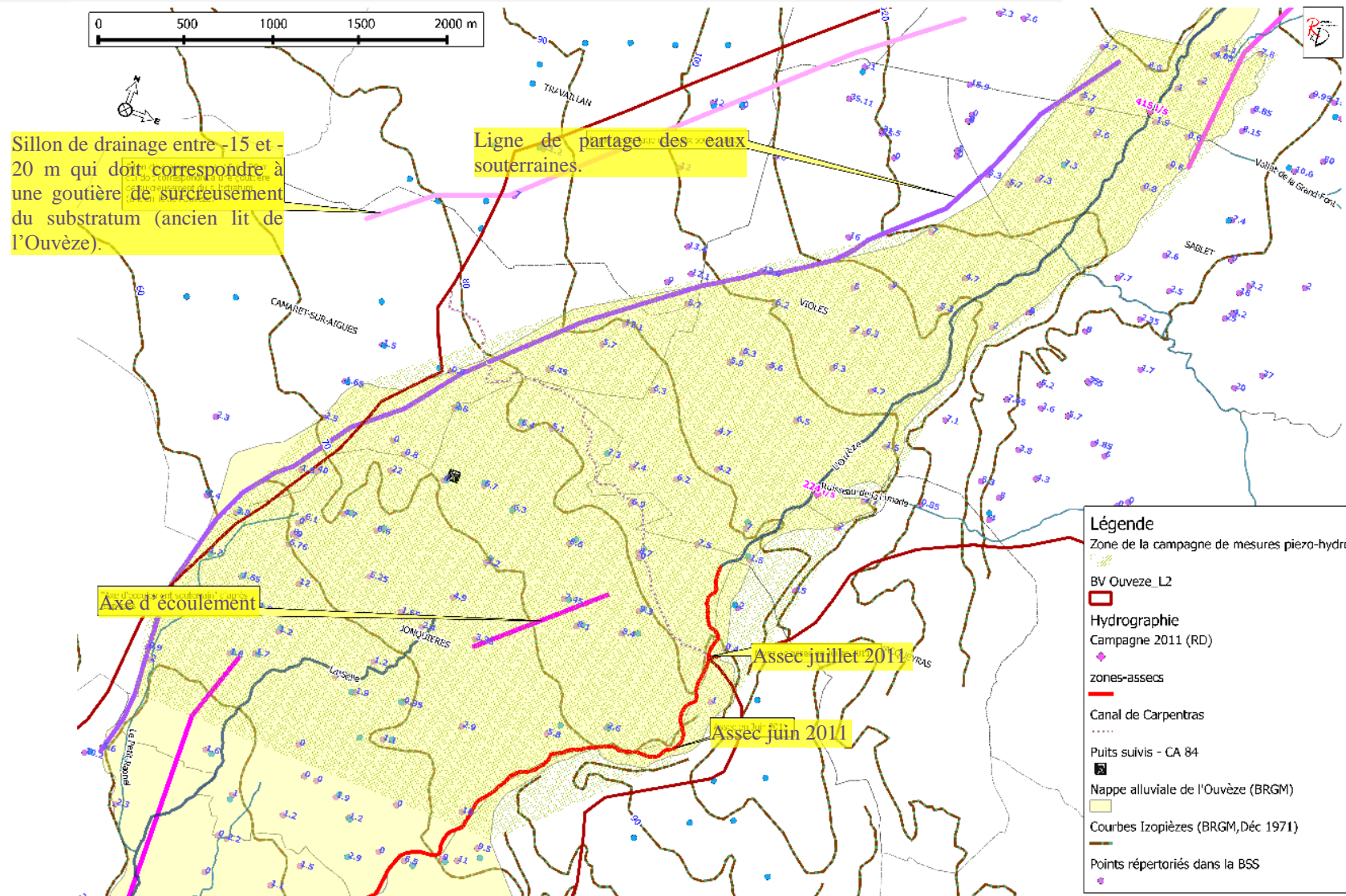


Figure p: Zone d'étude proposée pour un suivi piézométrique

7 Conclusion générale

Les débits modélisés sont cohérents dans l'ensemble avec les études précédentes et les observations sur place. L'analyse statistique réalisée pour déterminer les débits caractéristiques sur une période de 34 ans est de nature à lisser les incertitudes. Ceci étant, les débits en jeu sur le bassin versant sont très faibles sur les affluents, et une marge d'erreur de quelques litres par seconde constitue déjà, en valeur relative, une importante incertitude.

Les hypothèses formulées nous amènent à considérer ces résultats en regard de l'expérience de terrain. En particulier, les caractéristiques du bassin siège de fortes infiltrations sur le Toulourenc et de retours par des sources, les contributions des nappes sont mal connues et difficiles à retranscrire dans les modèles hydrologiques dont nous disposons actuellement.

Un effort doit donc être fait à l'avenir pour le suivi du bassin versant, ce qui constitue la suite logique de ces études. De même, la centralisation et le suivi des données de prélèvements et restitutions, tous usages confondus, sont prépondérantes pour ajuster les valeurs calculées. Il est possible en effet de réduire presque à zéro l'incertitude sur les influences puisqu'elles sont de notre fait, et que nous sommes en mesure de les maîtriser.

De façon générale, il ressort de l'étude que l'on a établi un bilan global du bassin, et au travers de cette troisième phase, de son hydrologie. Les inconnues sont identifiées, et il est désormais plus aisé de formuler des actions nécessaires pour permettre une meilleure connaissance des débits en jeu. En l'état, nous avons redéfini et précisé les débits permettant de légiférer, et surtout, permettant aux usagers de connaître les limites dans lesquelles ils peuvent disposer de la ressource du point de vue purement hydrologique.