

ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX



Sous bassin versant du Lez

Rapport de Phase 3 3 Juillet 2013



Cette étude est cofinancée par l'Union européenne. L'Europe s'engage en PACA avec le fond de développement régional



MAÎTRE D'OUVRAGE

SMBVL

OBJET DE L'ÉTUDE

**ETUDE DE DETERMINATION DES
VOLUMES PRELEVABLES DU BASSIN
VERSANT DU LEZ**

N° AFFAIRE

M11016

INTITULE DU RAPPORT

***Quantification de la ressource disponible
(phase 3)***

4	23/07/2013	Julie LABRY		Version finale
3	13/01/2013	Julie LABRY	Julien Berthelot	
2	18/12/12	Julie LABRY	Philippe DEBAR	
1	27/09/12	Julie LABRY	Julien Berthelot	
N° de Version	Date	Établi par	Vérifié par	Description des Modifications / Évolutions

TABLE DES MATIÈRES

A. PRESENTATION DE L'ETUDE.....	11
A.I ELEMENT DE CONTEXTE	12
A.II CONTENU DU RAPPORT	13
A.III METHODOLOGIE GENERALE DE LA PHASE 3.....	14
B. DESCRIPTION DU BASSIN VERSANT.....	15
B.I DONNEES GENERALES	16
B.I.1 Topographie	16
B.I.2 La couverture végétale	18
B.II SECTORISATION DU BASSIN VERSANT	20
C. ANALYSE DES DONNEES	22
C.I DONNEES METEOROLOGIQUES	23
C.I.1 Données acquises	23
C.I.2 Analyse de la pluviométrie	25
C.I.3 Analyse de la température	28
C.I.4 Analyse de la neige.....	29
C.I.5 Analyse de l'EvapoTranspiration Potentielle (ETP).....	30
C.II DONNEES DEBITMETRIQUES	31
C.II.1 Analyse des données disponibles.....	31
C.II.2 Analyse station par station	32
C.II.3 Analyse comparative entre stations sur l'année 2011.....	34
C.II.4 Campagnes de mesures complémentaires.....	36
C.II.5 Données ROCA-Assec	39
C.III HYDROGEOLOGIE.....	42
C.III.1 Rappel.....	42
C.III.2 Campagnes piézométriques de 2011 (Idées Eaux).....	43
C.III.3 Piézomètres utilisés pour la modélisation.....	46
C.IV CONCLUSION DE L'ANALYSE DES DONNEES.....	49
D. MODELISATION HYDROLOGIQUE.....	51
D.I METHODOLOGIE GENERALE	52
D.II MODELE DE LA NAPPE REGIONALE	56
D.II.1 Présentation de la zone modélisée	56
D.II.2 Paramètres de simulation.....	59
D.II.2.1 Période de simulation	59
D.II.2.2 Conditions aux limites	59
D.II.2.3 Paramètres hydrodynamiques	62
D.II.1 Calage et résultats.....	62
D.II.1.1 Stratégie de calibration	62
D.II.1.2 Calibration du modèle.....	65

D.II.1.3	Résultats.....	71
D.III	MODELE HYDROLOGIQUE.....	73
D.III.1	Chaîne de calculs pour déterminer les débits ruisselés	73
D.III.2	Présentation du logiciel ATHYS.....	73
D.III.3	Présentation du module ETP.....	74
D.III.4	Période de simulation.....	74
D.III.5	Traitement des données	75
D.III.6	Calage.....	78
D.III.6.1	Choix des stations hydrométriques utilisés et période de calage.....	78
D.IV	MODELE DE NAPPE ALLUVIALE	79
D.IV.1	Présentation du modèle	79
D.IV.2	Calage	81
E.	CALAGE DES DEBITS INFLUENCES	82
E.I	MODELE DE PRELEVEMENTS ET RESTITUTIONS	83
E.II	CALAGES DES MODELES POUR LA RECONSTITUTION DES DEBITS INFLUENCES	85
E.II.1	Reconstitution des débits sur les têtes de bassins versants (secteurs sans nappe alluviale) 85	
E.II.1.1	Station de Taulignan, Lez	86
E.II.1.2	Station de Saint Pantaléon, Rieumau.....	88
E.II.2	Calage de la reconstitution des débits sur l'aval du bassin versant.	90
E.II.2.1	Calage sur les stations hydrométriques du SMBVL.....	91
E.II.2.2	Calage sur les stations ROCA (Réseau d'observation des crises d'assecs).....	100
E.II.3	Conclusion de la reconstitution des débits.....	101
E.II.4	Validation du modèle sur l'année 2012.....	101
E.III	ESTIMATIONS DES INCERTITUDES	104
E.IV	RESULTATS DE LA RECONSTITUTION DES DEBITS INFLUENCES	105
F.	CONCLUSION	107
F.I	QUALITE DU MODELE	108
F.II	RESULTATS DE LA RECONSTITUTION DES DEBITS NATURELS	108
F.II.1	Compréhension globale du fonctionnement du bassin versant	108
F.II.2	Résultats des débits naturels	110
F.II.3	Comparaison des débits influencés et des débits naturels	112
F.II.4	Conclusion.....	113

LISTE DES PLANCHES

➤ Planche n°2 : Carte des altitudes.....	16
➤ Planche n°3 : Occupation des sols	18
➤ Planche n°12 : Sectorisation du bassin versant.....	20
➤ Planche n°13 : Points de jaugeage	36
➤ Planche n°14 : Piézomètres utilisés	42

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration n° 1: Courbe hypsométrique	16
Illustration n°2 : Localisation des stations météorologiques.....	24
Illustration n°3 : Précipitations moyennes annuelles sur la période 1996-2006	25
Illustration n°4 : Variation des cumuls annuels de pluies en fonction de l'altitude des stations.....	25
Illustration n°5 : Variation des cumuls annuels de pluies	26
Illustration n°6 : Nombre de jours de pluie et par an et intensité sur la période 1996-2006.....	27
Illustration n°7 : Cumuls des précipitations pendant la période d'irrigation (1996-2006).....	27
Illustration n°8 : Température moyenne mensuelle à Orange et Montjoux	28
Illustration n°9 : Variations de l'ETP journalières sur l'année (moyenne 2004-2008).....	30
Illustration 10: Localisation des stations débitimétriques	32
Illustration 11: Débits moyens annuel à Montségur sur l'Auzon sur les années 1971-1976 et 1984-1993	33
Illustration 12: Débits moyens mensuels à Montségur sur Lauzon sur les années 1971-1976 et 1984-1993.....	33
Illustration 13: Débits moyens annuel de 2011	34
Illustration 14: Débits moyens mensuel d'août 2011	35
Illustration n°15 : Jaugeages sur le Lez durant l'été 2011	36
Illustration n°16 : Jaugeages sur le Lez durant l'été 2011 (Zoom)	37
Illustration n°17 : Station d'Assec ROCA sur le bassin du Lez.....	39

Illustration n°18 : Données ROCA sur le Lez de 2004 à 2005	40
Illustration n°19 : Données ROCA sur le Lez de 2006 à 2011	40
Illustration n°20 : Données ROCA sur la Coronne de 2004 à 2005.....	41
Illustration n°21 : Données ROCA sur la Coronne de 2006 à 2011.....	41
Illustration n°22 : Carte piézométrique des alluvions sur le bassin versant du Lez établie en août 2011	45
Illustration n°23 : Evolution temporelle de la piézométrie (courbe bleu et rouge) à Camaret sur Aygues et Nyons en fonction de la précipitation efficace constituant la recharge de la nappe	47
Illustration n°24 : Synoptique des différents modules utilisés pour la simulation des débits	54
Illustration n°25 : Contexte géologique et topographique du bassin de Valréas (carte géologique de Valence au 1/250 000 ; topographie du MNT IGN au 250 m)	56
Illustration n°26 : Coupe Sud-Nord du modèle réalisé (gris foncé : encaissant ; orangé : molasse ; vert : marnes sableuses tortoniennes ; rouge : argiles pliocènes).....	57
Illustration n°27 : Etendue de la première couche du modèle avec localisation des points de mesure piézométrique.....	57
Illustration n°28 : Sous-bassins hydrologiques définis pour les bassins versants du Lez et de l'Aygue	58
Illustration n°29 : Précipitations efficaces trimestrielles des vingt dernières années.....	59
Illustration n°30 : Précipitations efficaces décennales interannuelles des vingt dernières années	60
Illustration n°31 : Conditions de drains appliquées sur les rivières du bassin molassique	61
Illustration n°31 : Exemple de stratégie de calibration basée sur un calage de la piézométrie de toutes les formations alluviales ou plus spécifiquement des alluvions récentes	63
Illustration n°33 : Comparaison des piézométries mesurées et simulées pour tout le bassin molassique (coefficient de corrélation $R = 0,995$).....	65
Illustration n°34 : Comparaison des piézométries mesurées et simulées pour le bassin du Lez.....	66
Illustration n°35 : Surface piézométrique simulée avec le modèle calibré	67
Illustration n°36 Comparaison des courbes piézométriques moyennes mensuelles observées (en noir) sur les piézomètres de Nyons (courbe en haut et échelle de gauche) et de Camaret (courbe en bas et échelle de droite) avec les courbes simulées les moyennes trimestrielles interannuelles (en bleu) et avec une valeur d'emménagement spécifique de 10^{-5} m^{-1}	68
Illustration n°37 Comparaison des courbes piézométriques moyennes mensuelles observées (en noir) sur les piézomètres de Nyons (courbe en haut et échelle de gauche) et de Camaret (courbe en bas et échelle de droite) avec les courbes simulées les moyennes trimestrielles interannuelles (en bleu) et avec une valeur d'emménagement spécifique de 5.10^{-4} m^{-1}	69
Illustration n°38 Comparaison des courbes piézométriques moyennes mensuelles observées (en noir) sur les piézomètres de Nyons (courbe en haut et échelle de gauche) et de Camaret (courbe en bas et échelle de droite) avec les courbes simulées les moyennes trimestrielles interannuelles (en bleu) et avec une valeur d'emménagement spécifique de 2.10^{-3} m^{-1}	69
Illustration n°39 : Comparaison des courbes piézométriques observées (en noir) sur les piézomètres de Nyons (courbe en haut et échelle de gauche) et de Camaret (courbe en bas et échelle de droite)	

avec les courbes simulées avec les recharges trimestrielles des 20 dernières années (en rouge) et avec une valeur d'émagasinement de 2.10^{-3} m^{-1}	70
Illustration n°45 : Détails de la chaîne de calcul du modèle hydrologique ATHYS.....	73
Illustration n°46 : Fonctionnement du modèle ATHYS (source : IRD).....	74
Illustration n°47 : Exemple de carte des altitudes	75
Illustration n°48 : Exemple de carte des classes de production	76
Illustration n°49: Synoptique du modèle hydrogéologique des échanges nappes-rivières	79
Illustration n°50: Débits journaliers à la station du Lez à Taulignan en 2011	86
Illustration n°51: Débits mensuels à la station du Lez à Taulignan	86
Illustration n°52: Comparaison des débits simulés influencés et observés entre le 1 ^{er} juillet et le 1 ^{er} novembre.....	87
Illustration n°53: Débits journaliers à la station de la Coronne à Saint Pantaléon entre le 1 ^{er} avril 2011 et le 1 ^{er} décembre 2011	88
Illustration n°54: Débits journaliers simulés et observés à Saint Pantaléon en 2011.....	88
Illustration n°55: Débits journaliers simulés et observés à Valréas entre le 1 ^{er} avril et le 1 ^{er} novembre 2011.....	91
Illustration n°56: Débits journaliers simulés et observés de l'Aulière à Montségur sur Lauzon entre le 1 ^{er} avril et le 1 ^{er} décembre 2011	92
Illustration n°57: Débits mensuels simulés et observés de l'Aulière à Montségur sur Lauzon	93
Illustration n°58: Débits journaliers simulés et observés sur l'Hérin à Bouchet entre le 1 ^{er} avril et le 1 ^{er} décembre 2011	94
Illustration n°59: Débits mensuels simulés et observés sur l'Hérin à Bouchet en 2011	94
Illustration n°60: Comparaison des débits journaliers simulés influencés et observés sur l'Hérin à Bouchet en 2011	95
Illustration n°61: Débits journaliers simulés et observés sur le Lez à Suze entre le 1 ^{er} avril et le 1 ^{er} novembre 2011.....	96
Illustration n°62: Débits journaliers simulés et observés sur le Lez à Suze la Rousse en 2011.....	96
Illustration n°63: Débits journaliers simulés et observés sur le Lez à Suze la Rousse en 2011.....	97
Illustration n°64: Débits journaliers simulés et observés sur le Lez à Bollène entre le 1 ^{er} avril et le 1 ^{er} novembre 2011.....	98
Illustration n°65: Débits mensuels simulés et observés sur le Lez à Bollène en 2011.....	98
Illustration n°66: Comparaison des débits journaliers simulés et observés sur le Lez à Bollène entre le 1 ^{er} avril et le 1 ^{er} novembre 2011.....	99
Illustration n°67: Débits journaliers simulés et données ROCA sur le Lez à Grillon en 2005	100
Illustration n°68: Débits journaliers simulés et données ROCA sur le Lez à Grillon en 2011	100
Illustration n°69: Débits journaliers simulés et observés sur la station à Saint Pantaléon sur la Coronne en 2012	101

Illustration n°70: Débits journaliers simulés et observés sur la station à Valréas sur la Coronne en 2012	102
Illustration n°71: Débits journaliers simulés et observés sur la station à Grillon sur l'Aulière en 2012	102
Illustration n°72: Débits journaliers simulés et observés sur la station à Taulignan sur le Lez en 2012	103
Illustration n°73: Débits journaliers simulés et observés sur la station à Suze la Rousse sur le Lez en 2012.....	103
Illustration n°74: Débits caractéristiques influencés par rapport à la distance à la source.....	106
Illustration n°75: Profils en long des différentes composantes du débit pour le QMNA5.....	109
Illustration n°76: Profils en long du Lez et de ses affluents pour le module.....	111
Illustration n°77: Profils en long du Lez et de ses affluents pour le QMNA5	111
Illustration n°78: Comparaison du profil en long hydrographique naturel et influencé.....	112

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n° 1: Occupation des sols par l'analyse de Corinne Land Cover	18
Tableau n°2 : Découpage en sous bassins versants	20
Tableau n°3 : Synthèse des données météorologiques	24
Tableau n°4 : Nombre de jours où le sol est recouvert de neige (2005 à 2008).....	29
Tableau n° 5: Caractéristiques des stations hydrométriques	31
Tableau n° 6: Coefficient d'écoulement sur l'année 2011	35
Tableau n°7: Jaugeages des affluents durant l'été 2011.....	37
Tableau n°8: Résultats des trois campagnes piézométriques de 2011	46
Tableau n°9: Débits d'apports en m ³ /j du Lez en moyenne trimestrielle sur les 40 dernières années	71
Tableau n°10: Débits d'apports en l/s du Lez en moyenne trimestrielle sur les 40 dernières années.....	72
Tableau n°11: Répartition des superficies des classes de production au niveau du bassin versant	76
Tableau n°12: Données pluviométriques reconstituées.....	77
Tableau n°13: Influence comparée des stations pluviométriques sur le bassin versant	78
Tableau n°14: Secteurs homogènes de nappe alluviale sur le bassin.....	81
Tableau n°15: Bilan annuel et en saison d'été des prélèvements par bassin versant	84
Tableau n°16: Paramètres de la nappe alluviale du module hydrogéologique par bassin versant	90
Tableau n°17: Débits caractéristiques influencés du Lez.....	105
Tableau n°18: Débits caractéristiques naturels du Lez	110

Tableau n°19: Débits caractéristiques naturels du Lez 112

PRÉAMBULE

Le Bureau d'étude CEREG Ingénierie a été missionné pour réaliser *l'étude de détermination des volumes prélevables* sur le bassin versant du Lez. L'étude doit traiter des aspects suivants :

- Recenser et évaluer les usages de l'eau sur le bassin versant ;
- Analyser les ressources en eau disponibles ;
- Evaluer et identifier les zones naturelles présentant une vie aquatique remarquable ;
- Identifier les problèmes occasionnés par les prélèvements ;
- Proposer les volumes pouvant être prélevés sur le bassin versant sans mettre en péril la vie aquatique, les besoins en eaux potable, etc ;
- proposer des outils de gestion et des pistes d'amélioration de situations problématiques.

L'étude est décomposée en 6 phases :

- **Phase 1 : Une caractérisation du bassin versant** par une reconnaissance de terrain et une analyse des données disponibles ;
- **Phase 2 : Un bilan des prélèvements actuel et des besoins.** Cette phase est réalisée par une analyse des données disponibles et des enquêtes auprès des usagers de l'eau ;
- **Phase 3 : La quantification de la ressource disponible** à l'aide d'une modélisation hydrologique ;
- **Phase 4 : La détermination des débits biologiques** à l'aide de la méthode ESTIMHAB ;
- **Phase 5 : La détermination des volumes prélevables** par croisement de la ressource disponible et des besoins ;
- **Phase 6 : Répartitions des volumes entre les usages** et détermination du périmètre de l'organisme unique.

Ce rapport traite la phase 3 de cette étude.

A. PRESENTATION DE L'ETUDE

A.I ELEMENT DE CONTEXTE

➤ Localisation géographique

Le bassin versant du Lez est situé sur deux départements : le Vaucluse et la Drôme. Vingt huit communes sont incluses totalement ou partiellement dans ce bassin versant.

Le Lez draine un bassin versant de 455 km² et présente une longueur de 75 km avant de confluer d'une part avec le contre canal du Rhône et d'autre part avec le canal de Donzère-Mondragon. Ses principaux affluents sont la Veyssanne, la Coronne, le Talobre et l'Herein.

➤ Contexte hydrologique et géologique de la zone d'étude

Le SDAGE Rhône Méditerranée définit le Lez comme étant en déficit quantitatif. Trois masses d'eau souterraines sont en relation avec le Lez :

- Les Molasses miocènes du Comtat ;
- Les Alluvions des plaines du comtat et des Sorgues ;
- Les formations marno-calcaires et gréseuses.

Les deux premières masses d'eau souterraines sont également définies en déficit quantitatif et devront faire l'objet d'une étude de volumes prélevables.

Dans la présente étude, le fonctionnement de ces trois masses d'eau sera analysé afin de mettre en évidence les relations avec le cours d'eau.

➤ Contexte réglementaire

La Circulaire 17-2009 du 30 juin 2008 fixe les objectifs généraux pour la réduction des déficits quantitatifs observés ces dernières années sur de nombreux bassins versants. Deux objectifs principaux sont à retenir :

- Une révision des autorisations de prélèvement afin de parvenir au maintien dans le cours d'eau de débits minimaux et dans la nappe, des niveaux piézométriques compatibles avec l'ensemble des usages ;
- La constitution d'un Organisme de Gestion Unique (OGU) regroupant l'ensemble des préleveurs agricoles sur un sous bassin versant. Cet OGU aura notamment pour charge d'actualiser les autorisations de prélèvements agricoles suite aux conclusions de la présente étude.

Pour atteindre ces objectifs, 3 grandes étapes sont proposées:

- Etape 1 : La détermination de volumes prélevables à l'échelle du bassin versant. Ces volumes prélevables sont estimés sur la base de la ressource disponible et du maintien dans le cours d'eau d'un débit permettant de garantir la vie piscicole. Le même principe est appliqué aux ressources en eaux souterraines ;
- Etape 2 : La concertation avec les irrigants en vue de répartir les volumes prélevables ;
- Etape 3 : La révision des autorisations de prélèvement et la mise en place éventuelle de l'OGU.

La présente étude ne concerne que l'étape 1.

➤ ***Vers une aggravation des étiages : le contexte du changement climatique***

Le calcul des volumes prélevables repose sur l'estimation de la ressource disponible. La ressource provient de la pluviométrie et de la façon dont le cours d'eau collecte les ruissellements de surface.

Or, les experts du changement climatique annoncent aujourd'hui, (source : étude du CEMAGREF sur l'impact du réchauffement climatique sur le périmètre du SDAGE RM&C) :

- Une diminution des précipitations estivales
- Une diminution des précipitations neigeuses
- Une augmentation des températures estivales
- Une augmentation des précipitations hivernales

Les conséquences de ces phénomènes seraient une réduction significative des débits estivaux. Il convient donc d'analyser l'impact du réchauffement climatique dans le cadre de cette étude.

De plus, les étiages pourraient être aggravés par une augmentation des prélèvements pour compenser les manques d'eau.

Il est donc nécessaire d'estimer l'impact sur les besoins en eaux (population et agriculture) du réchauffement climatique.

A.II CONTENU DU RAPPORT

L'objectif de l'étude est la détermination des volumes maximums prélevables sur le bassin versant du Lez. Comme indiqué dans le préambule, ce rapport correspond à la phase 3 de l'étude : la quantification de la ressource disponible à l'aide d'une modélisation hydrologique et hydrogéologique.

A.III METHODOLOGIE GENERALE DE LA PHASE 3

La phase 3 de quantification de la ressource disponible par modélisation hydrologique et hydrogéologique, est une phase essentielle de l'étude. En effet, les volumes prélevables sont définis en fonction des débits reconstitués aux points de calculs du bassin versant. De cette reconstitution, dépend donc le calcul de la ressource et en conséquence les volumes prélevables.

La première étape a consisté en une analyse des données météorologiques, débitmétriques, hydrogéologiques existantes sur le bassin.

Dans une seconde étape, des outils de calcul (modèles) sont mis en œuvre sur le bassin versant. Ils ont été adaptés au contexte local: pluviométrie, occupation des sols, caractéristiques de la nappe alluviale.

A chaque étape de calcul, un calage sur les données mesurées est recherché afin de garantir que les modèles soient les plus proches possibles de la réalité.

Enfin la dernière étape consiste à extraire les résultats des modèles. La précision des estimations est analysée pour en apprécier les conséquences sur la détermination des volumes prélevables et aussi proposer des pistes d'amélioration ou de confirmation des hypothèses.

L'intérêt de cette méthode repose sur le fait qu'elle produit une chronique de **38 ans de données à un pas de temps journalier** en de multiples points du bassin versant. Cette finesse de calcul permet de :

- caractériser le bassin versant, non pas par des valeurs moyennes, peu représentatives de la variabilité climatologique, mais plutôt par ses excès ou ses manques et leur fréquence d'apparition ;
- reconstituer les variations instantanées des débits, sur un bassin versant où les étiages sévères peuvent ne durer que quelques jours avant qu'un orage ne vienne augmenter les débits. Dans ce cas, une moyenne décadaire ou mensuelle peut passer à côté de crises ;
- localiser les points noirs sur le bassin versant en prenant en compte les particularités hydrogéologiques du Lez.

B. DESCRIPTION DU BASSIN VERSANT

B.I DONNEES GENERALES

Les résultats présentés ci-après sont issus du rapport des phases 1 et 2. Leurs intérêts pour la compréhension du rapport de phase 3 justifient leurs intégrations dans ce document.

B.I.1 Topographie

➤ *Planche n°2 : Carte des altitudes*

L'altimétrie du bassin versant se situe entre 36 (à la confluence avec le Rhône) et 1436 m NGF. Les altitudes les plus élevées se situent sur la Montagne de la Lance.

Le graphique ci-dessous indique la répartition de la surface selon l'altitude.

50% de la surface du bassin versant est située à des altitudes en dessous de 200 m NGF. Seulement 10% du territoire est au-dessus de 1000 m NGF.

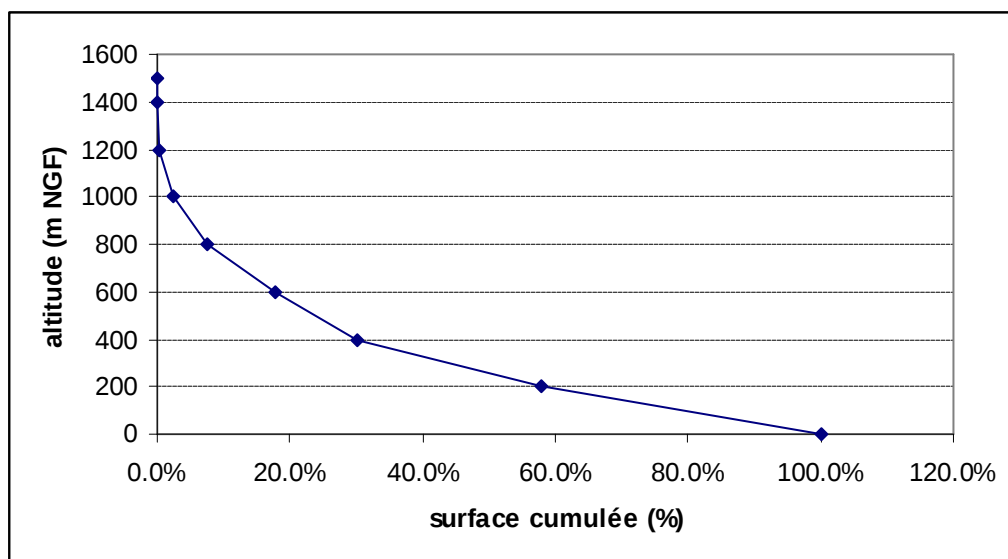


Illustration n° 1: Courbe hypsométrique

Carte des altitudes

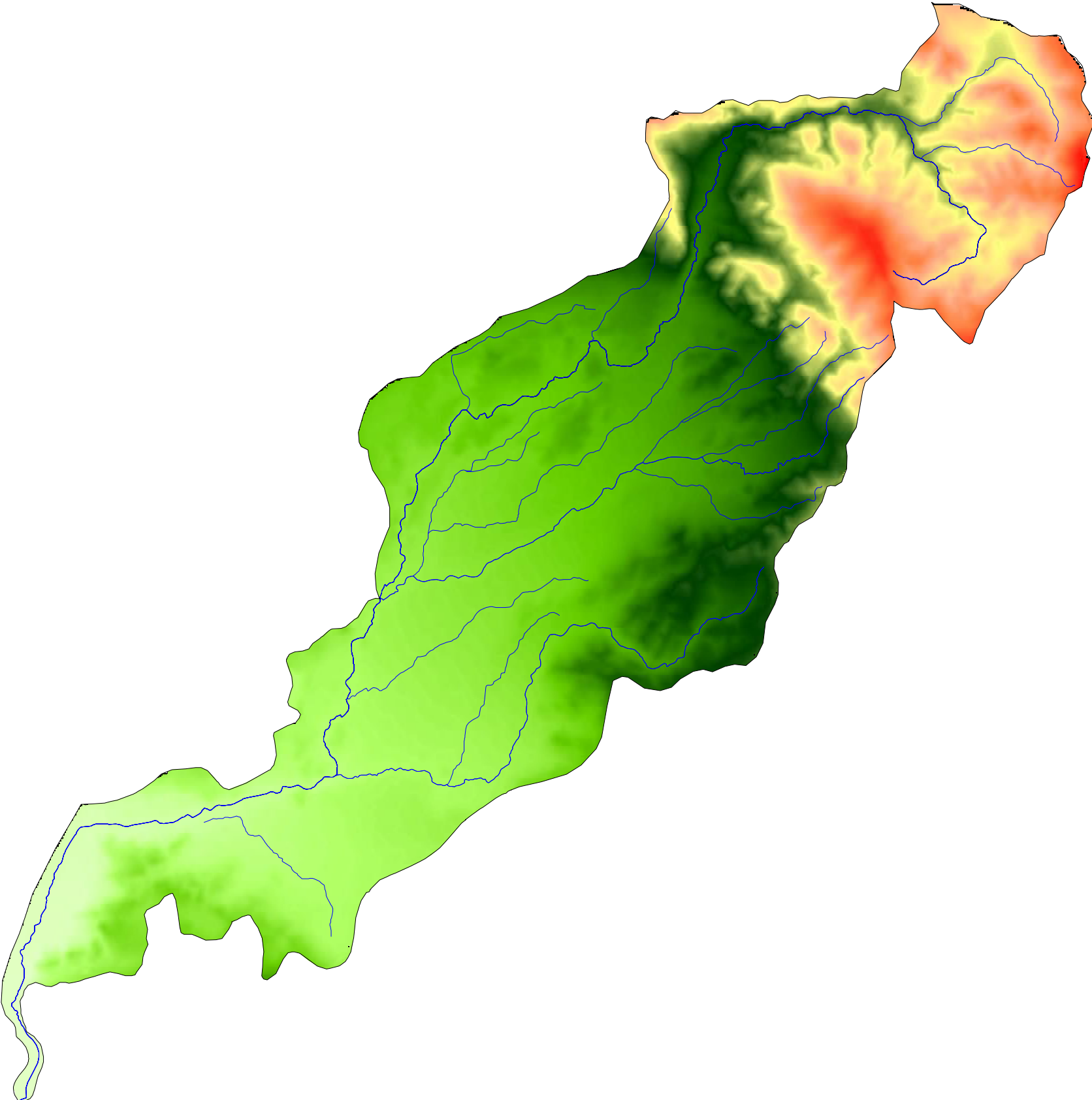
Source : MNT

LEGENDE

- 1 400-1500
- 1000-1400
- 800-1000
- 600-800
- 400-600
- 200-400
- 100-200
- 0-100

Bassin versant

Réseau hydrographique



Echelle : 1 / 175 000

0 3500 m

B.I.2 La couverture végétale

➤ Planche n°3 : Occupation des sols

L'analyse de l'occupation des sols a été réalisée à partir de l'exploitation des données CORINE LAND COVER. Cette base de données, établie grâce aux images satellites, dispose de 3 niveaux d'information. Le pouvoir de résolution est de 25 hectares. L'analyse présentée dans ce rapport, est basée sur le 2^{ème} niveau composé de 16 classes. Il n'est pris en compte ici que les classes présentes sur le bassin versant.

Année d'établissement de la carte	1990	2000	2006
Zones urbaines	3%	3%	3%
Vergers/Vignobles	39%	38%	38%
Prairies/Pâturages	1%	1%	1%
Forêts	35%	35%	35%
Zones avec peu ou sans végétation	<1%	<1%	<1%
Surfaces agricoles hétérogènes	22%	22%	22%
Zones arbustives	<1%	1%	1%

Tableau n° 1: Occupation des sols par l'analyse de Corinne Land Cover

L'analyse de ces données montre deux types prédominants d'occupation des sols :

- Les forêts sur le bassin versant avec 35% de la surface totale en 2006. L'essentiel de ces forêts est situé en amont de Le Pègue ;
- Les zones agricoles (61% du bassin versant) sont composées majoritairement de vignes et de vergers (39% de la surface du bassin versant) et de zones agricoles hétérogènes (22% de la surface du bassin versant). L'intégralité des vignes et vergers est située à l'aval de Le Pègue ;

Les surfaces imperméabilisées sont significatives : 3% du bassin versant. Quatorze zones urbanisées sont identifiées dans le bassin : Mondragon, Bollène, Suze la Rousse, Bouchet, Visan, La Baume de Transit, Richerenches, Valréas, Grillon, Chamaret, Grignan, Le Pegue, Taulignan, Rochegude. Cela signifie que les autres communes ont un centre urbain d'une taille inférieure à 25 ha. Ces zones sont concentrées dans la partie basse du bassin versant en aval de Le Pègue.

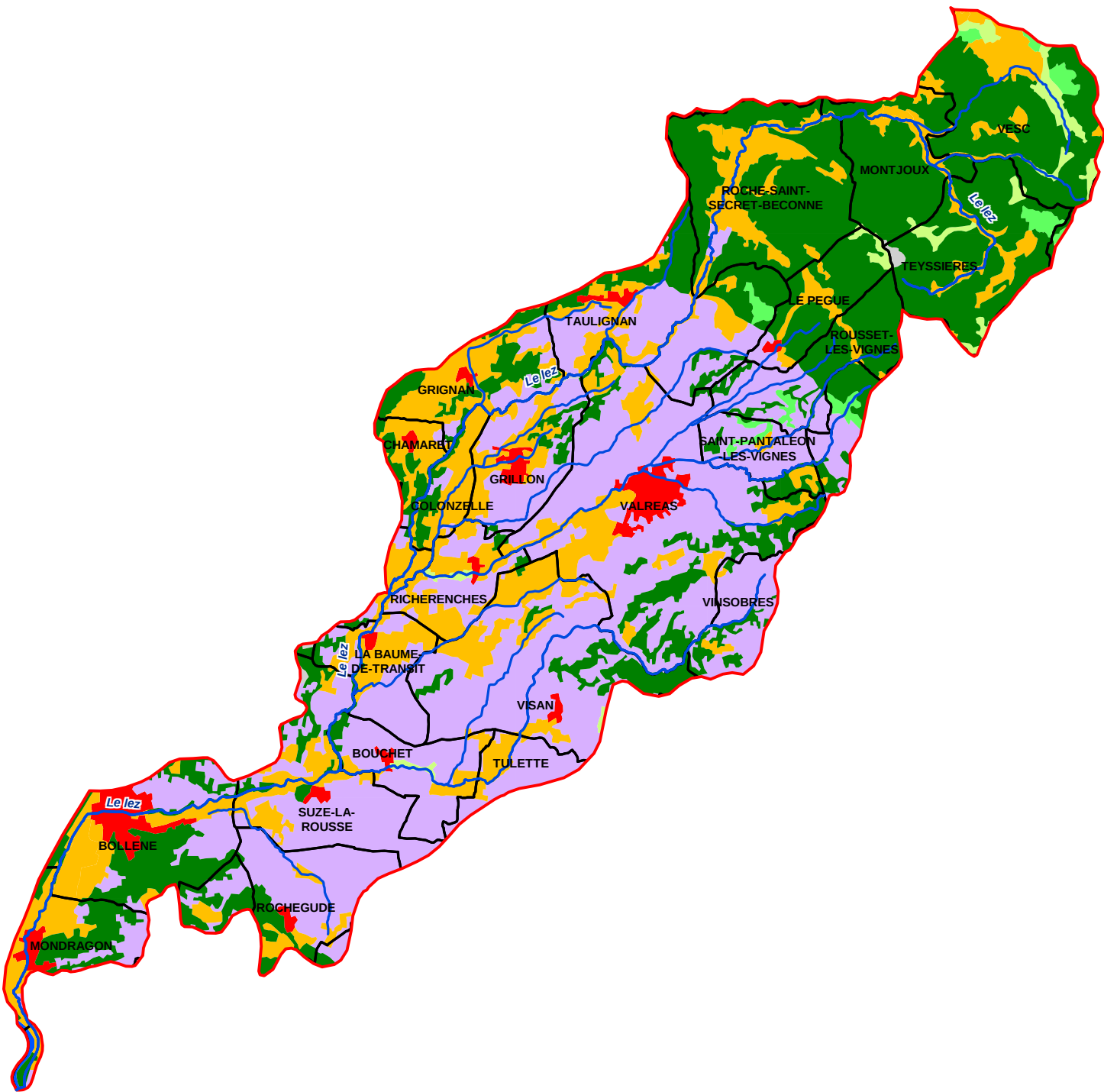
En conclusion, l'occupation au sol montre que l'on peut définir deux zones distinctes :

- L'amont du bassin versant (amont de Le Pègue) avec de grands espaces de végétation (forêts) et de surfaces agricoles souvent peu étendues, concentrées dans les fonds de vallées ;
- L'aval du bassin versant (aval de Le Pègue) avec de grandes surfaces agricoles de type vignes, oliveraies, vergers ponctuées de centre urbains.

L'analyse des données montre aussi que l'évolution des assolements est très faible dans le temps (entre 1990 et 2006) à l'échelle du bassin versant.

Occupation des sols

Source : Corine Land Cover 2006



Corine Land cover 2006

- Zones urbaines
- Vergers / Vignobles
- Prairies / Pâturage
- Surfaces agricoles hétérogènes
- Zones arbustives
- Forêts
- Zones avec peu ou sans végétation
- Cours d'eau

LEGENDE

- Réseau hydrographique
- Bassin versant
- Limite communale



Echelle : 1 / 250 000

0 5 000 m

B.II SECTORISATION DU BASSIN VERSANT

➤ Planche n°12 : Sectorisation du bassin versant

Le découpage en sous bassins versants du Lez est basé sur la nécessité d'établir des points nodaux (cf. tableau ci-dessous) :

- en amont des affluents importants afin ici aussi de caractériser les étiages avant que l'affluent ne vienne soutenir les débits ;
- dans les secteurs d'assec connus : par exemple, autour de Grignan ;
- en aval des prélèvements ou groupe de prélèvements importants.

Le découpage tient également compte de l'existence ou non d'une nappe alluviale afin de retrouver la même sectorisation entre les modèles hydrologique et hydrogéologique.

Sur les affluents principaux, quelques sous bassins versants ont été découpés notamment :

- trois sous bassins versants sur la Coronne et l'Aulière afin de prendre en compte les apports de ces bassins versants ;
- deux sous bassins versants sur l'Hérin pour analyser l'impact du retour du canal du comte sur les assècs du talweg.

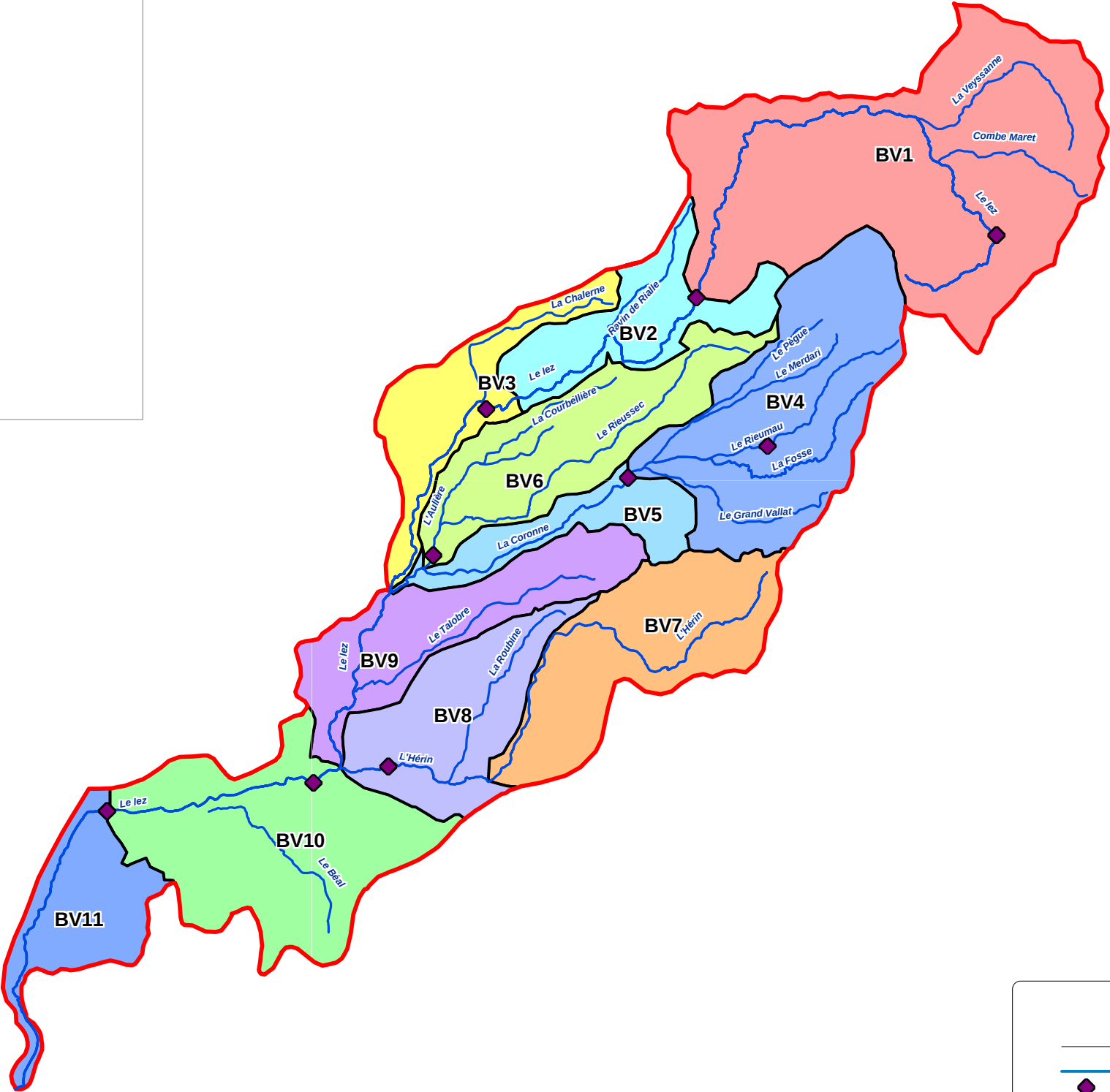
Les autres affluents n'ont pas fait l'objet d'un découpage en sous bassin versant du fait de l'absence de prélèvements significatifs ou de leurs tailles restreintes.

Bassin versant	Nom	Exutoire
BV1	Lez en amont de Taulignan	Station de Taulignan
BV2	Lez amont Grignan	Grignan
BV3	Lez amont Montségur	Amont Confluence Coronne
BV4	Coronne amont	Station de Valréas
BV5	Coronne aval	Amont confluence Lez
BV6	Aulière	Amont confluence Coronne
BV7	Hérin amont	Amont rejet canal du Comte
BV8	Hérin aval	Amont confluence Lez
BV9	Lez amont Suze la Rousse	Amont confluence Hérin
BV10	Lez amont Bollène	Station de Bollène
BV11	Lez aval	Confluence avec le Rhône

Tableau n°2 : Découpage en sous bassins versants



Plan de situation



BV1	Lez amont Taulignan
BV2	Lez amont Grignan
BV3	Lez amont Montségur
BV4	Coronne amont
BV5	Coronne aval
BV6	Aulière
BV7	Hérin amont
BV8	Hérin aval
BV9	Lez amont Suze-la-Rousse
BV10	Lez amont Bollène
BV11	Lez aval

Légende

Limite communale

Réseau hydrographique

Station hydrométrique

Limite de sous-bassin versant

Bassin versant du Lez

C. ANALYSE DES DONNEES

C.I DONNEES METEOROLOGIQUES

C.I.1 Données acquises

La ressource en eau sur le bassin versant du Lez a été étudiée à partir d'un ensemble de données météorologiques. Ces données permettent d'apprécier la variabilité spatiale et temporelle des phénomènes météorologiques sur la zone d'étude. Les données suivantes ont été acquises :

- la pluviométrie, donnée de base de la modélisation hydrologique ;
- l'EvapoTranspiration Potentielle (ETP), permettant d'évaluer les pertes par évaporation et les besoins des plantes pour l'irrigation ;
- la température, utile pour le calcul de la formation et de la fonte des neiges ;
- la hauteur de neige, nécessaire pour caler le modèle de production de neige basé sur la température.

Ces données ont généralement été acquises au pas de temps journalier. **Le choix des stations est issu d'une analyse de la représentativité des 10 stations météorologiques du bassin versant ou à proximité.** Le croisement de leur localisation, de leurs dates d'exploitation et de leur altitude a abouti à la sélection des 10 stations. Elles sont situées sur les communes de :

- Montjoux, et Besignan représentatives de l'amont du bassin versant avec des altitudes plus élevées ;
- Taulignan, Valréas, Vinsobres et Mirabel aux Baronnies représentatives des zones de moyennes altitudes sur le bassin versant ;
- Mondragon, Cairanne, Orange, Carpentras représentative des zones de basses altitudes du bassin versant situées à proximité du Rhône;

Poste	Altitude (m)
Mondragon	39
Cairanne	118
Valréas	202
Mirabel aux Baronnie	227
Vinsobres	247
Taulignan	257
Montjoux	540
Orange	57
Carpentras	99
Beignan	570



Illustration n°2 : Localisation des stations météorologiques

Données	Pas de Temps	Poste	Période en années complètes	Altitude (m)
Pluviométrie	Journalier	Mondragon	de 1996 à 2006	39
	Journalier	Cairanne	de 1988 à 2007	118
	Mensuel	Valréas	de 1958 à 1960	202
	Journalier		de 1972 à 2011	
	Journalier	Mirabel aux Baronnie	de 1981 à 2011	227
	Journalier	Vinsobres	de 1990 à 2011	247
	Journalier	Taulignan	de 1994 à 2011	257
	Journalier	Montjoux	de 1963 à 2011	540
Température	Journalier	Montjoux	de 1990 à 2011	540
	Journalier	Orange	de 1953 à 2011	57
ETP	Journalier	Carpentras	de 1964 à 2001	99
	Journalier	Beignan	de 2004 à 2011	570
Neige	Journalier	Valréas	de 2001 à 2011	202

Tableau n°3 : Synthèse des données météorologiques

C.I.2 Analyse de la pluviométrie

L'analyse pluviométrique a été réalisée sur 7 stations uniquement (les plus proches du bassin versant) sur leurs **périodes d'observation commune, à savoir 1996-2006**.

En moyenne sur la période 1996 à 2006, les pluviométries annuelles varient entre un minimum de 500 mm/an pour la station de Cairanne dans la vallée du Rhône à un maximum de 1 475 mm/an pour la station de Montjoux à près de 540 m d'altitude.

La pluviométrie annuelle sur le bassin versant du Lez est, en moyenne arithmétique sur l'ensemble des stations, de 857 mm (cf. illustration 4).

En regardant l'évolution de la pluviométrie avec l'altitude (cf. illustration 5), il est possible d'expliquer les hauteurs de précipitations par une relation linéaire par rapport aux altitudes des stations. On notera néanmoins le cas particulier de Mondragon qui présente une pluviométrie importante compte tenu de son altitude. La station de Mondragon étant située à proximité du Rhône, il est possible que cette différence de pluviométrie s'explique par l'influence du Rhône.

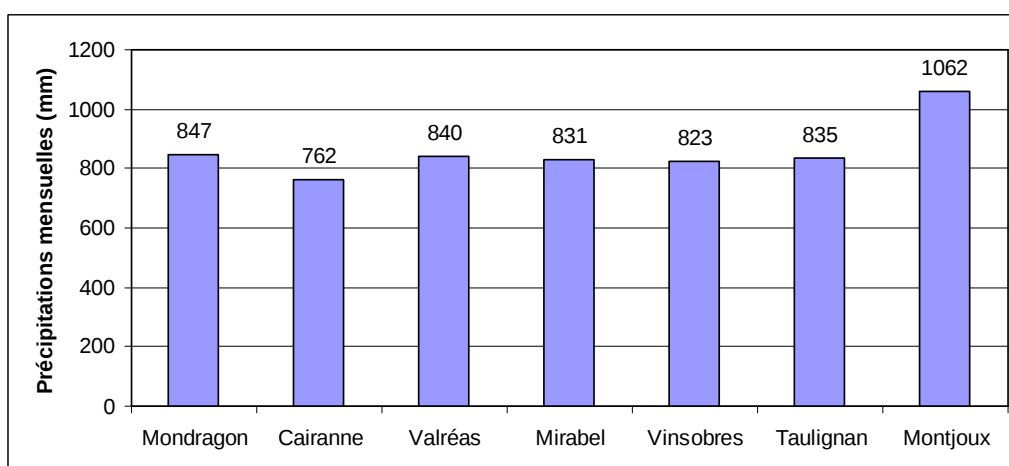


Illustration n°3 : Précipitations moyennes annuelles sur la période 1996-2006

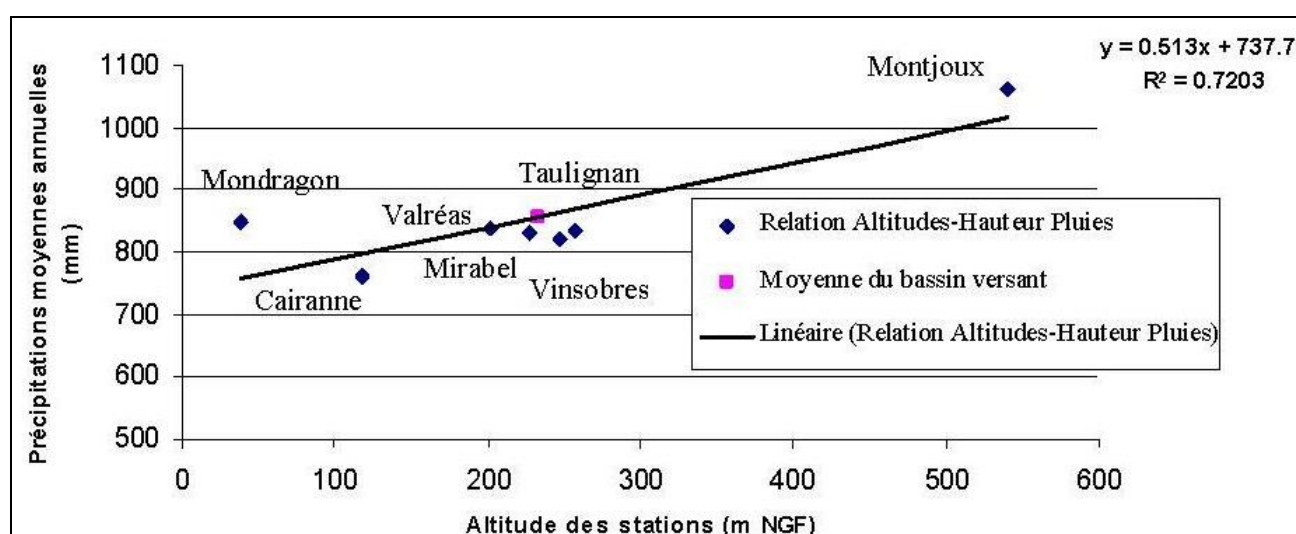


Illustration n°4 : Variation des cumuls annuels de pluies en fonction de l'altitude des stations

En plus des différences entre stations, les disparités d'une année à l'autre sont également très fortes. L'année 2005 aura été la moins pluvieuse avec 603 mm en moyenne mais seulement 500 mm pour la station du Cairanne. Par contre, l'année la plus pluvieuse aura été en 2002 avec 1270 mm en moyenne.

La pluviométrie de la période 2004-2006 est nettement plus faible que la pluviométrie moyenne (1996-2006). On observe une diminution de plus de 200 mm/an.

Le déficit hydrique constaté ces dernières années est clairement visible sur la période 2004-2006.

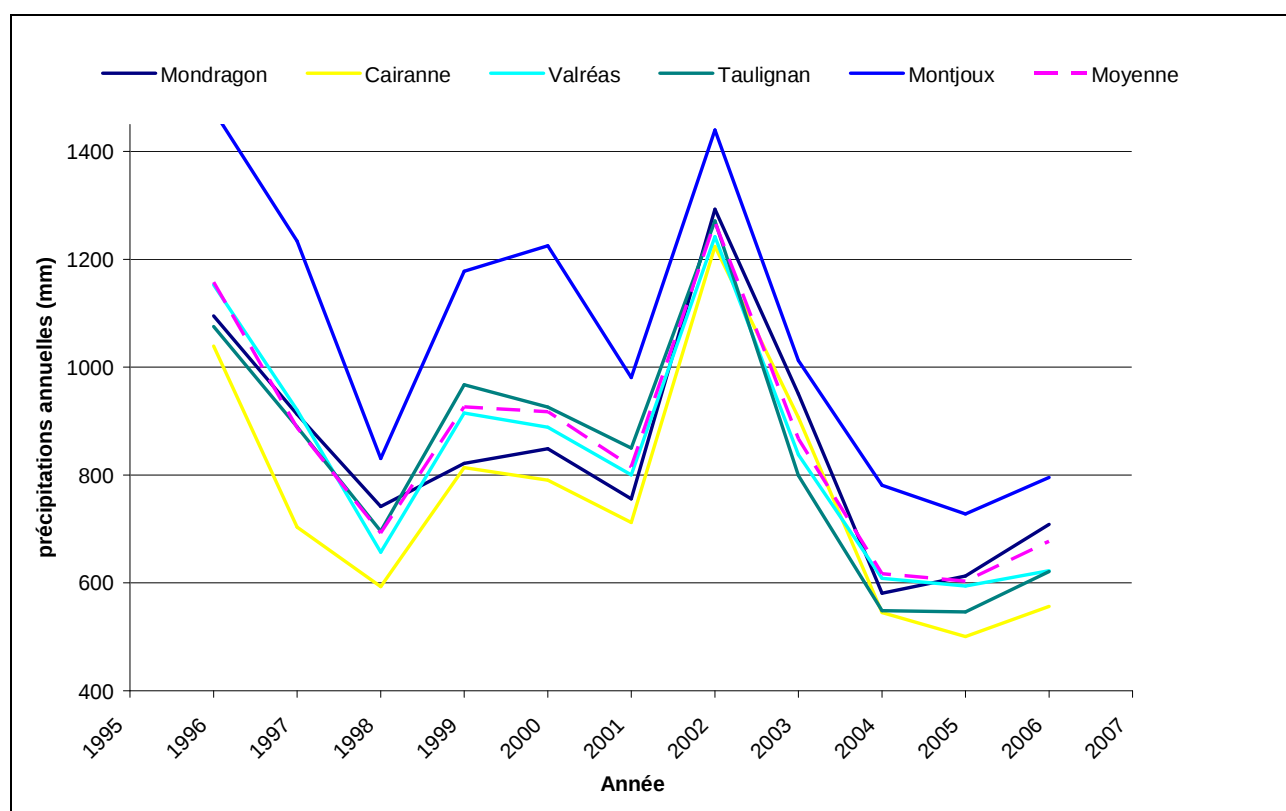


Illustration n°5 : Variation des cumuls annuels de pluies

Il faut noter que les stations ont globalement les mêmes évolutions interannuelles.

□ Nombre de jours de pluies

Concernant le nombre de jours de pluie, on observe de faibles variations d'une station à l'autre. A Mondragon, on compte 72 jours de pluie contre 88 à Montjoux. Le régime pluviométrique semble influencé par l'altitude mais aussi par la présence du Rhône : le nombre de jours de pluie et le cumul moyen annuel sur la station de Mondragon, ayant la plus faible des altitudes (39 m), est plus important que ceux de la station de Cairanne situé à 118m NGF.

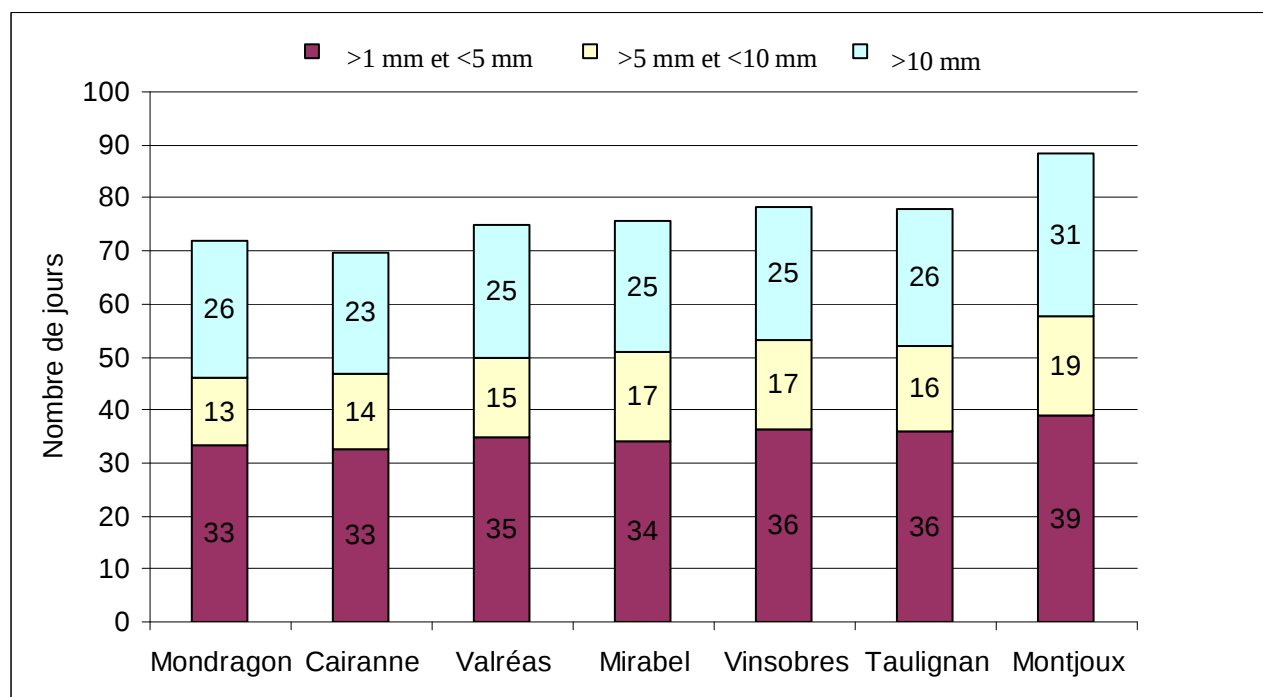


Illustration n°6 : Nombre de jours de pluie et par an et intensité sur la période 1996-2006

□ Cumul annuel et estival

Enfin l'illustration suivante compare les cumuls de précipitations annuels à ceux pendant la période d'irrigation (juin à août) sur la totalité de la chronique 1996 -2006.

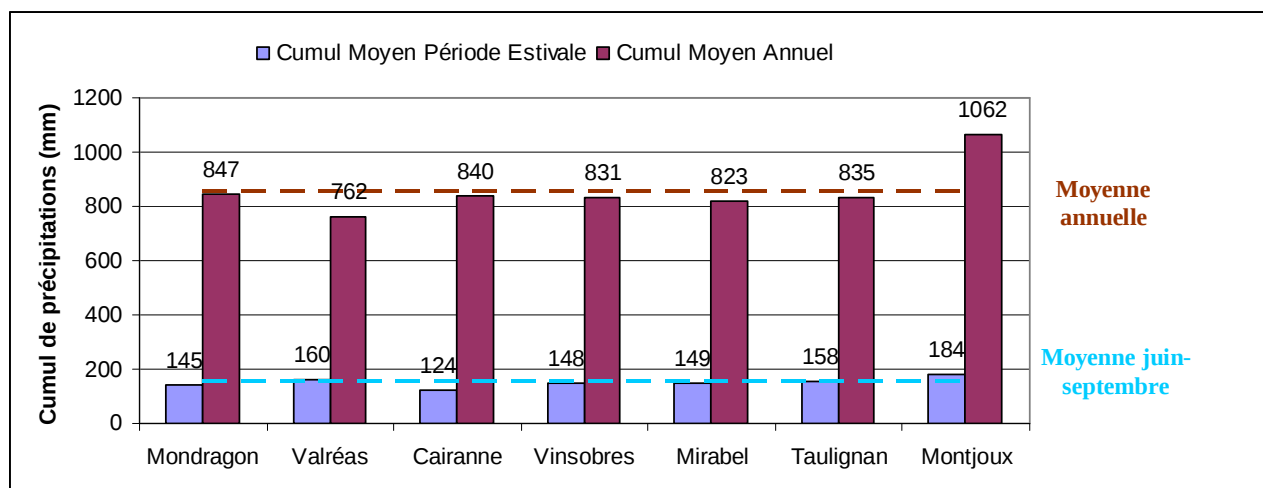


Illustration n°7 : Cumuls des précipitations pendant la période d'irrigation (1996-2006)

Dans le détail année par année, on retrouve en période estivale la variabilité annuelle constatée sur les cumuls annuels.

La proportion des précipitations pendant la période d'irrigation, sur la période 1996-2006, reste stable autour de 17%. On notera néanmoins que la station de Valréas présente un cumul estival important (le 2^{ème} plus important des stations observées) alors que son cumul annuel est le plus faible des stations retenues.

En conclusion :

- La pluviométrie moyenne est de l'ordre de 850 mm par an sur le bassin versant toutes stations confondues avec de fortes variations annuelles ;
- Les cumuls annuels de pluie les plus forts sont observés sur les reliefs en amont du bassin versant. La partie aval (en aval de la Pège) présente un régime pluviométrique homogène.
- Même si la situation a déjà été rencontrée par le passé, le déficit pluviométrique est net sur les cinq dernières années (2003-2007).
- Les différentes stations pluviométriques n'ont pas fonctionné sur 40 ans. Seules les stations de Montjoux et Valréas disposent d'une chronique sur 39 ans (1972-2011). La pluviométrie sur les stations restantes devra être reconstituée sur les années manquantes.

C.I.3 Analyse de la température

Les données disponibles sont issues des stations d'Orange, située à une altitude faible de 57m et de Montjoux, située à une altitude moyenne de 540m. Les températures observables sur la zone d'étude sont donc a priori plus faibles. La station d'Orange est donc représentative de la partie aval du bassin versant ayant des reliefs peu prononcés. Alors que la station de Montjoux est plus représentative de la partie amont du bassin versant où les températures observables sont plus faibles du fait de l'altitude plus élevée.

Pour la station d'Orange, la moyenne annuelle est de 14.7°C sur la période 1990-2010. La température moyenne annuelle semble stable sur la période considérée.

Pour la station de Montjoux sur la période 1990-2006, la température moyenne est plus faible avec seulement 12.2°C.

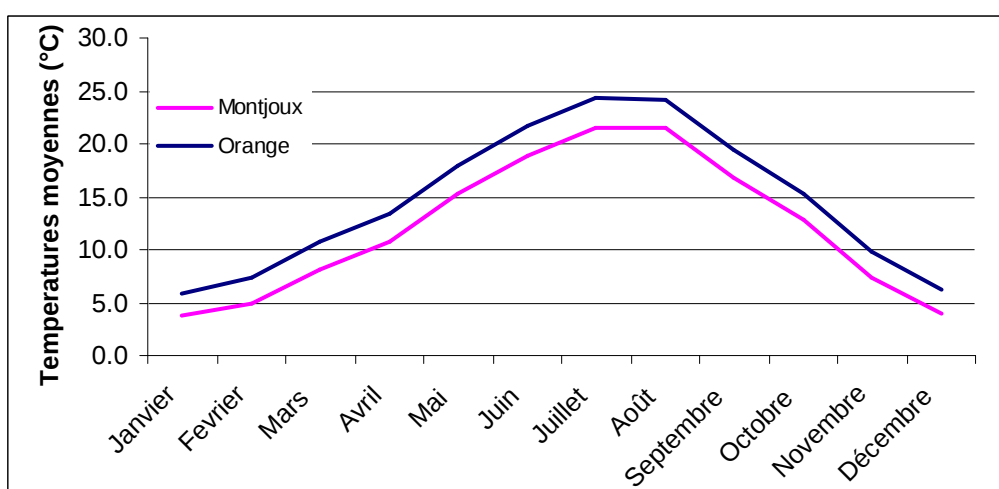


Illustration n°8 : Température moyenne mensuelle à Orange et Montjoux

En comparant les deux chroniques, on constate que les températures sur les deux stations ont entre 2°C et 3°C d'écart sur toute la période de l'année ce qui s'explique par la différence d'altitude. Sur les périodes disponibles, janvier est le mois le plus froid avec 3.7°C et juillet le mois le plus chaud avec 24.4°C à Orange et 21.6 °C à Montjoux.

C.I.4 Analyse de la neige

Les données disponibles sont issues de la station de Valréas (202 m NGF) au centre du bassin versant. Le nombre de jours où le sol est recouvert de neige ont été calculées à partir des données des hivers 2001 à 2010, seules séries chronologiques continues disponibles auprès de Météo France. Les résultats figurent dans le tableau ci-dessus.

	Nombre de jours neige
2001	5
2002	0
2003	8
2004	1
2005	1
2006	1
2007	1
2008	0
2009	2
2010	13

Tableau n°4 : Nombre de jours où le sol est recouvert de neige (2005 à 2008)

Ces données montrent un faible couvert neigeux au centre du bassin versant. La hauteur maximale de neige observée sur cette période est de 25 cm.

Les informations sur la couverture neigeuse restent partielles du fait que la station de Valréas est située à faible altitude. Néanmoins, la faible altitude du bassin versant (10% de la surface est située à plus de 1000 m) laisse supposer que la neige ne joue pas un rôle hydrologique important.

C.I.5 Analyse de l'Évapotranspiration Potentielle (ETP)

L'évapotranspiration correspond à la quantité d'eau totale transférée du sol vers l'atmosphère par l'évaporation du sol et la transpiration des plantes. L'évapotranspiration potentielle est une valeur théorique qui correspond à la somme de l'évaporation par la surface du sol et la transpiration des plantes lorsque le sol permet de fournir toute l'eau demandée.

Les données disponibles sont issues des stations de Carpentras (période 1963-2008) et de Besignan (période 2004 -2009).

Sur la station de Besignan, qui se situe à proximité du bassin versant du Lez (bassin versant de l'Eygues), l'ETP est maximale au mois de juillet (7 mm/ j) pour un minimum de 0.9 mm/j au mois de décembre.

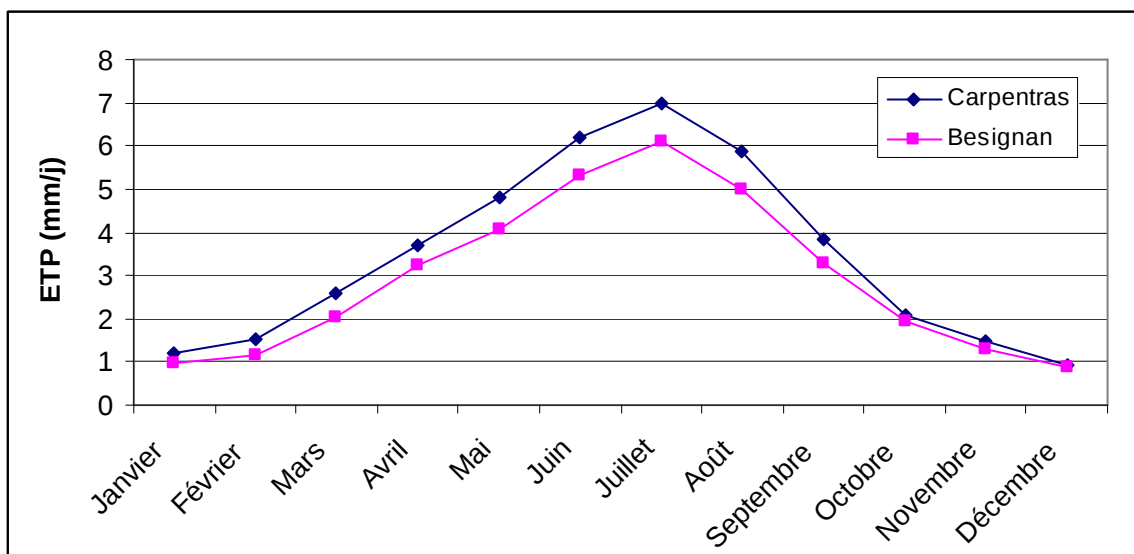


Illustration n°9 : Variations de l'ETP journalières sur l'année (moyenne 2004-2008)

Sur l'année, l'ETP représente 1258 mm pour 690 mm de précipitations cumulées moyennes à Besignan entre 2004 et 2008. **Durant la saison d'irrigation (juin à septembre), l'ETP cumulée est de 700 mm soit 7 000 m³ par ha.**

C.II DONNEES DEBITMETRIQUES

C.II.1 Analyse des données disponibles

Le bassin versant du Lez présente la particularité de disposer d'un double réseau de mesure des débits : le réseau porté par la DREAL (dont les données sont versées dans la banque HYDRO) et le réseau du SMBVL. Au total, 12 stations sont présentes sur le bassin versant, mais seules 11 permettent de mesurer des débits.

Nom	gestionnaire	Bassin versant (km ²)	Période de fonctionnement	Nombre d'années
Le Lez à Teyssières	SMBVL	15 km ²	2010-2012	2
Le Lez à Monbrisson-Tauligan	SMBVL	108 km ²	2010-2012	2
Le lez à Tauligan	DREAL	150 km ²	Pas de donnée de débits	
Le lez à Grigan	SMBVL	133 km ²	2010-2012	2
Le lez à Montségur sur Lauzon	DREAL	156 km ²	1969-1993	24
Le Lez à Suze la Rousse	SMBVL	375 km ²	2010-2012	2
Le Lez à Bollène	SMBVL	428 km ²	2010-2012	2
Le Lez à Bollène	DREAL	428 km ²	2010-2012	2
Le Rieumau à Saint Pantaléon	SMBVL	11 km ²	2010-2012	2
La Coronne à Valréas	SMBVL	62 km ²	2010-2012	2
Le Rieussec à Montségur	SMBVL	37 km ²	2010-2012	2
L'Hérin à Bouchet	SMBVL	32 km ²	2010-2012	2

Tableau n° 5: Caractéristiques des stations hydrométriques

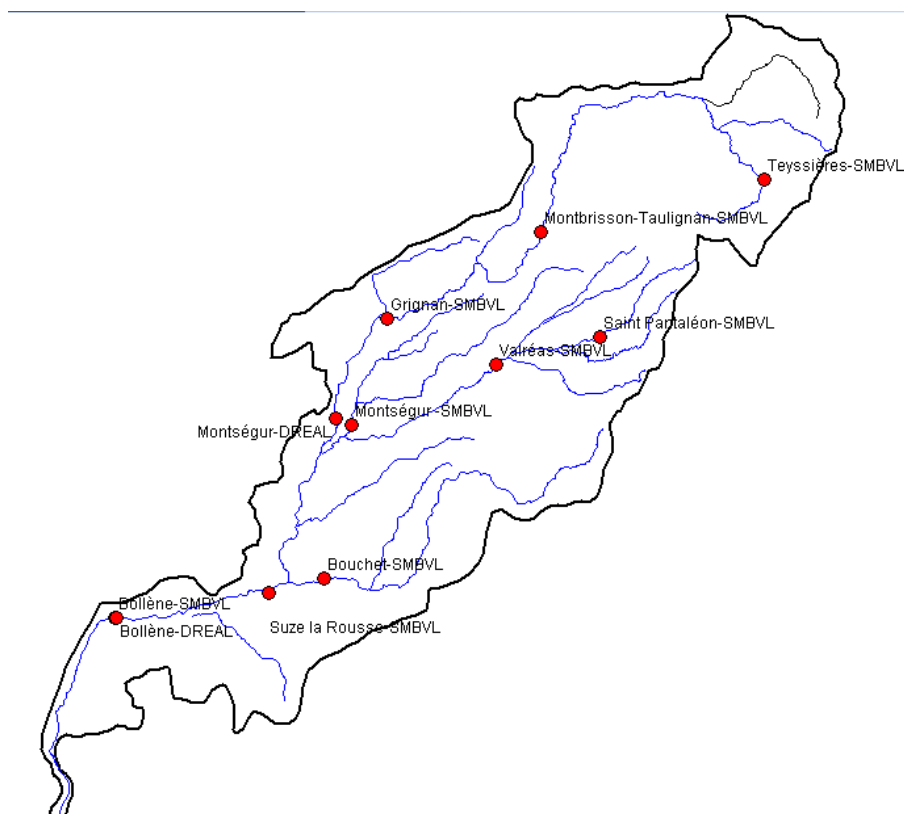


Illustration 10: Localisation des stations débitimétriques

Le bassin versant du Lez est peu suivi par la DREAL car seulement deux stations indiquent des débits et l'une d'entre elle est fermée depuis 1993. Néanmoins, cette dernière (Montségur sur Lauzon) dispose des données les plus anciennes (depuis 1969). Le réseau de mesure du SMBVL est lui particulièrement bien réparti sur le bassin versant avec 5 stations sur le lez et 4 sur les affluents mais il présente une très faible période d'observation (en place depuis 2009 mais uniquement avec des données validées depuis 2010).

C.II.2 Analyse station par station

La majorité des stations ne présentent qu'une à deux années de fonctionnement et il n'est donc pas intéressant de les étudier du point de vue statistique (module, QMNA5^e). Il sera plus pertinent de réaliser une analyse comparative sur les débits de 2010.

Seule la station de Montségur sur Lauzon, présente une chronique permettant une analyse statistique intéressante.

□ Station de Montségur sur Lauzon

La station de Montségur sur Lauzon intercepte un bassin versant de 156 km². Elle contrôle environ 1/3 du bassin versant du Lez. Elle est située en amont des affluents de la moyenne vallée du Lez. Le graphique ci-après indique la variation du débit moyen annuel sur la période de 1969 à 1993. Il faut

noter que la station n'a pas fonctionné entre 1976 et 1983 (inclus). Ce graphique montre une grande variabilité interannuelle du débit.

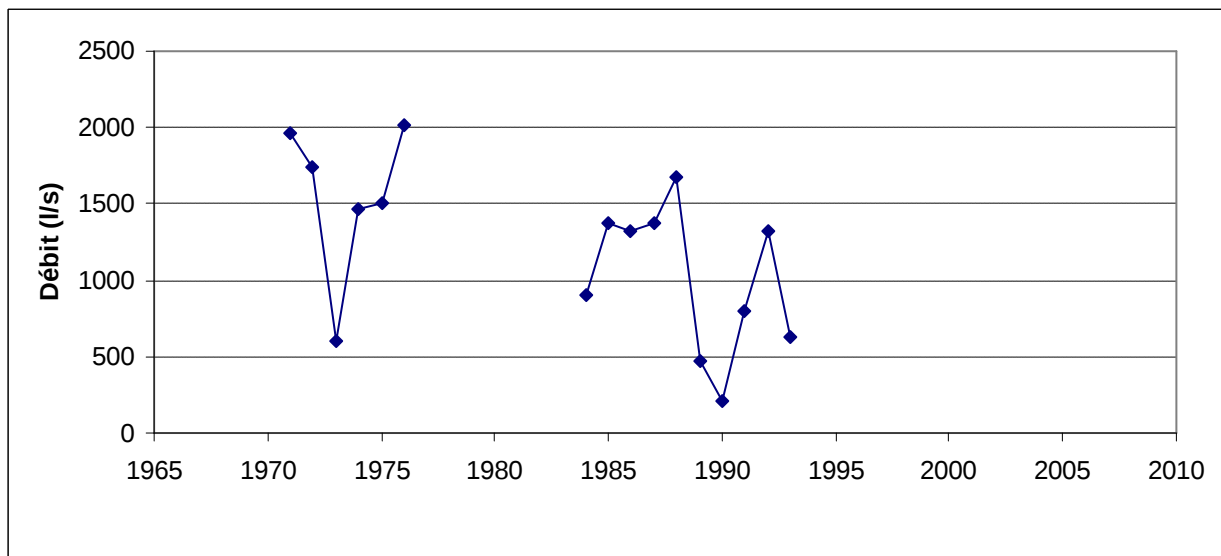


Illustration 11: Débits moyens annuels à Montségur sur le Lez sur les années 1971-1976 et 1984-1993

Le graphique ci-après montre la variation du débit mensuel. Le régime hydrologique du cours d'eau semble être pluvial avec un étiage très important entre juillet et septembre, une période de hautes eaux au printemps.

Le module de la station est de 1.3 m³/s. Le QMNA₅ est estimé à 15 l/s. Cela signifie qu'une année sur cinq le débit moyen de la rivière durant un mois est inférieur à 15 l/s.

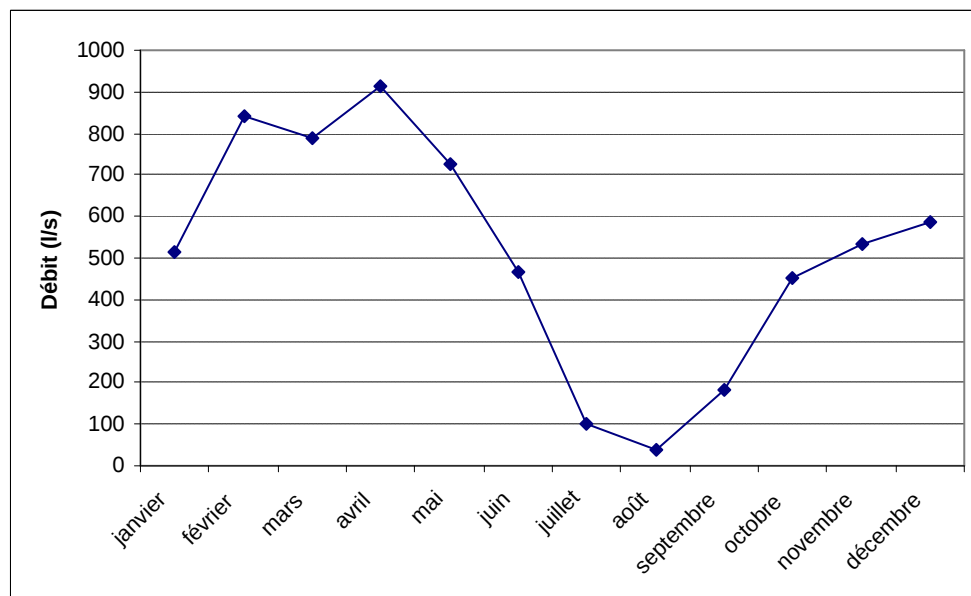


Illustration 12: Débits moyens mensuels à Montségur sur le Lez sur les années 1971-1976 et 1984-1993

C.II.3 Analyse comparative entre stations sur l'année 2011

□ Analyse débitimétrique

Les stations de mesure du SMBVL ont été comparées entre elles sur l'année 2011. Il a été comparé le débit moyen annuel et le débit moyen mensuel du mois d'août (cf. graphique ci-après).

On observe que les débits du Lez diminuent en sortie de la zone montagneuse (en aval de Taulignan) jusqu'à Grignan et augmentent sur l'aval jusqu'à Bollène. Pour les affluents la Coronne (Valréas) et l'Hérin (Bouchet) semblent apporter des débits importants au Lez (50 l/s à 150 l/s en période estivale).

Note : l'analyse réalisée dans ce paragraphe ne repose que sur 1 an de mesure et est donc fortement liée aux conditions hydriques de cette année. Seule une période d'observation plus longue permettrait de conclure sur le fonctionnement hydrologique du bassin versant du Lez.

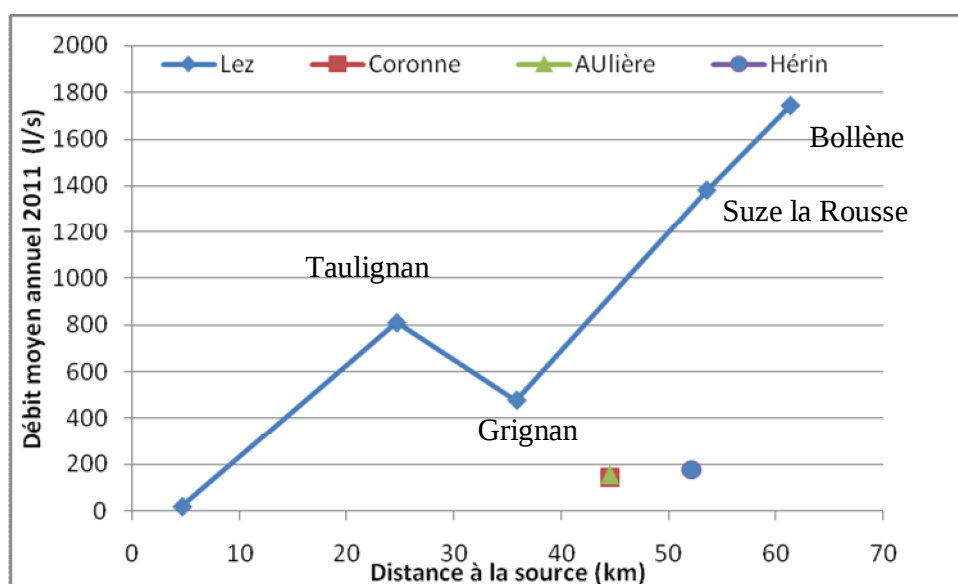


Illustration 13: Débits moyens annuels de 2011

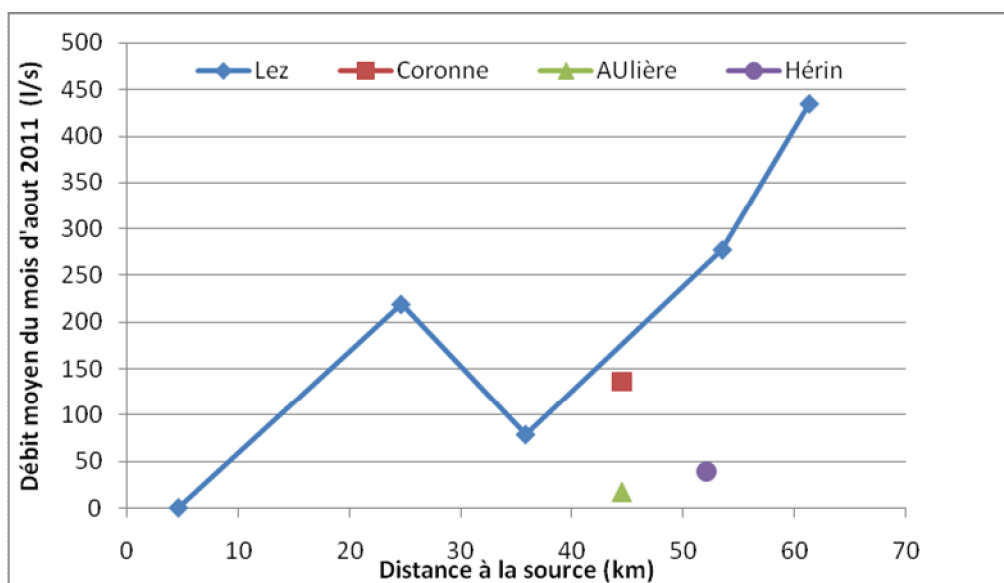


Illustration 14: Débits moyens mensuel d'août 2011

□ Analyse des coefficients d'écoulement

Pour compléter l'analyse des données mesurées par le SMBVL sur l'année 2011, il a été réalisé un calcul de coefficient d'écoulement. Ce coefficient d'écoulement est le rapport entre le volume de pluie tombée sur le bassin versant et le volume écoulé dans la rivière.

Il permet de comprendre quelles sont les zones où les ruissellements sont importants et donc isoler les zones les plus contributives aux débits de la rivière.

Le tableau n°5 indique le coefficient d'écoulement moyen sur l'année 2010 aux stations de mesure du SMBVL. Certaines données sont incomplètes ce qui empêche le calcul du coefficient d'écoulement.

Nom	gestionnaire	Coefficient d'écoulement (%)
Le Lez à Teyssi�re	SMBVL	x
Le Lez � Mongrison-Tauligan	SMBVL	61%
Le lez � Grigan	SMBVL	34 %
Le Lez � Suze la Rousse	SMBVL	x
Le Lez � Bollène	SMBVL	x
Le Lez � Bollène	DREAL	21 %
Rieumau � Saint Pantaléon	SMBVL	22 %
La Coronne � Valréas	SMBVL	33 %
Le Rieussec � Montts�gur	SMBVL	20 %
Le Hérin � Bouchet	SMBVL	66 %

Tableau n  6: Coefficient d'écoulement sur l' nn e 2011

Ce tableau tendrait à indiquer que le secteur amont du Lez génère des débits importants (61% de la pluie tombée en 2011 s'est écoulée dans la rivière) alors que l'aval contribue moins aux débits. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'une part importante des débits s'écoule dans la nappe et non en surface.

L'Herin présente un coefficient d'écoulement particulièrement élevé qui ne peut s'expliquer que par des ré-alimentation par la nappe ou par des retours de canaux.

Note : l'analyse réalisée dans ce paragraphe ne repose que sur 1 an de mesure et est donc fortement liée aux conditions hydriques de cette année. Seule une période d'observation plus longue permettrait de conclure sur le fonctionnement hydrologique du bassin versant du Lez.

C.II.4 Campagnes de mesures complémentaires

➤ Planche n°13 : Points de jaugeage

❑ Méthodologie

Les mesures de débit présentées dans ce paragraphe correspondent à des jaugeages ponctuels réalisés dans le cadre de la présente étude à l'aide d'un micro moulinet ou d'un courantmètre. Ils ont été établis sur le Lez et ses affluents sur deux campagnes (juillet et août 2011).

Les campagnes de mesures réalisées par CEREG Ingénierie et Idées Eaux consistent en **20 jaugeages** dont 11 sur le Lez et 9 sur les affluents (Coronne, Herin).

❑ Résultats sur le Lez

Le deux graphiques ci-après indique les débits mesurés (avec leurs marges d'incertitudes représentées par un trait noir vertical) en 11 points du bassin versant.

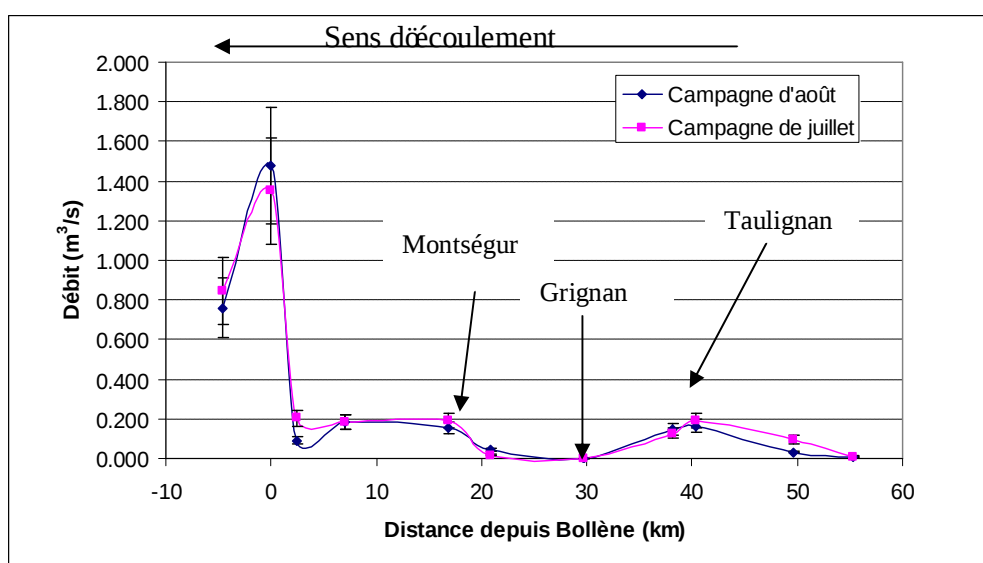


Illustration n°15 : Jaugeages sur le Lez durant l'été 2011

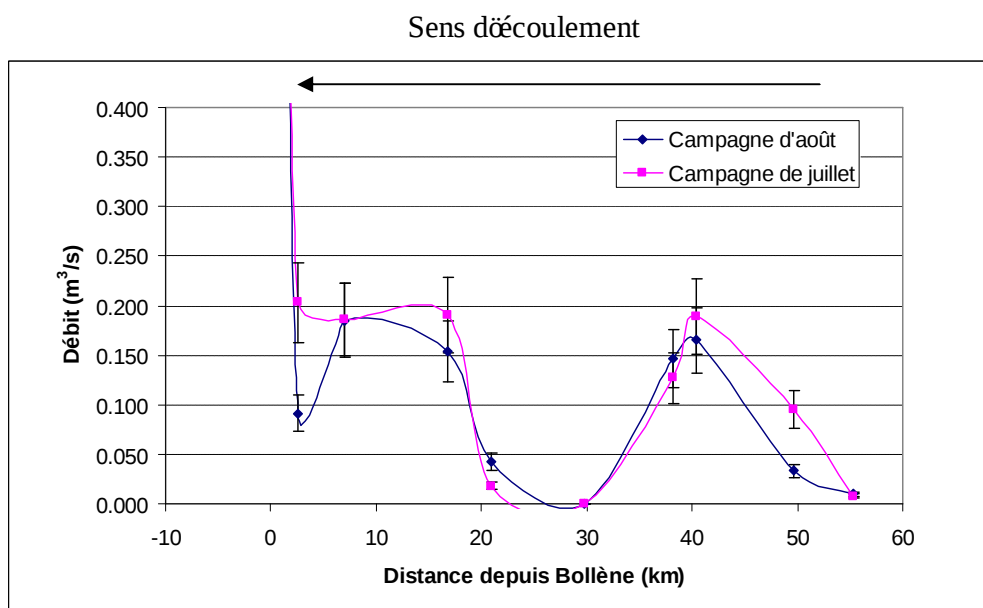


Illustration n°16 : Jaugeages sur le Lez durant l'été 2011 (Zoom)

Les barres d'erreur représentent une incertitude de 10% sur la mesure.

Ces résultats confirment les observations des stations de mesures du SMBVL. Les débits du Lez augmentent dans la partie amont avant de chuter entre Taulignan et Grignan. Ceci s'explique par les infiltrations dans la nappe et quelques prélèvements. Plus en aval (à Montségur), le débit du Lez réaugmente du fait des apports des affluents (notamment la Coronne) et les résurgences de la nappe. A Bollène, les apports du canal de Pierrelatte augmentent fortement le débit du Lez. Il faut noter qu'entre juillet et août, les variations de débit sont identiques, à l'exception de l'amont de Bollène où un prélèvement fait chuter le débit lors de la campagne d'août.

❑ Résultats sur les affluents

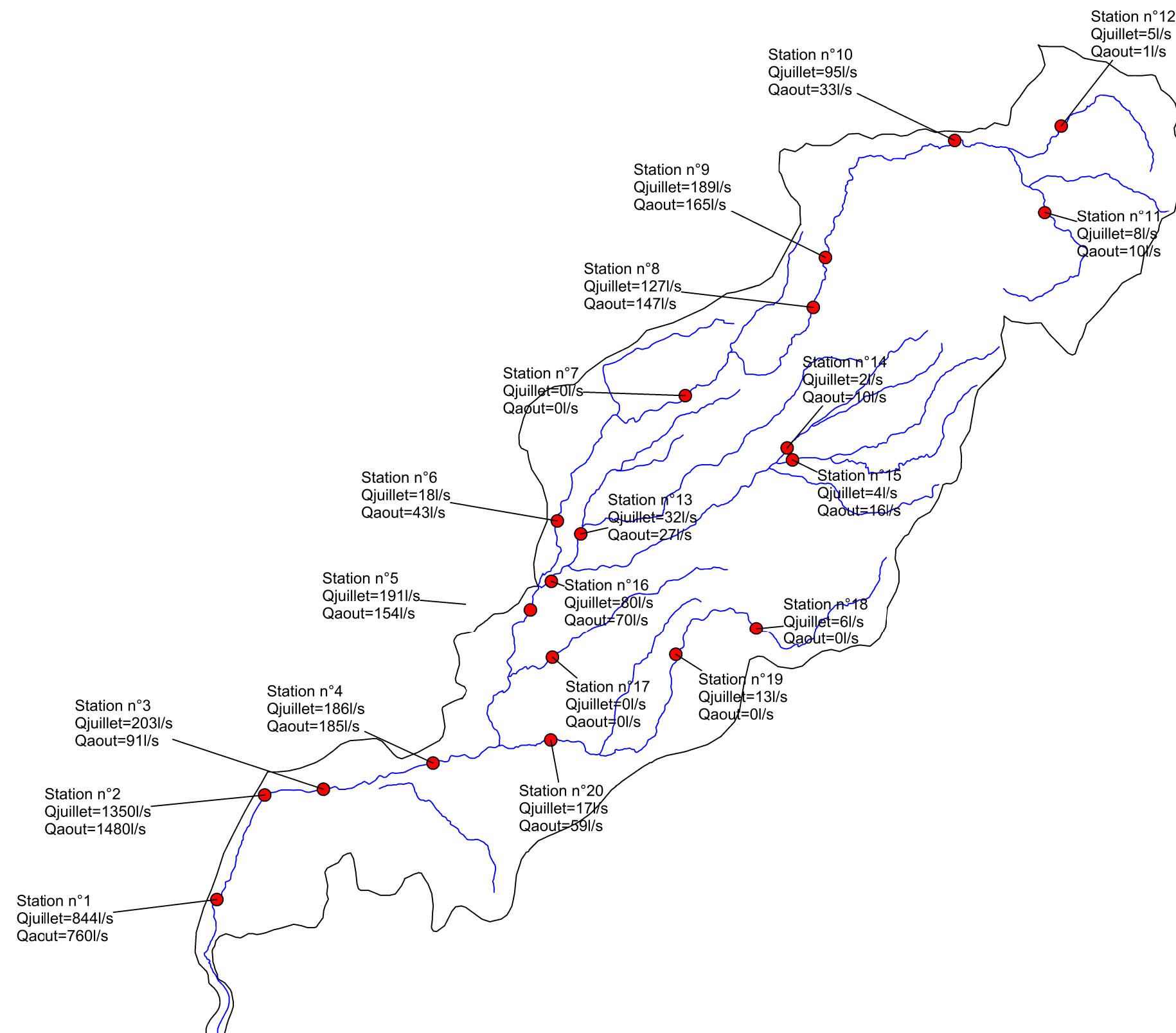
Les débits mesurés sur les affluents montrent que l'Aulière et la Coronne contribuent aux débits du Lez à hauteur de 100 l/s au total. Ces apports représentent près de la moitié du débit du Lez à la confluence. Le débit de l'Hérin est lié au rejet du Canal du Moulin provenant de l'Eygues. Ceci s'observe notamment en comparant le débit mesuré au mois d'août avec celui mesuré en juillet : le débit a doublé en août.

	Campagne de Juillet		Campagne d'Aout	
	Q(m3/s)	Marge d'erreur (l/s)	Q(m3/s)	Marge d'erreur (l/s)
Veyssane	5	[4-6]	<1	
L'Aulière	32	[29-35]	27	[24-30]
Ruisseau du Pégué	2		10	[9-11]
La Coronne	4	[3-5]	16	[14-18]
La Coronne (confluence avec le Lez)	80	[72-88]	70	[63-77]
Le Talobre	0		0	
L'Hérin (7 km de la source)	6	[5-7]	0	
L'Hérin (12 km de la source)	13	[12-14]	<1	
L'Hérin (2km avant la confluence)	17	[15-19]	59	[53-65]

Tableau n°7: Jaugeages des affluents durant l'été 2011

Jaugeages réalisés en juillet et aout 2011

Source : fonds de carte IGN

**LEGENDE**

- Limite du bassin versant
- Réseau hydrographique
- Point de jaugeages



Echelle :

1 / 190 000

0 3800 m

C.II.5 Données ROCA-Assec

Le bassin versant du Lez est muni de plusieurs stations ROCA (Réseau d'Observation des Crises d'Assecs) se situant sur le Lez et certains affluents :

- Station sur le Lez à Montjoux
- Station sur le Lez à Grillon
- Station de la Coronne à Richerenches
- Station sur le Pègue à Valréas
- Station sur l'Aulière à Grillon
- Station sur le Talobre à Visan

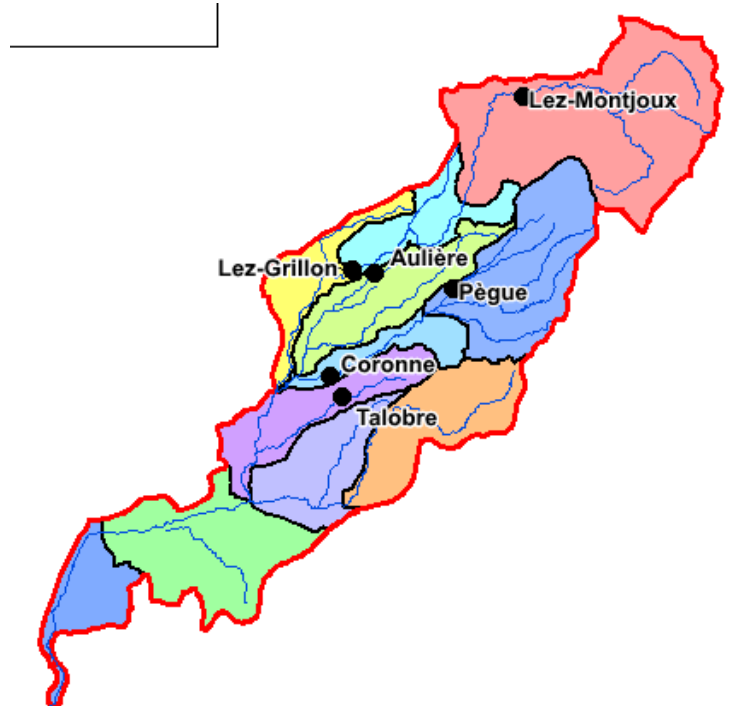


Illustration n°17 : Station d'Assec ROCA sur le bassin du Lez

Ce réseau de suivi consiste en une visite sur site (tous les 15 jours environ à partir du début de la saison sèche) où un contrôle visuel du débit est réalisé selon trois ou quatre classes selon les années :

- ☐ Avant 2006:
 - 1 : Ecoulement visible
 - 2 : Ecoulement non visible
 - 3 : Assec
- ☐ Après 2006 :
 - 1 : Ecoulement normal
 - 2 : Ecoulement faible
 - 3 : Ecoulement non visible
 - 4 : Assec

❑ ROCA sur le Lez à Montjoux

5

❑ ROCA sur le Lez à Grillon

Les données du site sur le Lez ont été récupérées entre les années 2004-2011. L'analyse montre que :

- 6 années sur 7, des assecs ont lieu avec une durée de plus d'un mois ;
- Seule l'année 2008 ne présente pas d'assec.

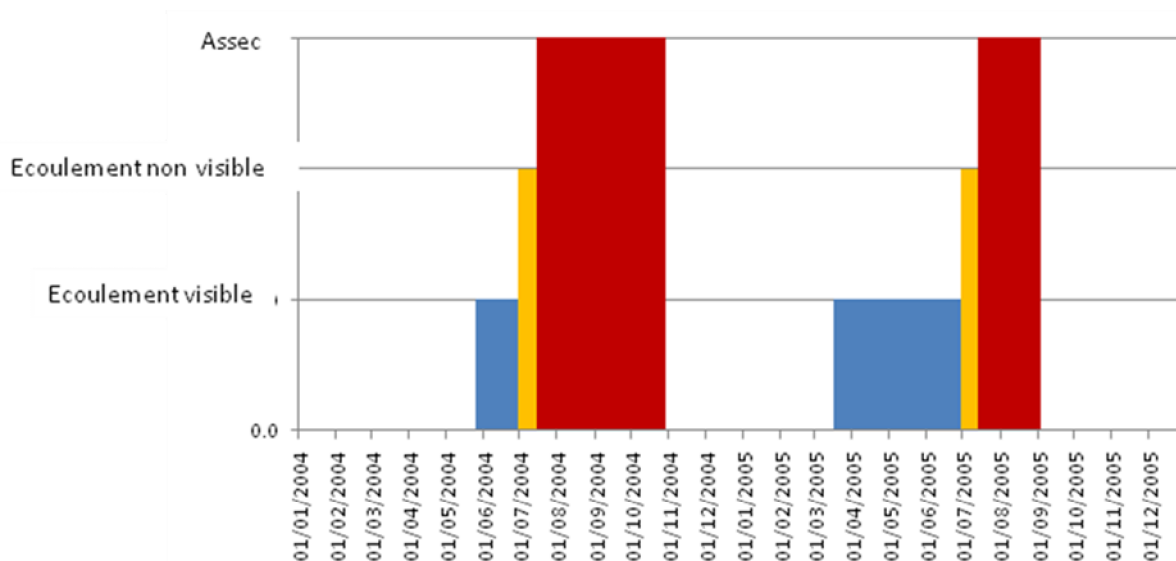


Illustration n°18 : Données ROCA sur le Lez de 2004 à 2005

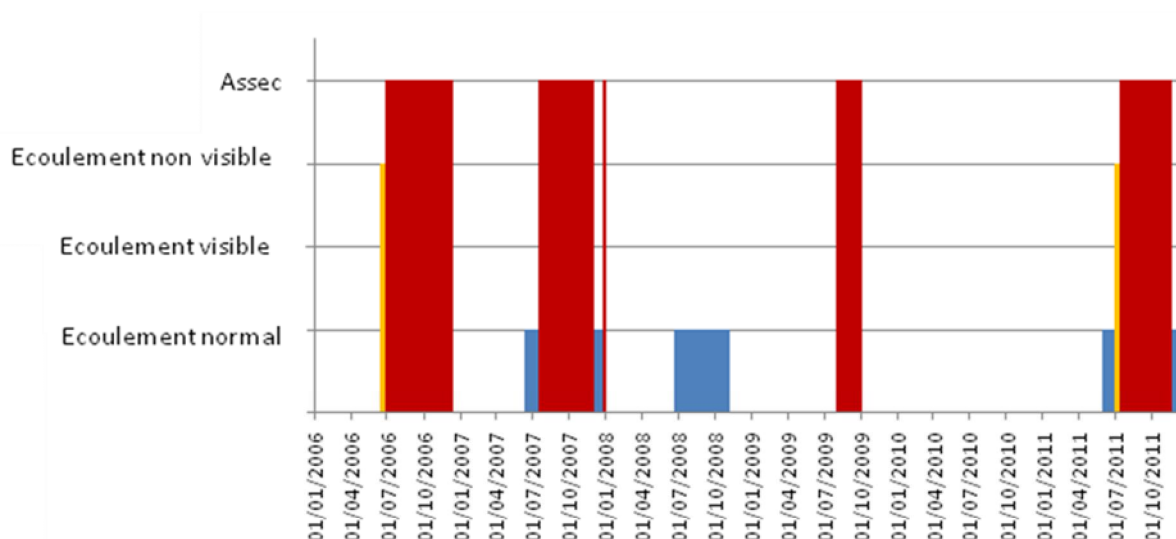


Illustration n°19 : Données ROCA sur le Lez de 2006 à 2011

❑ *ROCA sur la Coronne*

Les données du site sur la Coronne montrent que :

- Seule l'année 2006 (année sèche) présente des assecs avec une durée de 13 jours;
- Les années restantes, le débit est jugé normal à visible.

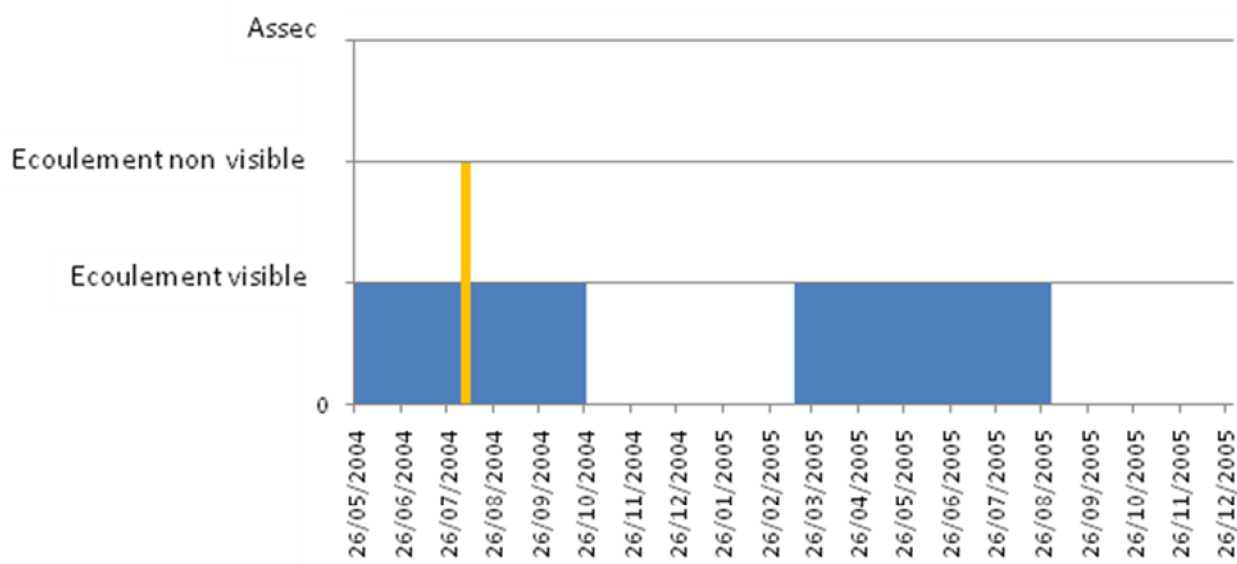


Illustration n°20 : Données ROCA sur la Coronne de 2004 à 2005

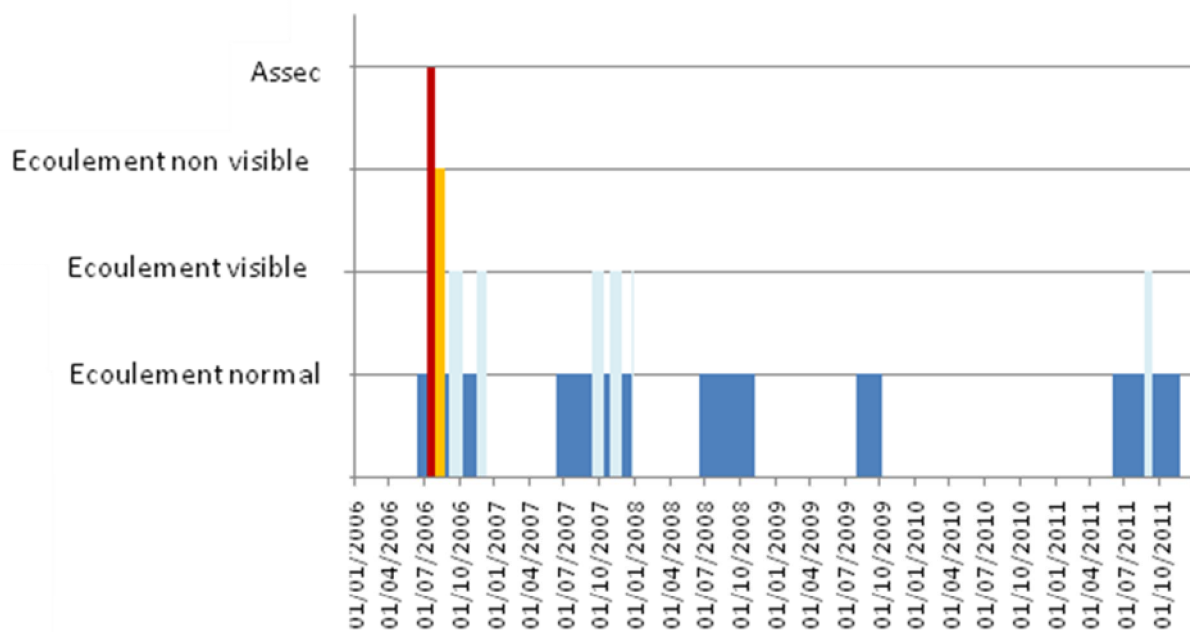


Illustration n°21 : Données ROCA sur la Coronne de 2006 à 2011

❑ *ROCA sur le Pègue (affluent de la Coronne)*

Les données sur le site du Pègue montrent que ce ruisseau est en assec 4 année sur 7. De plus le nombre de jours d'assec par an est estimé entre 5 et 10 jours. Les assecs sont donc moins prononcés sur le Pègue que sur la Coronne.

❑ *ROCA sur l'Aulière*

Les données du site sur l'Aulière montrent qu'aucun assec n'est observé à l'exception de l'année 2011. Il faut néanmoins noter que cette station se situe à l'amont du bassin versant de l'Aulière et qu'elle n'est donc pas forcément représentative des situations d'assec sur l'aval de l'Aulière.

❑ *ROCA sur le Talobre*

Les données du site de Talobre montrent que ce ruisseau est en assec 5 années sur 7. De plus le nombre de jours d'assec par an est estimé entre 5 et 10 jours.

Ces données confirment donc les résultats et l'interprétation des campagnes de jaugeages réalisés en 2011. **Le Lez au niveau de Grillon est soumis à des assecs réguliers.** De plus, les affluents hormis l'Aulière sont soumis à des assecs. Par contre, les assecs sur les affluents et notamment sur la Coronne ont des durées d'assec plus faible (5 à 10 jours au lieu d'un mois).

Le fonctionnement de la nappe est donc potentiellement différent entre ces différents cours d'eau. L'impact des prélèvements peut aussi jouer sur le nombre de jours d'assecs.

C.III HYDROGEOLOGIE

➤ *Planche n°14 : Piézomètres utilisés*

C.III.1 Rappel

Sur le secteur étudié, trois aquifères principaux sont recensés :

- l'aquifère des formations carbonatées du Crétacé ;
- l'aquifère des formations miocènes ;
- l'aquifère des alluvions.

❑ *Aquifère des formations carbonatées du Crétacé*

Ces formations calcaires présentent une perméabilité de fractures. Leur productivité est de ce fait proportionnelle au degré de fracturation et/ou à leur karstification et à la taille du réservoir collecteur.

Peu de forages exploitent ces formations. Toutefois, plusieurs sources sont exploitées pour l'AEP comme à Teyssières et à la Roche St Secret. Très peu d'informations existent donc sur cet aquifère.

❑ *Aquifère des formations Miocènes*

La nappe du Miocène est exploitée pour l'irrigation et pour l'AEP des particuliers et des collectivités (par exemple à Valréas, Montségur-sur-Lauzon, Grignan, Saint-Pantaléon-les-Vignes). Cette eau est généralement de très bonne qualité et la ressource est considérée comme peu vulnérable compte tenu d'une stratification caractérisée par une alternance de marnes et sables. Les superficies d'affleurement des sables constituent les aires de recharge de l'aquifère et donc de vulnérabilité vis à vis des pollutions d'origine anthropique. Les perméabilités sont comprises entre 1.10^{-5} et 1.10^{-6} m/s, et les débits des forages peuvent atteindre quelques dizaines de m³/h. Ces formations sont surmontées par des sédiments marneux du Pliocène épais de plusieurs dizaines de mètres et peuvent atteindre jusqu'à 200 m à Bouchet.

❑ *Aquifères des alluvions*

Les aquifères alluviaux sont d'extension très variable et généralement le siège des nappes d'accompagnement des cours d'eau. L'alimentation principale des nappes s'effectue par infiltration des précipitations efficaces et plus localement par drainance de la nappe Miocène. Ces nappes sont très exploitées (irrigation, AEP ou autre) et très vulnérables.

C.III.2 Campagnes piézométriques de 2011 (Idées Eaux)

Le bassin versant du Lez est limitrophe de celui de l'Aygues au Sud, du Lauzon au Nord et du Rhône à l'Ouest.

La piézométrie de l'aquifère des alluvions du Lez a été établie sur la base 24 points d'eau mesurés et nivelés (puits, forages, piézomètres). Elle permet notamment de déterminer le sens d'écoulement de la nappe alluviale.

Trois campagnes ont été réalisées en avril, juin et août 2011. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Une seule représentation cartographique a été faite puisque le comportement général de la nappe n'évolue pas d'une campagne à l'autre. Il s'agit de celle correspondant à la campagne d'août 2011.

En termes hydrogéologiques :

- Le sens général d'écoulement de la nappe alluviale est Nord Est ñ Sud Ouest avec au Sud, au niveau de Suze la Rousse, une direction quasi Est - Ouest (*figure 5*).
- Dans la zone des calcaires où l'aquifère alluvial est faiblement étendu et limité aux fonds de vallée, le gradient hydraulique est plus important avec une valeur de 2.10^{-2} m/m entre La Roche Saint Secret Beconne et Montbrison sur Lez.
- Au sortir de la zone des reliefs calcaires, dans la partie amont du bassin de Valréas, le gradient hydraulique diminue légèrement dans ce secteur témoignant d'une faible augmentation de la perméabilité des terrains alluviaux : nous retiendrons la valeur moyenne de 1.10^{-2} m/m.
- Dans la partie aval du bassin de Valréas, la géométrie du réservoir alluvial tend à s'élargir et la perméabilité des formations augmentent ce qui se traduit par une diminution du gradient hydraulique qui présente une valeur moyenne de l'ordre de 8.10^{-3} m/m entre Valréas et Suze la Rousse. Au niveau de Saint Cécile les Vignes et de Suze la Rousse, entre les rivières Lez et Aygues, la piézométrie est quasi Est ñ Ouest indiquant vraisemblablement un déchargement de la nappe alluviale de l'Aygue dans celle du Lez. Ces relations entre bassins versants vont être affinées dans le cadre de l'étude sur les volumes prélevables du bassin versant de l'Aygue menées concomitamment à celle du Lez.
- A la fermeture du bassin de Valréas, l'aquifère alluvial se réduit fortement, confiné entre les massifs calcaires crétacé au niveau de Bollène, ce qui lui confère son sens d'écoulement quasi Est- Ouest. Le gradient hydraulique est plus faible et vaut 6.10^{-3} m/m. A la sortie du corridor calcaire, la nappe a un sens d'écoulement Nord ñ Sud et pourrait être confondue avec celle du Rhône.

L'étendue de la nappe alluviale couvre environ 150 km² ce qui représente une densité de points de mesure de l'ordre de 1 point pour 6.3 km². Cette densité est selon nous faible pour définir précisément les écoulements de la nappe et les différentes relations qu'elle pourrait avoir avec les cours d'eau mais également avec l'aquifère molassique. Elle permet principalement de faire un état des niveaux de la nappe en période d'étiage et de dresser une esquisse piézométrique.

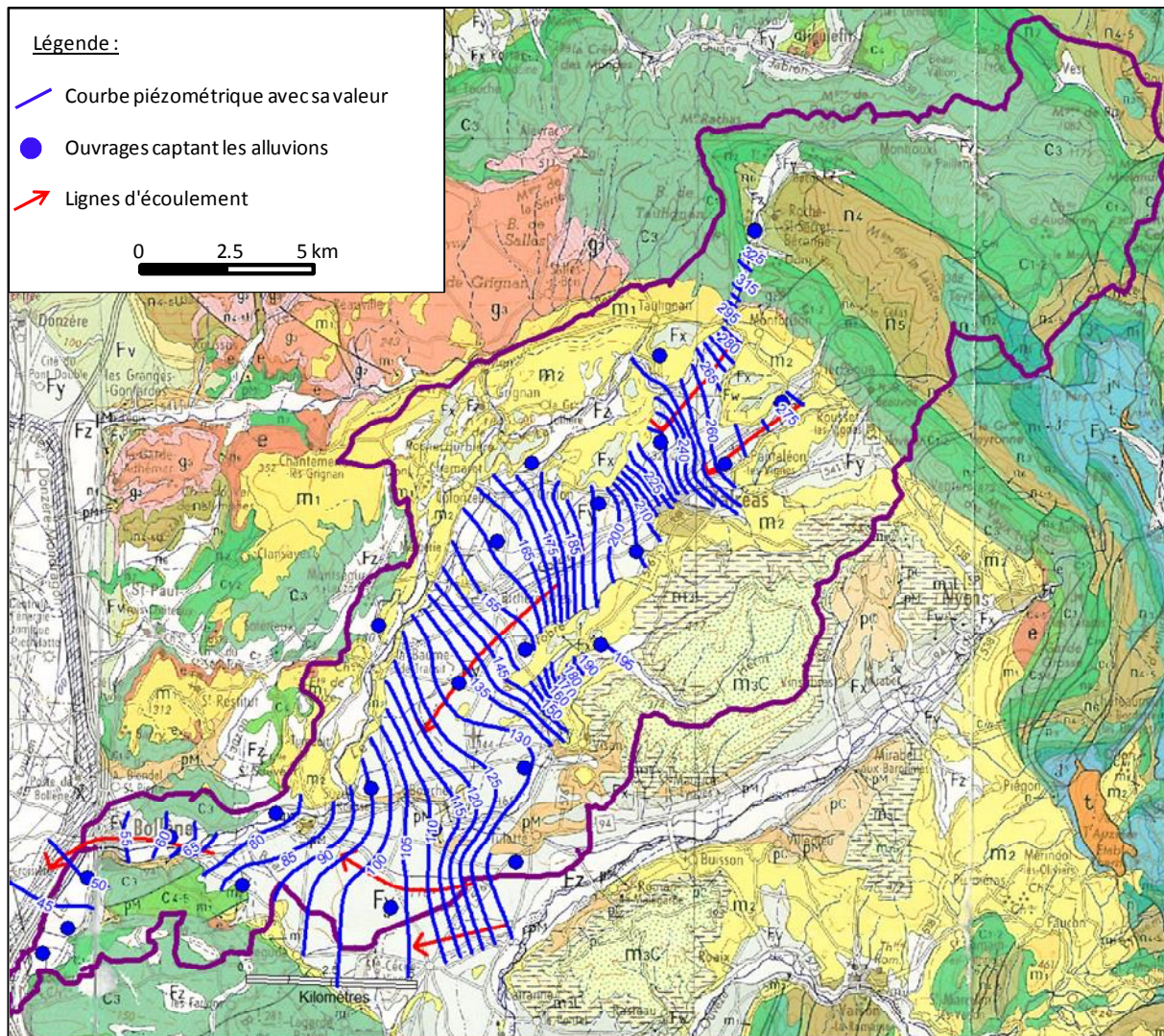


Illustration n°22 : Carte piézométrique des alluvions sur le bassin versant du Lez établie en août 2011

N° Ouvrage	X	Y	Z	Profondeur eau (m)	Repère TN (m)	NS (m) avril 2011	Z eau avril 2011 (m)	NS (m) juin 2011	Z eau juin 2011 (m)	NS (m) août 2011	Z eau août 2011 (m)
1	798352.35	1924460.34	81.72	4.47	0.1	2.16	79.66	2.44	79.38	2.61	79.21
2	801547.64	1925426.49	99.79	6.93	0.35	4.25	95.89	4.77	95.37	4.9	95.24
3	801576.05	1930943.83	121.63	2.98	0	0.74	120.89	0.92	120.71	1.22	120.41
4	804373.79	1929090.58	134.61	4.93	0.55	2.24	132.92	2.34	132.82	2.72	132.44
5	806678.2	1926316.22	130.09	3.94	0.25	1.15	129.19	2.3	128.04	2.67	127.67
6	797297.76	1921989.35	89.52	3.63	0	1.75	87.77	2.37	87.15	2.69	86.83
7	802355	1921406.89	107.53	5.78	0	2.18	105.35	3.25	104.28	3.71	103.82
8	803742.75	1924163.95	119.16	9.86	0.8	8.84	111.12	9.09	110.87	9.14	110.82
9	806532.81	1923117.26	141.91	5.26	0.72	2.3	140.33	3.73	138.9	4.15	138.48
10	809110.12	1930554.87	199.93	6.88	0.85	5.73	195.05	5.7	195.08	5.95	194.83
11	810182.47	1933761.15	208.76	6.1	0	2.7	206.06	3.7	205.06	4	204.76
12	808877.32	1935319.27	199.86	5.98	0	2.98	196.88	4.08	195.78	4.42	195.44
13	810742.48	1940399.19	253.93	4.71	0.5	1.9	252.53	2.46	251.97	1.41	253.02
14	810870.8	1937474.29	235.87	1.75	0	1.1	234.77	1.73	234.14	1.65	234.22
15	813804.53	1944746.8	330.52	8.01	0.9	3.69	327.73	4.1	327.32	4.34	327.08
16	813789.06	1944731.22	331.01	6.2	0.83	2.85	328.99	3.1	328.74	3.41	328.43
17	814912.97	1938969.96	329.1	4.12	0.7	3.89	325.91	humide		humide	
18	813076.68	1936821.59	264.89	6.1	0	1.5	263.39	2.45	262.44	2.9	261.99
19	792051.14	1922086.27	49.73	8.78	0.4	6.83	43.3		50.13		50.13
20	791447.14	1920338.32	44.31	8.9	0.18	2.63	41.86	2.63	41.86	2.4	42.09
21	790652.85	1919482.15	44.02	8.96	0.5	2.2	42.32	2.6	41.92	2.43	42.09
22	794818.98	1923559.72	68.3	7.96	0.55	7.5	61.35	7.67	61.18	7.8	61.05
23	806560.77	1930310.15	154.71	10.85	0.45	1.46	153.7	2.58	152.58	2.53	152.63
24	805472.26	1933943.09	162.69	7.96	0	1.15	161.54	1.45	161.24	1.8	160.89
25	806560.77	1936620.19	179.73	5.79	0	1.01	178.72	1.18	178.55	1.12	178.61

Tableau n°8: Résultats des trois campagnes piézométriques de 2011

C.III.3 Piézomètres utilisés pour la modélisation

Il existe deux piézomètres issus d'ADES (Accès aux Données sur les Eaux Souterraines) bénéficiant chacun d'une longue chronique piézométrique :

- le piézomètre de Nyons ;
- le piézomètre de Camaret sur Aigues.

Même si ces deux piézomètres ne se situent pas sur le bassin versant, ils pourront être utilisés (pour la calibration-validation du modèle de la nappe régionale (Nappe du Miocène et des alluvions anciens) en régime transitoire) car les conditions d'écoulement sont similaires sur les deux bassins versants. Ces deux piézomètres pourront donc être utilisés.

Il est par ailleurs possible d'évaluer le décalage survenant entre un épisode de recharge (précipitations efficaces décennales) et la réaction de la nappe (remontée piézométrique) à l'aide des suivis piézométriques de ces deux piézomètres (Figure suivante). On observe sur ce graphe, un décalage d'environ deux mois (six décades) entre le début des épisodes de recharge et la remontée observée de la piézométrie. Ce décalage correspond au délai de transfert vertical de l'eau dans la zone non saturée ou de la pression au travers de la zone saturée.

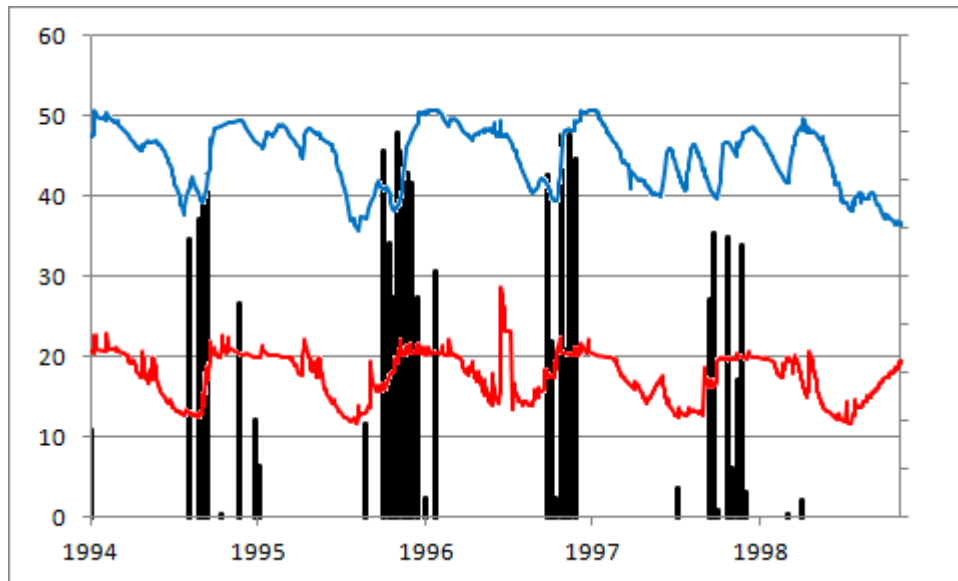


Illustration n°23 : Evolution temporelle de la piézométrie (courbe bleu et rouge) à Camaret sur Aygues et Nyons en fonction de la précipitation efficace constituant la recharge de la nappe

De plus, d'autres piézomètres sont présents sur le bassin versant (forage particuliers, suivi CNRS, ADES). Leur période de suivi est néanmoins beaucoup plus faible.

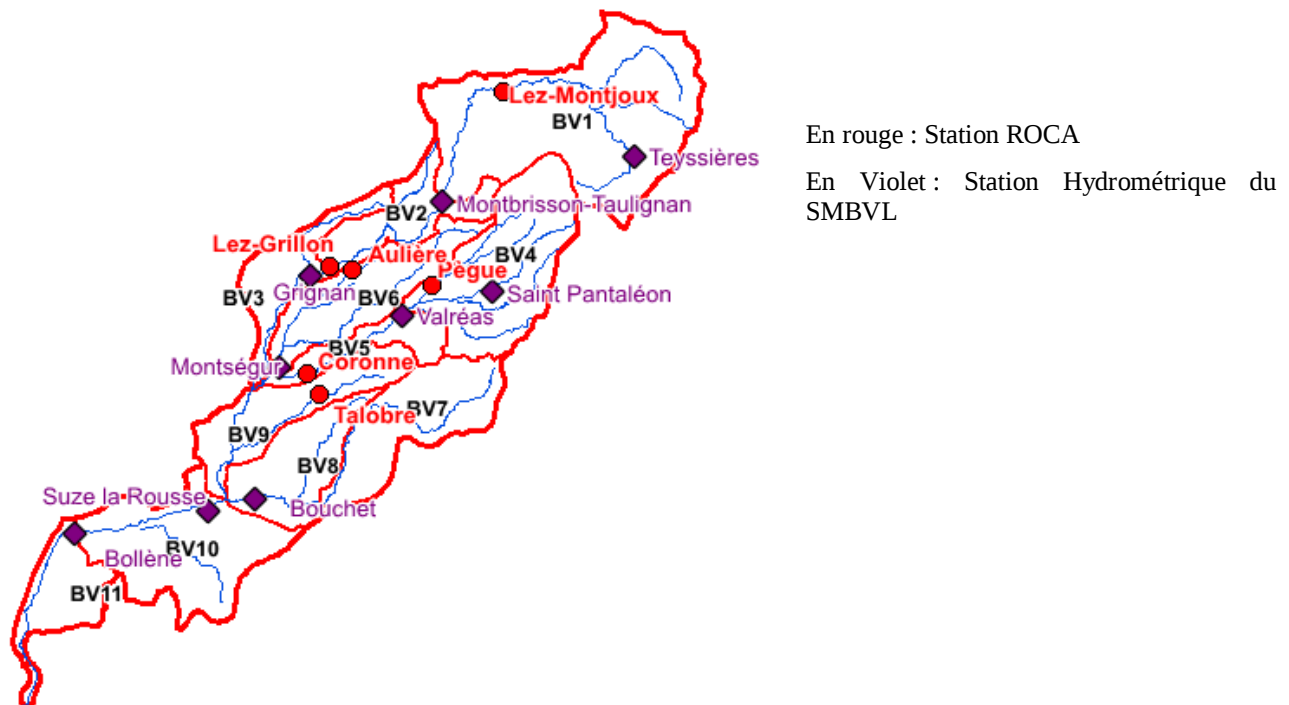
Piezomètres

C.IV CONCLUSION DE L'ANALYSE DES DONNEES

Les stations hydrométriques sont réparties uniformément sur le bassin versant : cinq stations sur le Lez et quatre stations sur les affluents majeurs. Néanmoins toutes ces stations ne fonctionnent que depuis 2 ans. Seule la station gérée par la DREAL à Montségur sur le Lez dispose d'une chronique plus longue. Cette station n'est plus en fonctionnement. Seules les stations du SMBVL sont utilisables pour la modélisation des débits.

De plus, les stations ROCA sur le bassin versant permettent d'appréhender les phénomènes d'assec du bassin versant en différents points. Ces données seront également utilisées pour le calage des modèles.

Les stations utilisées pour la modélisation seront les suivantes :



On peut retenir que :

- La partie amont du Lez (amont Taulignan) ainsi que les affluents Coronne et Aulière sont les principaux contributeurs au débit du Lez ;
- Les **échanges nappes-rivières sont importants** avec en général, une nappe alluviale qui draine les eaux du Lez notamment autour de Grignan ;
- Les **prélèvements et restitutions en période d'arrigation ont un impact fort sur le débit du Lez**

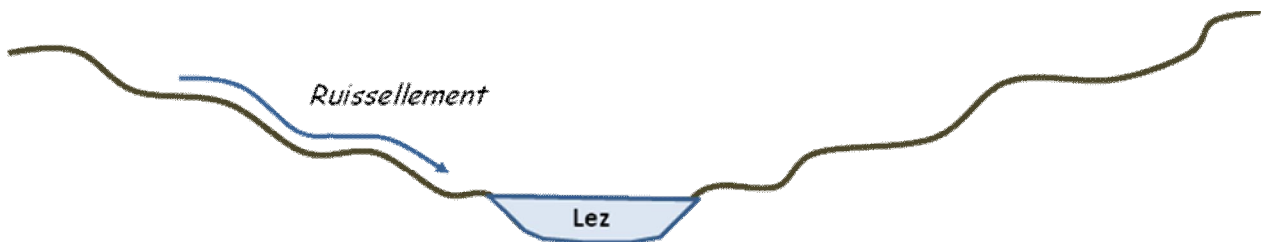
Des campagnes de piézométrie réalisées en 2011 permettent de comprendre les grandes lignes du fonctionnement de la nappe alluviale. Il faut noter qu'aucun piézomètre disposant d'une longue chronique (40 ans) n'est présent sur le bassin versant.

D. MODELISATION HYDROLOGIQUE

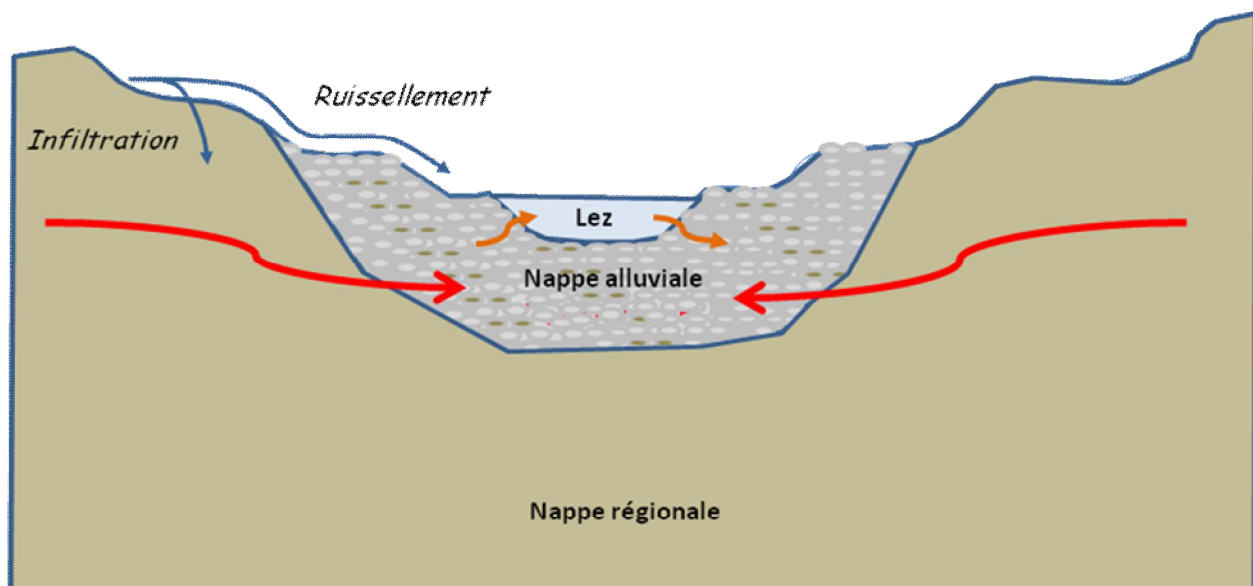
D.I METHODOLOGIE GENERALE

L'analyse des données sur le bassin versant a montré que le cours d'eau du Lez était influencé par les échanges avec les nappes souterraines. En effet, on peut diviser le bassin en trois zones distinctes :

- Les bassins versants amont du Lez, de la Coronne, de l'Hérin où aucun échange entre rivière et nappe ne se réalise. Seul le ruissellement contribue au débit de surface (Lez).



- Des échanges nappe/ri vière débutent à partir de Taulignan. La nappe alluviale (partie de la nappe des alluvions qui a un impact immédiat sur le cours d'eau) se développe. Une partie des eaux ruisselant sur les versants ou dans le Lez va donc s'infiltrer et alimenter la nappe alluviale (cailloutis). La **nappe régionale**, constituée du miocène et des alluvions anciennes, alimentée par les eaux s'infiltrant sur le bassin versant, va recharger la nappe alluviale et le Lez sur l'ensemble de son secteur d'alimentation.



Le Lez et sa nappe alluviale sont en équilibre dès que les alluvions sont saturées. Le niveau d'eau dépasse le fond du lit, ce qui fait apparaître un débit. Les échanges entre la nappe régionale et la nappe alluviale sont considérés dans un seul sens (recharge de la nappe alluviale et du Lez) car c'est le seul rencontré naturellement.

La modélisation des débits sur le bassin versant doit donc être capable de reproduire ces trois phénomènes. Pour cela, qu'ils soient de surface ou souterrains et influencés ou non par les prélèvements, la modélisation se base sur plusieurs modules (cf illustration suivante) ou outils de calculs:

- Un modèle hydrologique pluie débit (ATHYS) ;
- Un modèle de prise en compte des échanges entre la nappe alluviale et les eaux superficielles ;
- Un modèle hydrogéologique (MODFLOW) de prise en compte des apports de la nappe régionale au Lez
- Un module de prélèvements ;
- Un module d'analyse statistique des résultats.

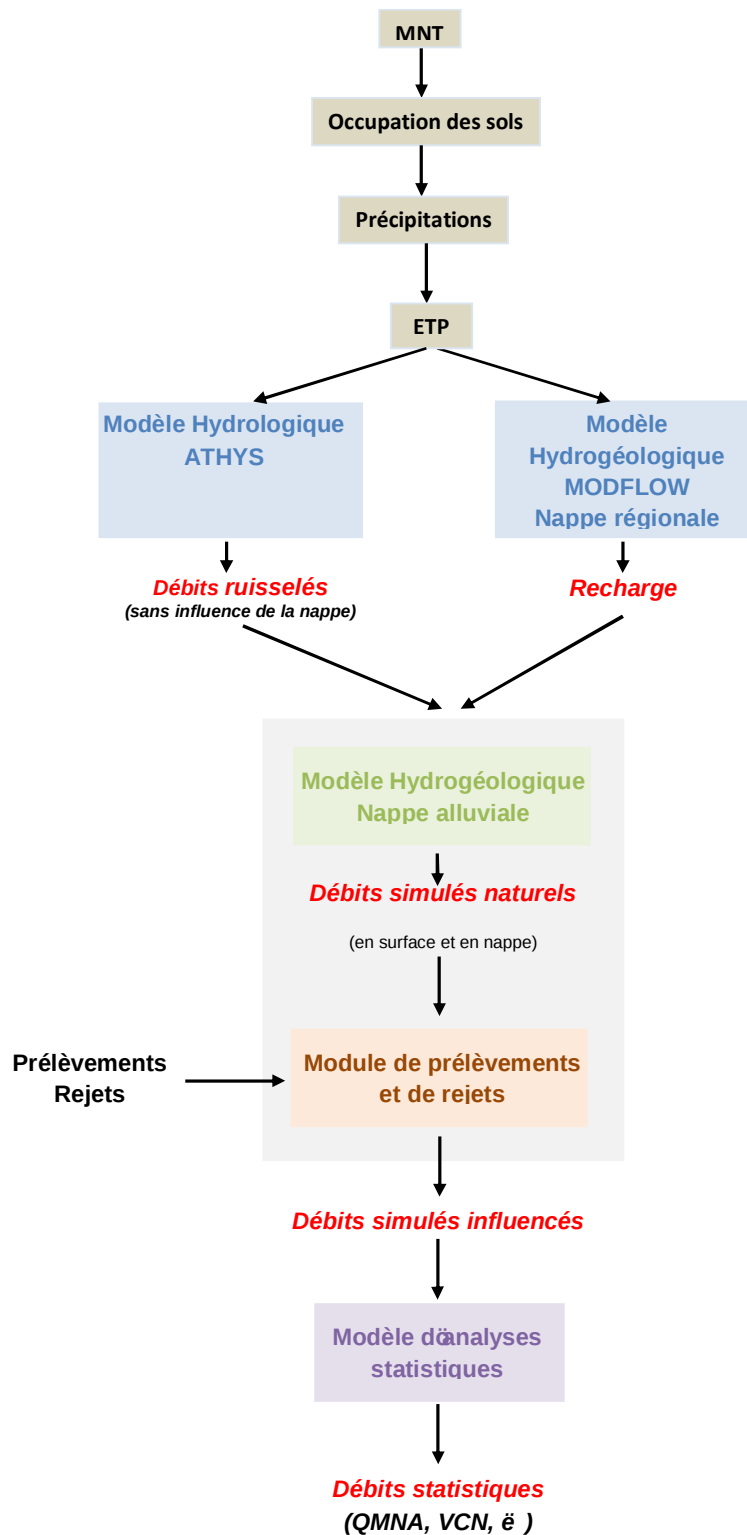


Illustration n°24 : Synoptique des différents modules utilisés pour la simulation des débits

A partir de données d'entrées (MNT, couverture végétale, nature géologique des sols et précipitations), le modèle hydrologique ATHYS permet de définir les **débits ruisselés** au pas de temps journalier en divers points du bassin versant. Ces débits ne prennent pas en compte l'influence de la nappe et les éventuelles recharges de la nappe régionale.

En parallèle une modélisation de la nappe régionale (composée des alluvions anciennes et du Miocène) est réalisée afin de quantifier ces apports au système nappe alluviale/Lez.

La durée de la chronique sera la plus longue possible (35 ans) pour que les quantiles dégagés de cette chronique aient un sens du point de vue statistique.

Afin de prendre en compte l'influence des prélèvements dans la nappe alluviale sur les débits de surface, un modèle sur EXCEL (composé de macro-commandes VISUAL-BASIC) a été développé. L'application de ce modèle suppose de connaître les informations de base de la nappe alluviale : perméabilité, coupes lithologiques et idéalement, une carte des iso pièzes pour identifier les secteurs hydrogéologiques (informations récoltées en phase 2).

Ce modèle permet de caractériser, en divers points de référence du bassin versant, les débits de surface et les débits transitant dans la nappe alluviale en sommant les débits ruisselés et la recharge éventuelle en chaque point.

Les débits reconstitués sont des **débits naturels simulés** (sans influence des prélèvements).

Enfin, le module de prélèvements, intégré à une feuille EXCEL, permet de simuler, **à partir de données d'entrées réelles (ou issues de scénarios) de prélèvements et restitutions dans les eaux souterraines et superficielles, les débits simulés influencés.**

A partir des débits influencés simulés, obtenus aux différents points de calculs (exutoires des différents bassins définis au paragraphe B.II), les quantiles caractéristiques pourront être définis : QMNA, QMNA2, QMNA5, 1/10 du module, 1/20 du module ...

D.II MODELE DE LA NAPPE REGIONALE

Le rapport complet de la modélisation de la nappe régionale se trouve en *annexe 1*.

D.II.1Présentation de la zone modélisée

Une modélisation du bassin molassique de Valréas a été mise en œuvre dans le cadre des deux Etudes des Volumes Prélevables des bassins versants du Lez et de l'Aygue. Ces bassins versants étant limitrophes sur le bassin de Valréas, de même que celui de l'Ouvèze situé plus au sud, il s'est en effet avéré pertinent et nécessaire de simuler l'intégralité du bassin miocène de Valréas puisque des échanges entre bassins versants se font au travers des formations molassiques. Du fait de leur très faible perméabilité respectives, les formations encaissantes du bassin molassique n'ont de leur côté pas été prises en compte dans la modélisation.

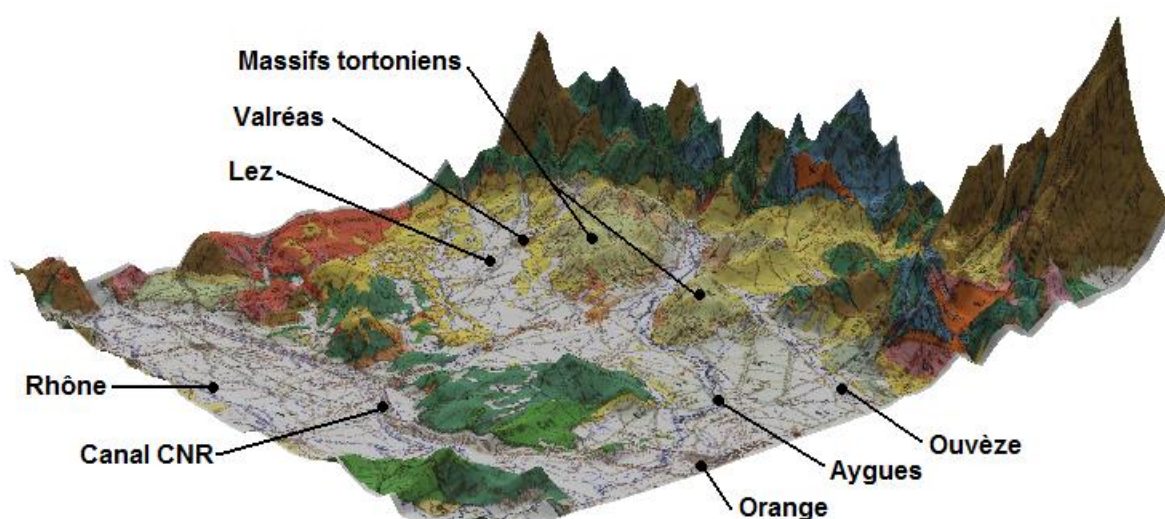


Illustration n°25 : Contexte géologique et topographique du bassin de Valréas (carte géologique de Valence au 1/250 000 ; topographie du MNT IGN au 250 m)

La figure ci-dessus qui illustre le contexte géologique et topographique des bassins versants étudiés montre que le bassin de Valréas est principalement constitué à l'affleurement d'alluvions (représentées en gris clair), de molasses (en jaune) et de marnes sableuses tortonniennes (en jaune verdâtre). Dans ce bassin, coulent d'Est en Ouest le Lez (au Nord), l'Aygue (au centre) et l'Ouvèze (au Sud).

Afin de représenter la géologie et la structure du bassin, un modèle à sept couches a été construit. Le domaine pris en compte a été discrétisé avec un maillage de 100 m x 100 m permettant une précision suffisante pour les calculs et la représentation des écoulements et des échanges. La figure suivante (dont l'échelle verticale est exagérée pour en faciliter la visualisation) présente une coupe Sud-Nord du modèle ainsi réalisé. On y observe le bassin molassique (en orange), l'encaissant peu perméable (en gris

foncé), les massifs tortoniens peu perméables (en vert) et les argiles imperméables comblant les rias pliocènes (en rouge). Les figures de la bathymétrie du bassin molassique et des rias pliocènes présentées dans le rapport des phases 1 et 2 ont été utilisées pour construire cette géométrie 3D du modèle.

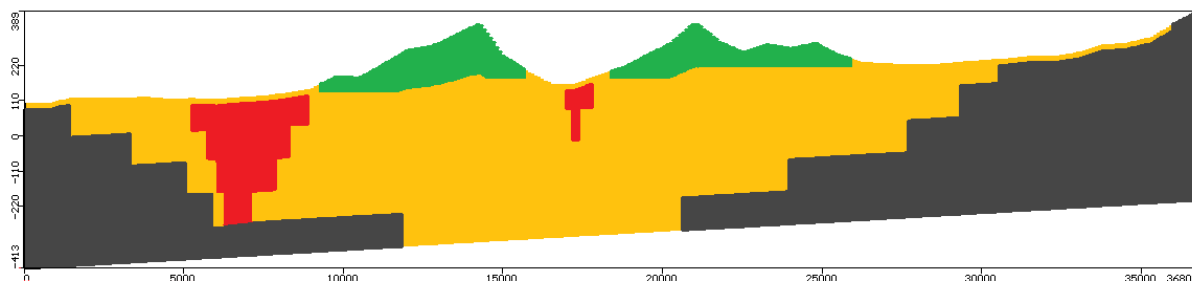


Illustration n°26 : Coupe Sud-Nord du modèle réalisé (gris foncé : encaissant ; orangé : molasse ; vert : marnes sableuses tortoniennes ; rouge : argiles pliocènes)

La figure suivante présente l'étendue de la première couche du modèle (couche de surface) et les différents points de mesure piézométrique disponibles sur ce domaine. On remarque sur cette figure que les massifs tortoniens constitués de marnes sableuses ne participent pas aux écoulements. On dispose sur ce domaine de 170 points de mesures piézométriques permettant la calibration-validation du modèle.

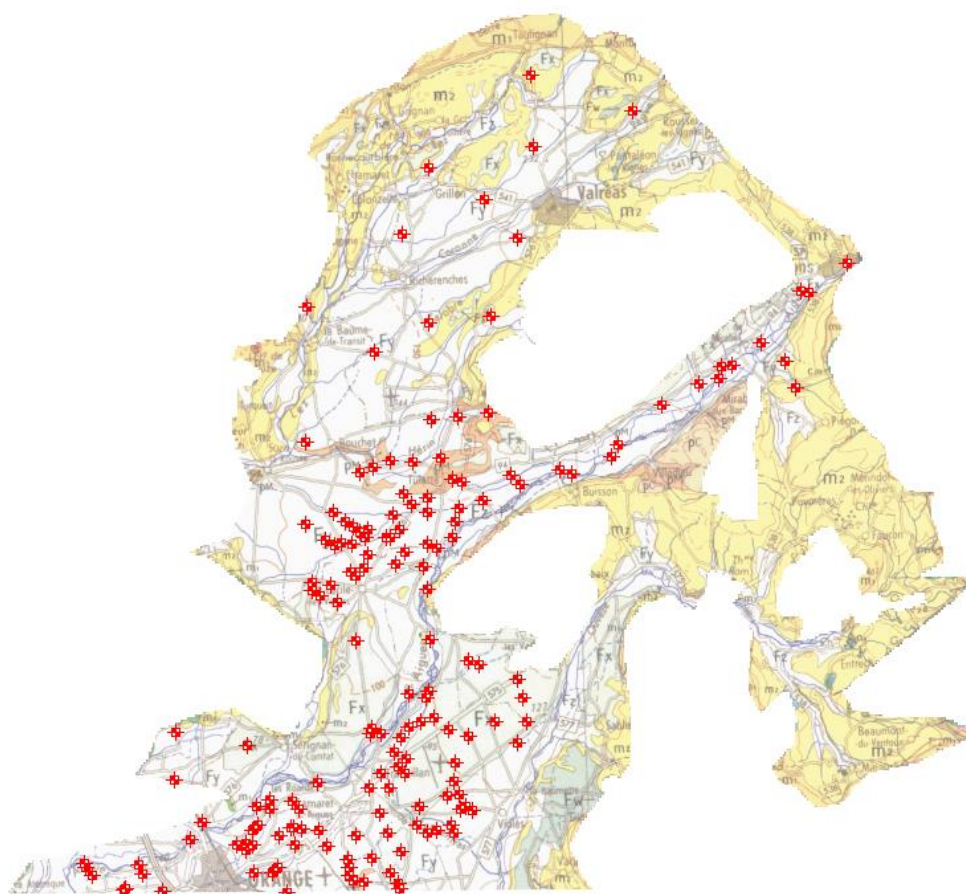


Illustration n°27 : Etendue de la première couche du modèle avec localisation des points de mesure piézométrique

Cette nappe régionale n'est pas présente sur la totalité du bassin versant. Elle s'étend sur la plaine de Valréas et de Nyons à l'extrême aval du bassin versant. Elle a été découpée en 8 secteurs basés sur les bassins versants topographiques présentés précédemment. Elle s'étend des bassins versants BV2 à BV10 (cf B.II). La figure ci-après rappelle l'extension des différents secteurs issus du découpage en sous-bassins des bassins versants du Lez et de l'Aygues (la numérotation utilisée est celle de la sectorisation).

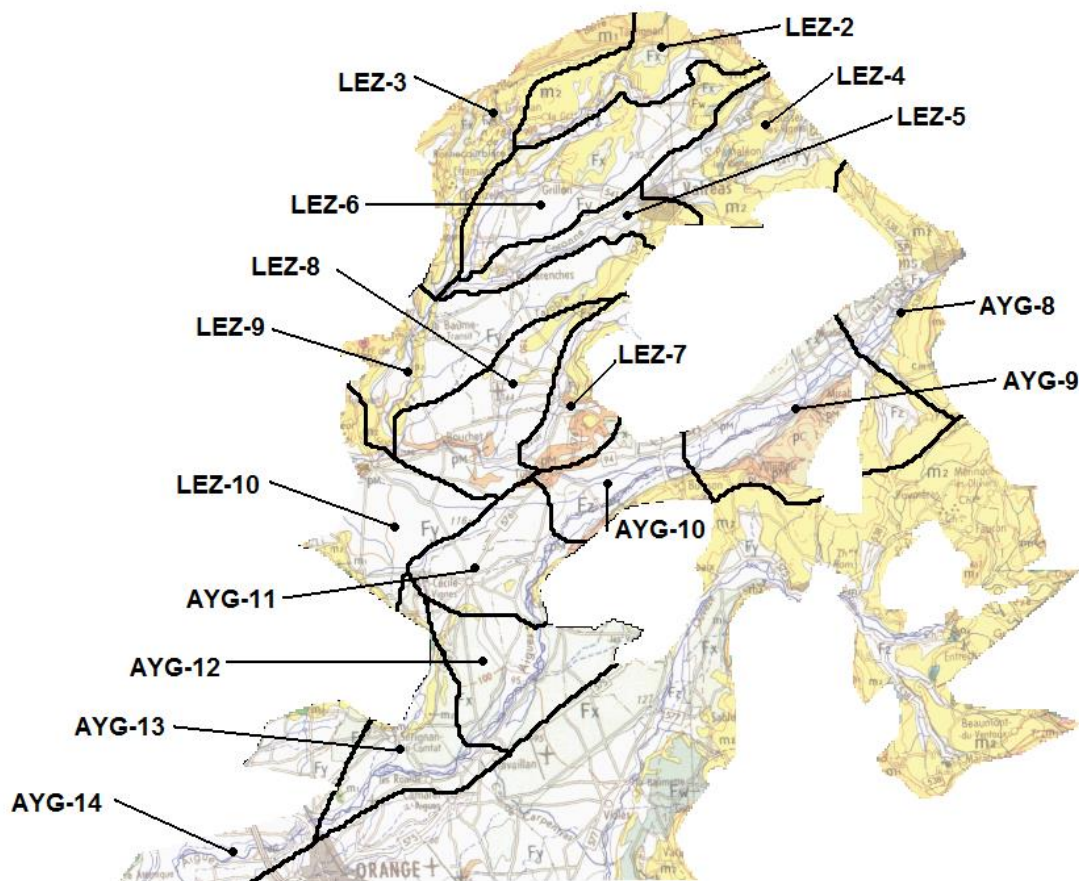


Illustration n°28 : Sous-bassins hydrologiques définis pour les bassins versants du Lez et de l'Aygues

D.II.2 Paramètres de simulation

D.II.2.1 Période de simulation

Les simulations ont été réalisées sur 39 ans de 1972 à 2010. Elles sont basées sur des données décennales (pluies efficaces) et agrégées par année et par saison.

D.II.2.2 Conditions aux limites

Deux types de conditions aux limites ont été appliqués dans le modèle :

- la recharge due aux précipitations efficaces ;
- les conditions appliquées pour représenter l'effet des rivières du bassin.

☐ *Précipitations efficaces*

A l'aide des données de précipitations et d'évapotranspiration de la station de Valréas, les précipitations décennales ont été utilisées :

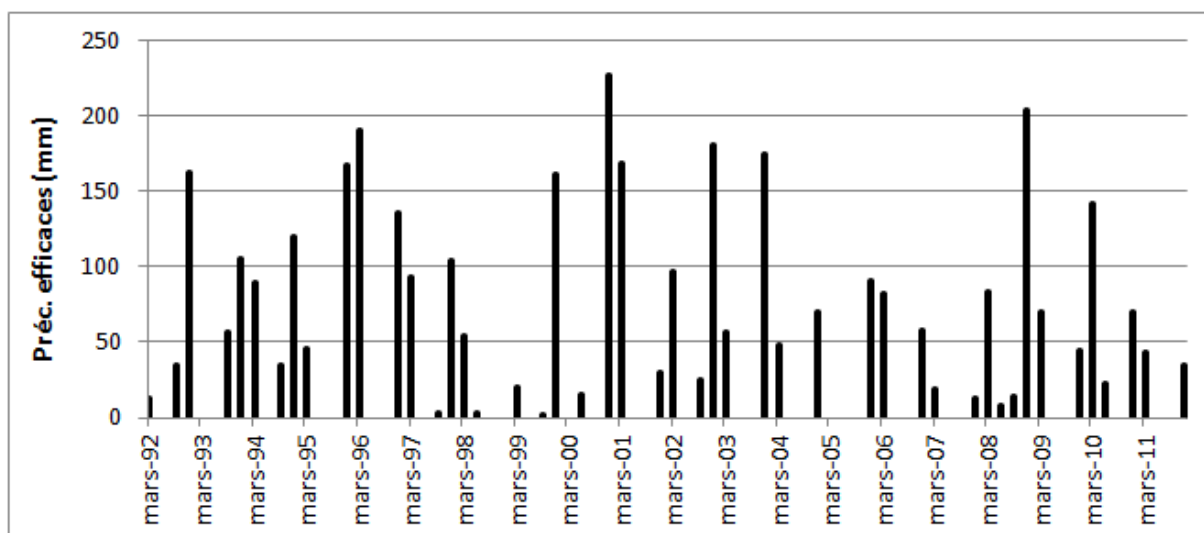


Illustration n°29 : Précipitations efficaces trimestrielles des vingt dernières années

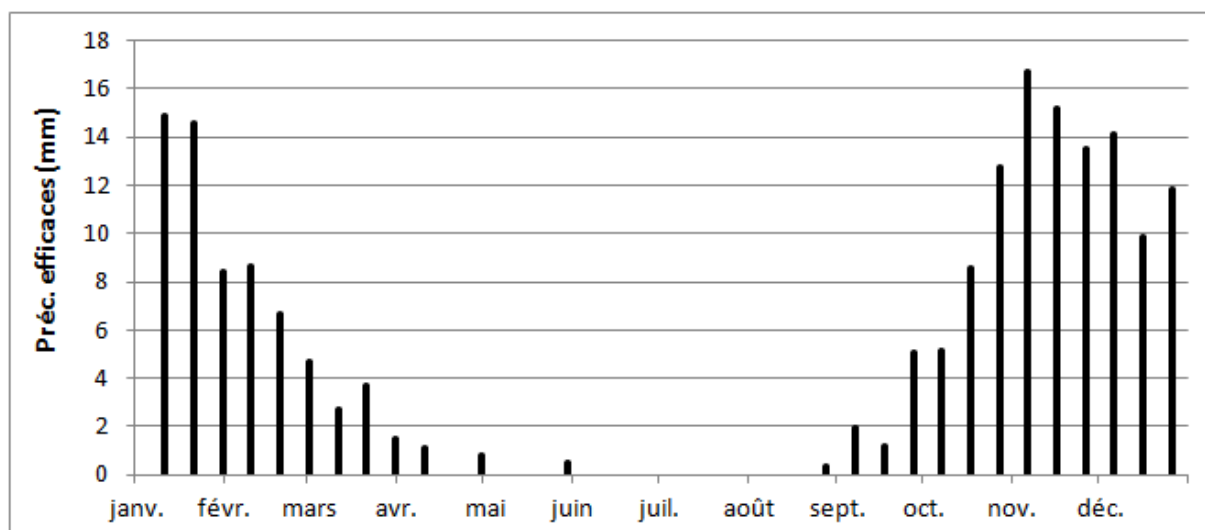


Illustration n°30 : Précipitations efficaces décadales interannuelles des vingt dernières années

Il ressort de cette distribution des précipitations efficaces l'existence de saisons contrastées, avec 123.6 mm pour la période mi-octobre à mi-janvier, 37.4 mm pour la période mi-janvier à mi-avril, 1.3 mm pour la période mi-avril à mi-juillet et 22.2 mm pour la période mi-juillet à mi-octobre.

Le graphique des précipitations efficaces trimestrielles montrent une grande variabilité inter-saisonnière et interannuelle, avec des recharges allant jusqu'à 228 mm en un trimestre, c'est-à-dire 1,5 fois la recharge moyenne annuelle. De façon statistique, la recharge débute en septembre et termine en avril, avec fin-octobre à mi-janvier comme principale période de recharge.

□ Conditions de drains

Dans le modèle, les rivières du bassin sont considérées quant à elles comme des drains potentiels des eaux souterraines. L'eau de la nappe est ainsi drainée par le cours d'eau lorsque la nappe est à une cote piézométrique supérieure au niveau de la rivière, condition vérifiée par le modèle lui-même durant la simulation. La figure suivante présente les rivières ainsi prises en compte sur le bassin.

Dans le modèle, les rivières du bassin (avec leurs nappes d'accompagnement sises dans les alluvions grossières actuelles du lit de la rivière) sont considérées quant à elles comme des drains potentiels des eaux souterraines de l'aquifère régional. L'eau de la nappe régionale est ainsi drainée par le cours d'eau et sa nappe d'accompagnement lorsque la nappe régionale est à une cote piézométrique supérieure à la cote imposée comme fil d'eau de la rivière. Cette condition de dépassement de la cote de drainage est vérifiée par le modèle lui-même durant la simulation. Mentionnons que la cote de drainage imposée dans le modèle est tirée des données topographiques.

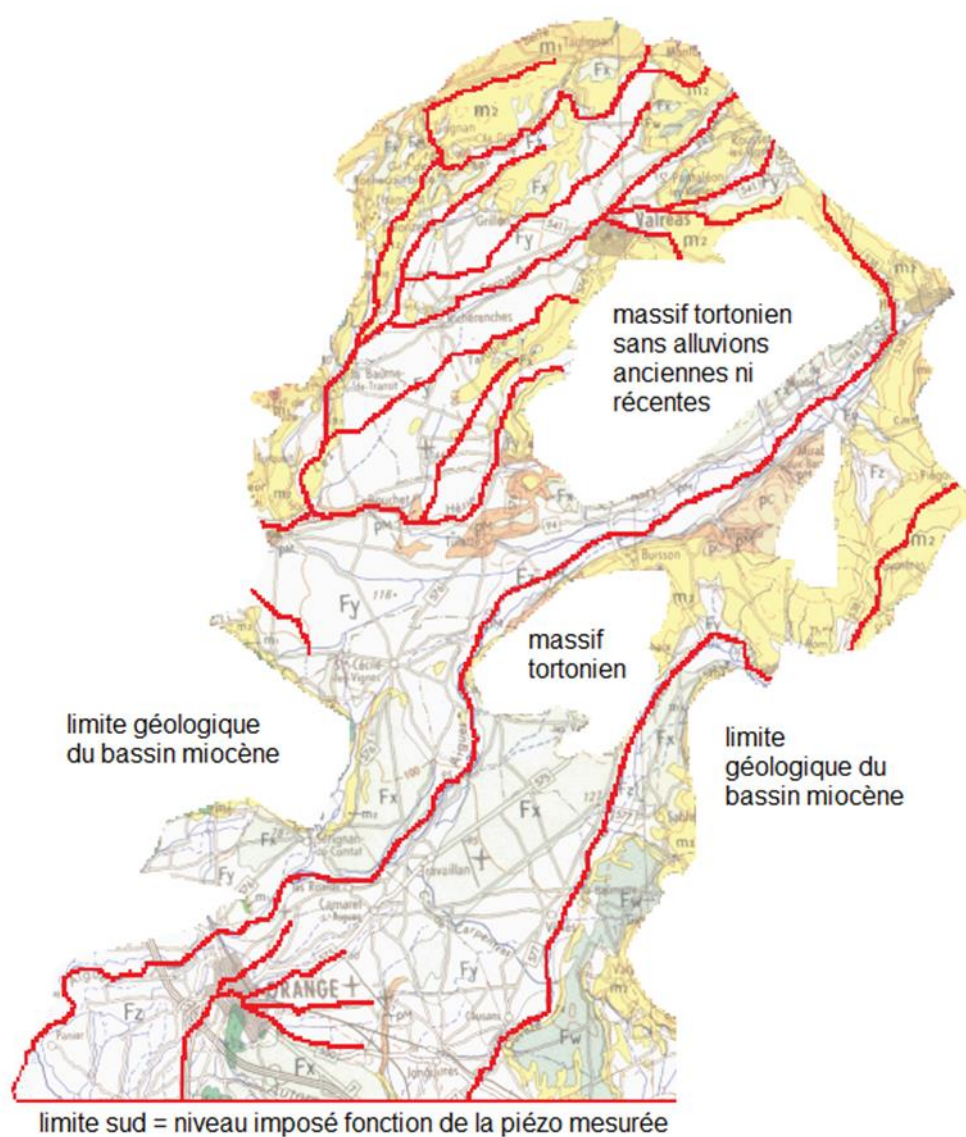


Illustration n°31 : Conditions de drains appliquées sur les rivières du bassin molassique

D.II.2.3 Paramètres hydrodynamiques

La littérature indiquant une perméabilité de la molasse variant entre 10^{-5} et 10^{-6} m/s, nous l'avons donc fixée à $5 \cdot 10^{-6}$ m/s. La littérature mentionne par contre une grande variabilité de la perméabilité et de la transmissivité des alluvions. Nous avons donc considéré pour la première couche du modèle une épaisseur d'alluvions de 20 m (la littérature indique une épaisseur variant entre 15 et 20 m) et avons procédé à une calibration de la perméabilité des alluvions par secteurs.

Nous ne disposons par ailleurs d'aucune donnée fiable et représentative du coefficient d'emmagasinement qui puisse être utilisée pour la modélisation. Ce paramètre devra également faire l'objet d'une calibration. Pour ces calibrations, on doit disposer de données piézométriques qui soient fiables et représentatives, et pour la calibration du coefficient d'emmagasinement de chroniques piézométriques adaptées.

D.II.1 Calage et résultats

D.II.1.1 Stratégie de calibration

Les nombreux travaux, études et publications ayant concerné le bassin miocène mentionnent que les dépôts quaternaires s'organisent de façon étagée dans le bassin. Les deux niveaux supérieurs des glacis-terrasses correspondent aux dépôts du Mindel et du Riss dont il ne subsiste que quelques lambeaux. Les basses terrasses des vallées du Lez, de la Coronne, de l'Hérin et de l'Aigues sont le siège des dépôts du Würm. Le BRGM (2008 n° RP-56389-FR) précise que l'aquifère des molasses miocènes est couvert par des formations quaternaires se composant de placages d'alluvions anciennes déconnectées des cours d'eau et d'alluvions récentes en liaison avec les principaux cours d'eau.

L'illustration suivante schématise :

- l'organisation spatiale des terrasses et des nappes qu'elles contiennent ;
- la stratégie de calibration par un calage de la piézométrie régionale visant à évaluer l'apport d'eau au corridor alluvial ;
- la stratégie de calibration par un calage de la piézométrie de la seule nappe d'accompagnement du cours d'eau permettant d'évaluer l'apport de la nappe d'accompagnement à la rivière et à son lit mineur.

L'attente de l'étude en regard de la modélisation hydrogéologique est que le modèle soit à même de reconstituer la piézométrie non influencée. Pour ce faire, le modèle doit donc mettre l'accent sur la piézométrie de la nappe d'accompagnement des cours d'eau (nappe qui est en équilibre avec le cours d'eau) et non sur celle des nappes des terrasses qui sont déconnectées de la nappe d'accompagnement et donc des cours d'eau.

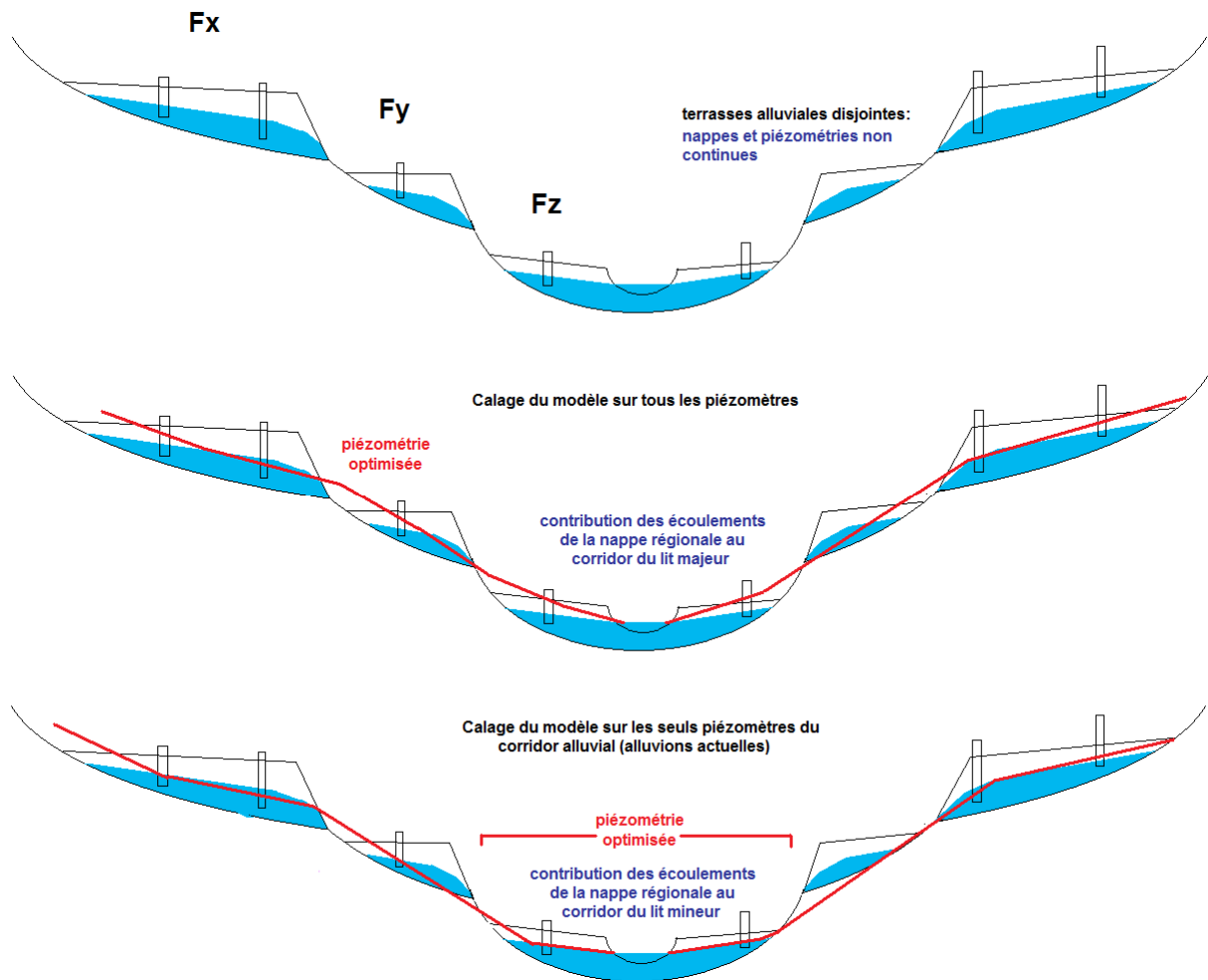


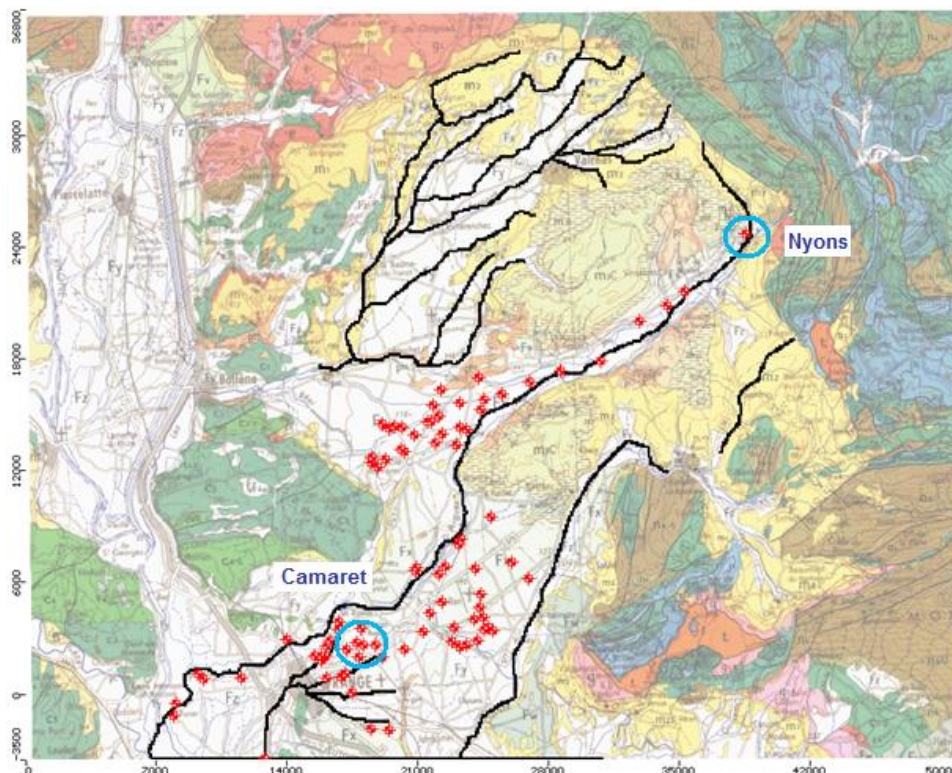
Illustration n°32 : Exemple de stratégie de calibration basée sur un calage de la piézométrie de toutes les formations alluviales ou plu spécifiquement des alluvions récentes

La priorité du calage a donc été donnée (dans un premier temps) aux alluvions actuelles contenant la nappe d'accompagnement en équilibre avec les cours d'eau qui font l'objet de cette étude des volumes prélevables. Pour améliorer le calage en regard de l'erreur moyenne tel que souhaité par le comité de suivi de l'étude (et non du carré des erreurs comme le réalise classiquement le modèle), plusieurs choses ont été mises en œuvre :

- découpage des zones initiales de perméabilité en zones petites et de tailles homogènes ; plutôt que d'établir ces zones sur la seule logique spatiale de dépôt des formations alluviales, les zones ont été définies selon des critères d'optimisation (distribution, forme, taille) ; idéalement un calage parfait pourrait être théoriquement obtenu en utilisant autant de zones de perméabilité que de piézomètres d'observation, mais ce cas est insoluble mathématiquement et aucun modèle ne pourrait converger vers une quelconque solution ;

- sélection des piézomètres représentatifs de la solution à optimiser ; l'objectif étant d'obtenir la piézométrie la plus proche possible des valeurs mesurées sur les points devant servir de points de suivi pour la définition des niveaux d'objectifs, les piézomètres retenus pour l'optimisation ont été sélectionnés dans cette optique ; ainsi, seuls les piézomètres installés sur les formations alluviales récentes ont été conservés dans un premier temps, puisque ceux situés sur les terrasses anciennes caractérisent des nappes perchées, non représentatives de la nappe d'accompagnement de la rivière ; de même, les piézomètres situés dans les zones de molasse affleurante ont été exclus (voir exemple à la Figure A8) ;
- calage du modèle secteur par secteur en débutant par les secteurs amont afin d'obtenir le calage le plus proche possible des valeurs piézométriques mesurées ; mentionnons que le calage semi manuel du modèle sur un secteur nécessite plusieurs heures de calcul et que le calage dans sa globalité est un processus itératif nécessitant de reprendre le calage d'un secteur chaque fois qu'un secteur voisin a été optimisé ; ce type de calage ne peut donc être automatisé et comporte une part d'interprétation de la part de l'utilisateur du modèle.

Après un premier calage sur le corridor alluvial de l'Aygues, un second calage a été effectué sur le secteur des Meynes suspectées de pouvoir drainer les eaux de l'Aygues. Finalement, le modèle a été calé dans une troisième étape en tenant compte des piézomètres situés dans les interfluvies entre Aygues et Ouvèze et entre Aygues et Lez. Au total ce sont donc 87 piézomètres pertinents, vérifiés et validés qui ont servi au calage par étape du modèle pour le secteur de l'Aygues (Figure A11).



D.II.1.2 Calibration du modèle

□ Calibration sur des données piézométriques ponctuelles

Les figures suivantes présentent les résultats statistiques de la calibration en régime permanent. Le coefficient de corrélation obtenu est de 0,995 confirmant l'excellent ajustement des valeurs simulées aux valeurs mesurées. Les premières valeurs sont de l'ordre de la précision des mesures et la troisième de l'ordre de la variabilité temporelle de la piézométrie (variation annuelle et interannuelle). Le modèle peut donc être considéré comme très bien calé pour les besoins de l'étude et représentatif de l'état piézométrique moyen des nappes du bassin. Cette calibration en modèle permanent a permis de valider les paramètres hydrogéologiques de la nappe.

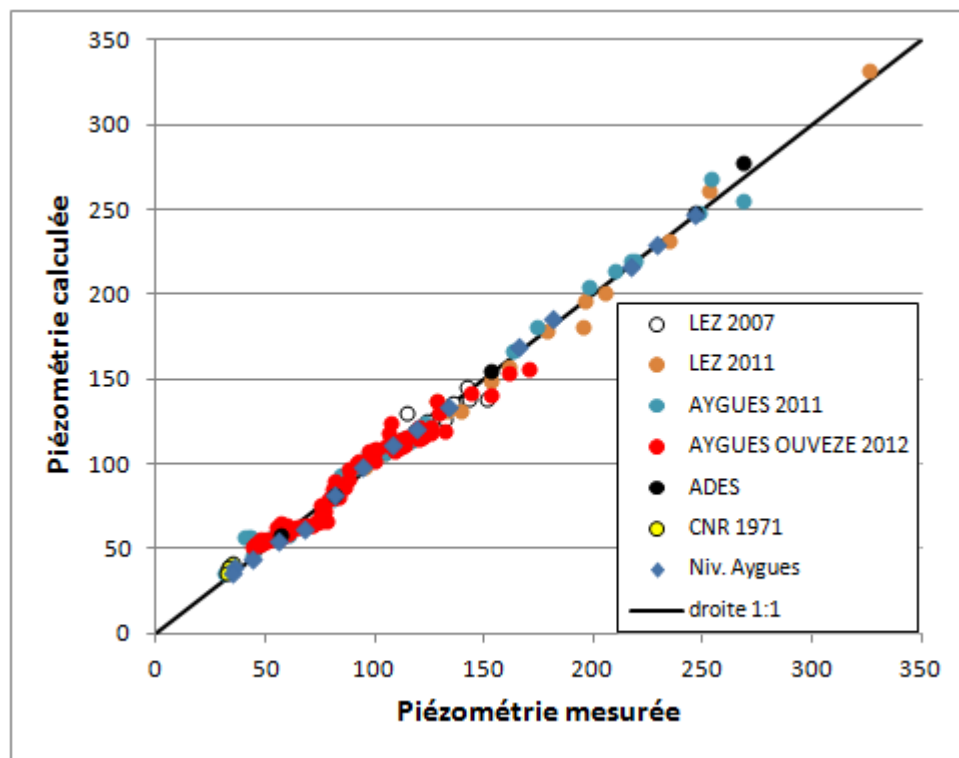


Illustration n°33 : Comparaison des piézométries mesurées et simulées pour tout le bassin molassique (coefficient de corrélation $R = 0,995$)

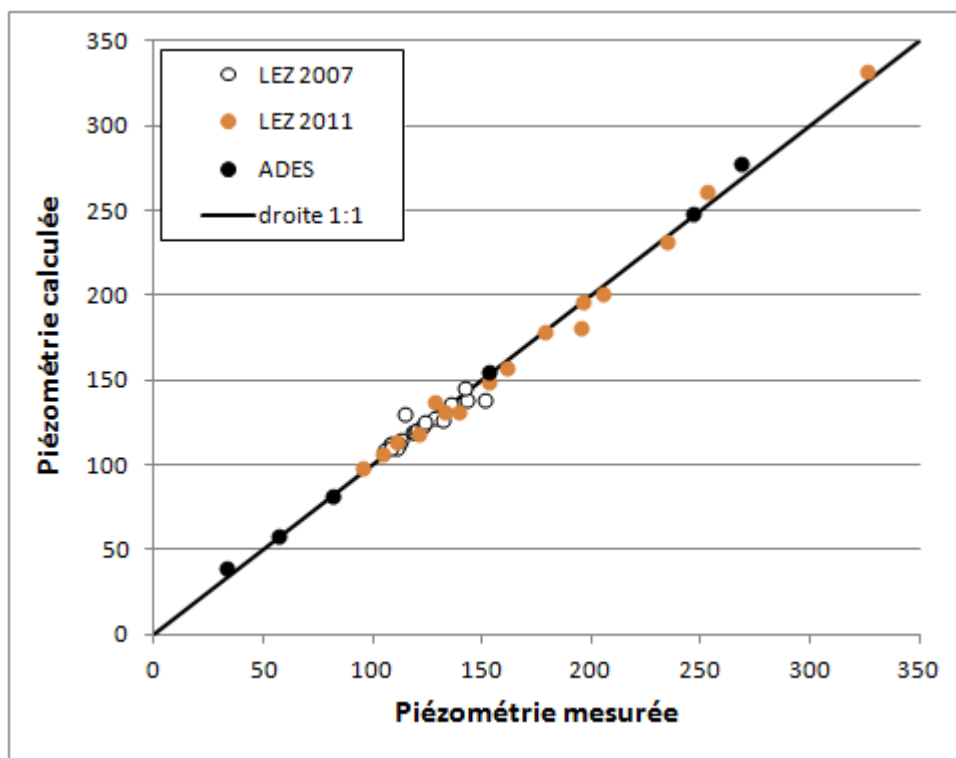


Illustration n°34 : Comparaison des piézométries mesurées et simulées pour le bassin du Lez

La figure suivante présente la carte piézométrique résultante.

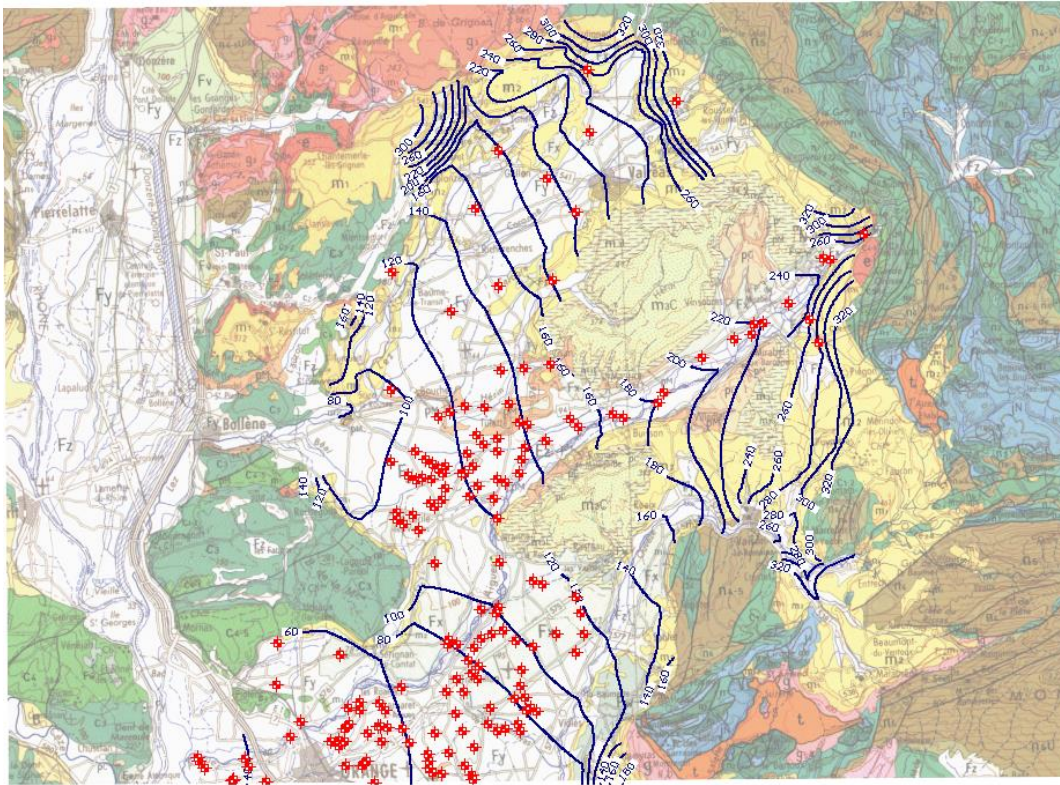


Illustration n°35 : Surface piézométrique simulée avec le modèle calibré

□ Sur les piézomètres disposant d'une longue période de fonctionnement

Les données des suivis piézométriques des deux seuls piézomètres existant sur le bassin et disposant d'une longue chronique permettent par ailleurs de calibrer la valeur moyenne du coefficient d'émagasinement qui est peu ou pas renseigné sur le territoire. Comme le montrent les résultats des figures suivantes, l'émagasinement conditionne l'amplitude des fluctuations temporelles de la piézométrie. Les deux premières valeurs testées induisent des oscillations trop importantes au regard de celles observées sur les deux piézomètres de suivi piézométrique. La valeur d'émagasinement de $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$ est donc retenue pour les calculs effectués en régime transitoire.

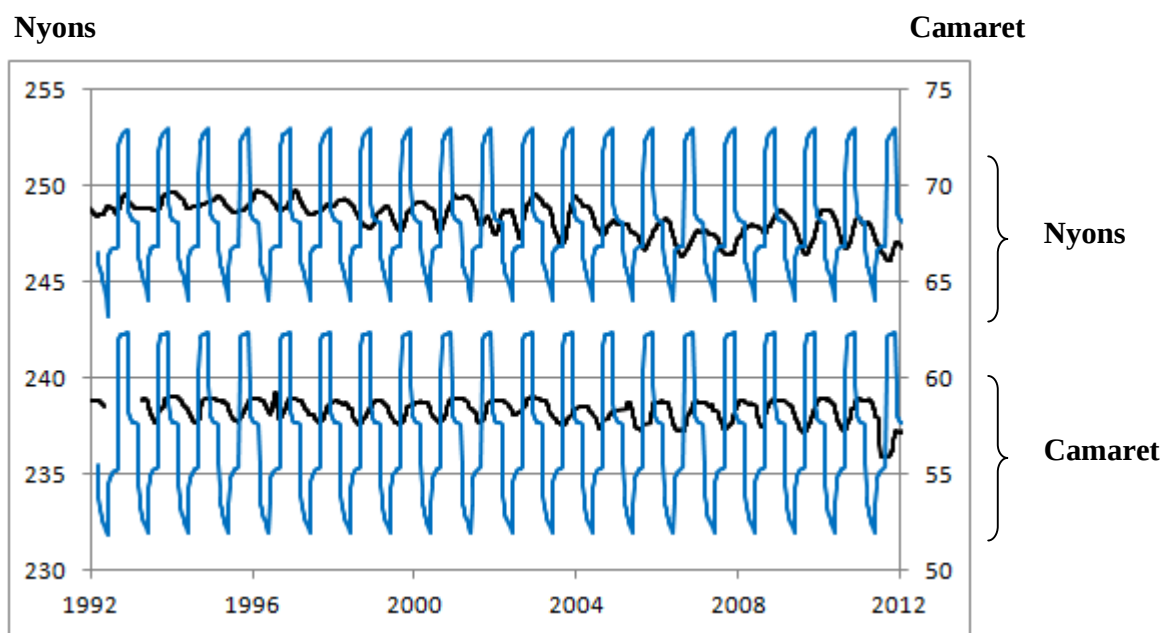


Illustration n°36 Comparaison des courbes piézométriques moyennes mensuelles observées (en noir) sur les piézomètres de Nyons (courbe en haut et échelle de gauche) et de Camaret (courbe en bas et échelle de droite) avec les courbes simulées les moyennes trimestrielles interannuelles (en bleu) et avec une valeur d'émagasinement spécifique de 10^{-5} m^{-1}

Nyons

Camaret

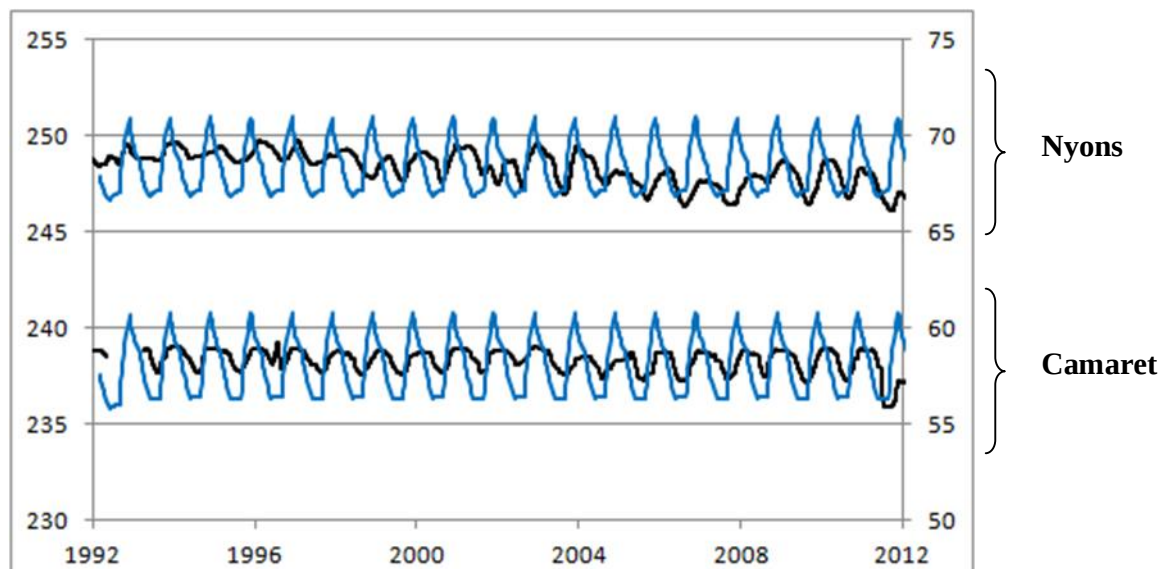


Illustration n°37 Comparaison des courbes piézométriques moyennes mensuelles observées (en noir) sur les piézomètres de Nyons (courbe en haut et échelle de gauche) et de Camaret (courbe en bas et échelle de droite) avec les courbes simulées les moyennes trimestrielles interannuelles (en bleu) et avec une valeur de δ de $5.10^{-4} m^{-1}$

Nyons

Camaret

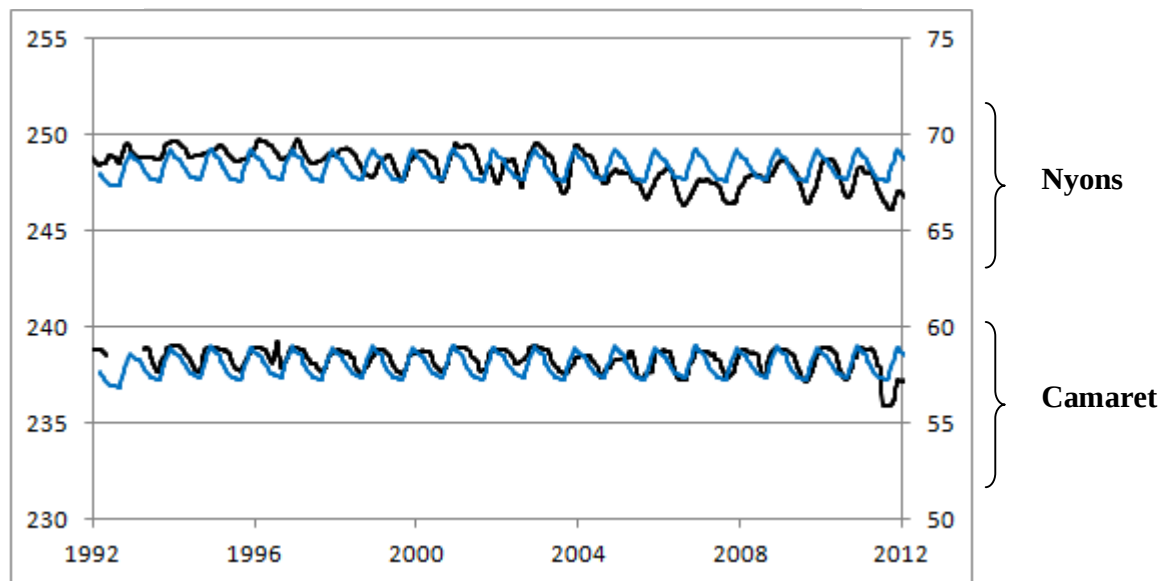


Illustration n°38 Comparaison des courbes piézométriques moyennes mensuelles observées (en noir) sur les piézomètres de Nyons (courbe en haut et échelle de gauche) et de Camaret (courbe en bas et échelle de droite) avec les courbes simulées les moyennes trimestrielles interannuelles (en bleu) et avec une valeur de δ de $2.10^{-3} m^{-1}$

L'évolution piézométrique obtenue avec la valeur du coefficient d'emmagasinement spécifique de 2.10^{-3} m^{-1} montre des oscillations intra-annuelles de même amplitude que celles observées. Nous admettrons donc valable pour les besoins du modèle cette valeur du coefficient d'emmagasinement.

L'illustration suivante présente la comparaison entre les courbes piézométriques observées sur les piézomètres de Nyons et de Camaret et les courbes simulées avec les recharges trimestrielles des 20 dernières années et la valeur d'emmagasinement retenue. Les courbes simulées semblent légèrement surestimer les variations interannuelles de nappe avec des pics qui semblent un peu trop marqués, en particulier pour le piézomètre aval de Camaret. Une valeur légèrement plus faible du coefficient d'emmagasinement pourrait amoindrir ces remontées trop marquées ainsi que l'amplitude interannuelle un peu trop importante. Nous maintiendrons cependant cette valeur d'emmagasinement calibrée car elle augmente légèrement le contraste entre hautes eaux et basses eaux et s'avère donc conservatrice pour l'évaluation des débits de drainage des étiages.

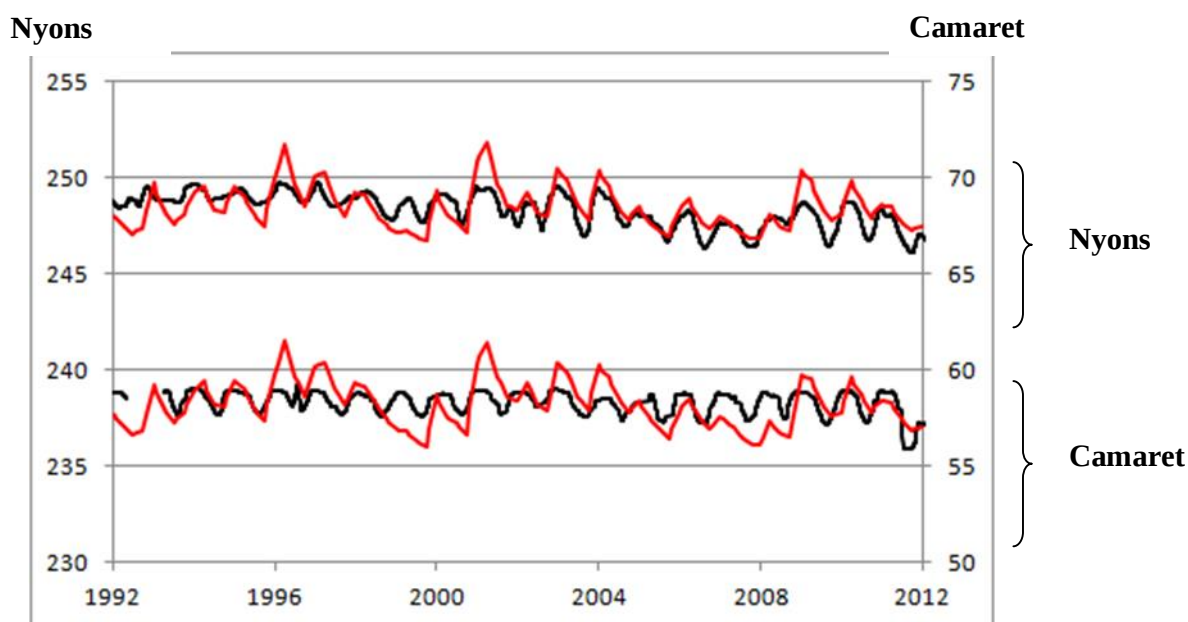


Illustration n°39 : Comparaison des courbes piézométriques observées (en noir) sur les piézomètres de Nyons (courbe en haut et échelle de gauche) et de Camaret (courbe en bas et échelle de droite) avec les courbes simulées avec les recharges trimestrielles des 20 dernières années (en rouge) et avec une valeur d'emmagasinement de 2.10^{-3} m^{-1}

D.II.1.3 Résultats

Les résultats de la modélisation sont les débits drainés par les différentes rivières sur 35 ans (1976-2011). Les résultats entre 1972 et 1976 ne sont pas utilisés car ils correspondent à l'initialisation du modèle et peuvent être biaisés. La simulation en régime transitoire a été réalisée en utilisant les précipitations trimestrielles des 35 dernières années selon la répartition suivante :

- Hiver : pour la période mi-octobre à mi-janvier ;
- Printemps : pour la période mi-janvier à mi-avril ;
- Eté : pour la période mi-avril à mi-juillet ;
- Automne : pour la période mi-juillet à mi-octobre.

Les résultats de la simulation en régime transitoire saisonnier sont présentés aux tableaux et figures ci-après. Tenant compte d'un délai moyen d'écoulement vertical de l'eau au travers de la zone non saturée (zone vadose), les durées ont été réajustées : l'été correspond à la période mi-juin à mi-septembre, l'automne à celle de mi-septembre à mi-décembre, l'hiver de mi-décembre à mi-mars et le printemps de mi-mars à mi-juin.

	printemps	été	automne	hiver
BV2	8620	4380	3330	9450
BV3	16220	10940	9750	17860
BV4	2900	2390	2200	2930
BV5	19970	16130	15080	20980
BV6	21100	13930	12380	23260
BV7	0	0	0	0
BV8	30720	25820	24430	31850
BV9	10620	6560	5550	11520
BV10	27200	21380	20090	28880

Tableau n°9: Débits d'apports en m3/j du Lez en moyenne trimestrielle sur les 40 dernières années

	printemps	été	automne	hiver
BV2	100	51	39	109
BV3	188	127	113	207
BV4	34	28	25	34
BV5	231	187	175	243
BV6	244	161	143	269
BV7	0	0	0	0
BV8	356	299	283	369
BV9	123	76	64	133
BV10	315	247	232	334

Tableau n°10: Débits d'apports en l/s du Lez en moyenne trimestrielle sur les 40 dernières années

Les apports de la nappe du Miocène sont présents sur 8 sous bassins versants (11 au total).

On observe une grande variabilité des apports journaliers selon les bassins versants. En effet, le bassin versant BV8 apporte au débit du Lez plus de 350 l/s au minimum à chaque saison alors que le bassin BV7 n'apporte aucun débit au Lez.

Il faut noter que la condition limite appliqué à l'extrême aval du bassin versant (BV10) rend incohérent les résultats sans que cela ait d'impact sur les bassins amont. Les volumes drainés sont vraisemblablement surestimés du fait que le drainage constitue la seule sortie possible de l'eau souterraine. Il y a donc lieu de considérer avec prudence les valeurs du drainage de ces sous-bassins aval. Dans la partie aval du bassin versant du Lez, alors que l'extension de l'aquifère régional a été limitée à celle de la molasse, la présence des alluvions peut permettre en effet un écoulement important d'eau. La non-prise en compte de cet écoulement dans le modèle implique que tout le débit souterrain soit drainé dans les derniers sous-bassins.

D.III MODELE HYDROLOGIQUE

D.III.1 Chaîne de calculs pour déterminer les débits ruisselés

Le schéma ci-après précise la chaîne de calcul du modèle hydrologique ATHYS. Les données de pluie entrées dans le modèle tiennent compte des pertes par évapotranspiration

A partir des pluies efficaces, la fonction de production TOP Modèle définie la lame ruisselée, qui représente la proportion des précipitations qui va ruisseler, puis la fonction de transfert (hydrogramme unitaire) calcule les débits à l'exutoire des bassins versants identifiés comme des nœuds de calcul.

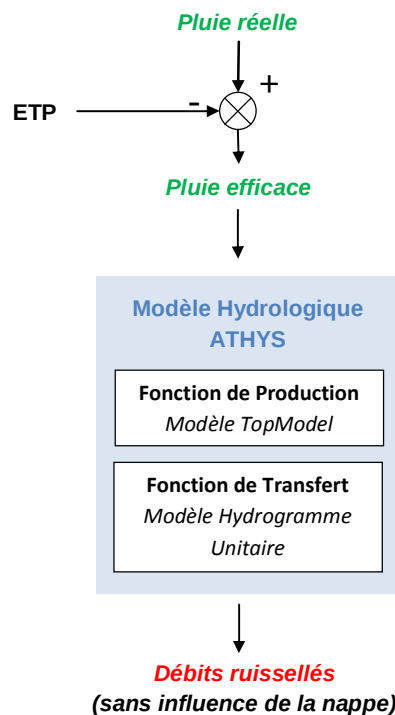


Illustration n°40 : Détails de la chaîne de calcul du modèle hydrologique ATHYS

D.III.2 Présentation du logiciel ATHYS

□ Généralités

ATHYS (ATelier HYdrologique Spatialisé) est un logiciel de transformation pluie-débit développé par l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) à Montpellier.

L'intérêt principal de ce logiciel en libre accès, réside dans la possibilité de spatialiser la transformation pluie-débit. En effet, le modèle utilise pour entrant un modèle numérique de terrain (MNT) qui permet de calculer des apports au ruissellement maille par maille. Ce principe est combiné à une spatialisation des données de pluies, qui permet sur de grands bassins versants de tenir compte de leur variation.

Le modèle est conçu pour travailler soit en mode continu à l'aide d'une chronique de pluies soit en mode événementiel à partir d'une pluie unique de projet ou réelle.

□ Modèles de calcul

Le débit généré pour un événement pluvieux (transformation pluie-débit) est calculé en trois étapes :

- Pour chaque maille, le modèle de production permet d'estimer la quantité de pluie qui va contribuer au ruissellement.
- Le modèle de transfert calcule l'hydrogramme produit par chaque maille à l'exutoire du bassin versant. Ce calcul est réalisé à partir du résultat obtenu en appliquant la fonction de production.
- Les apports de chaque maille sont sommés pour obtenir le débit à l'exutoire.

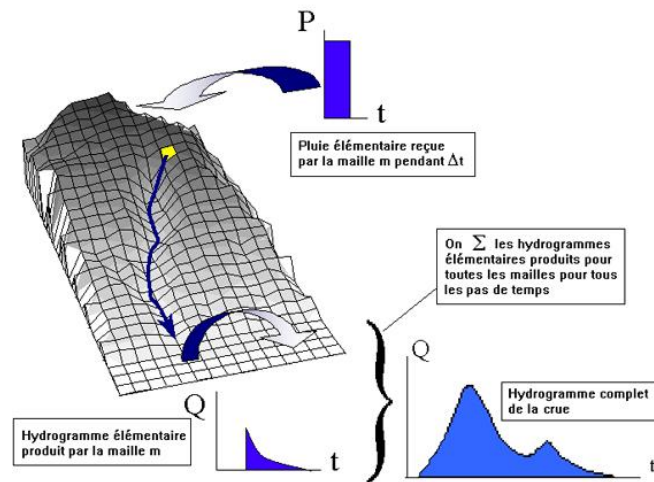


Illustration n°41 : Fonctionnement du modèle ATHYS (source : IRD)

Le logiciel met à disposition plusieurs modèles de production et de transfert. Les choix suivants ont été opérés :

- Pour la production, le modèle TOP model. C'est un modèle conceptuel à réservoirs particulièrement adapté pour les débits d'étiage ;
- Pour le transfert, le modèle de l'hydrogramme unitaire, couramment utilisé en hydrologie.

D.III.3 Présentation du module ETP

Pour tenir compte de l'évapotranspiration, il est soustrait chaque jour la hauteur d'eau de l'ETP à la hauteur d'eau de précipitation réelle. On parle alors de pluie efficace.

D.III.4 Période de simulation

Le logiciel est utilisé pour simuler les débits journaliers de 1976 à 2011 avec un calage aux différentes stations hydrométriques du SMBVL.

Le pas de temps journalier est particulièrement intéressant pour les problématiques de préservation du milieu aquatique : une non-satisfaction des besoins durant une seule journée suffit pour affecter la vie biologique. Une simulation au pas de temps décadaire ne donne que des valeurs moyennes, qui peuvent

occulter une partie des stress subis par le milieu. Néanmoins, la précision des calculs au pas de temps journaliers est moindre que lors de calculs mensuels.

D.III.5 Traitement des données

□ Traitement des données géographiques

Les données topographiques permettent la construction du Modèle Numérique de Terrain a été obtenu (source : Bd Alti de l'Institut Géographique National (IGN)).

Le MNT est un ensemble de points altimétriques (trois coordonnées, x, y et z) situé tous les 100 m. L'assemblage de ces points permet de reconstituer la topographie du site (illustration). Le logiciel traite alors ces données pour obtenir le réseau hydrographique et les bassins versants (illustration ci-dessous à droite).

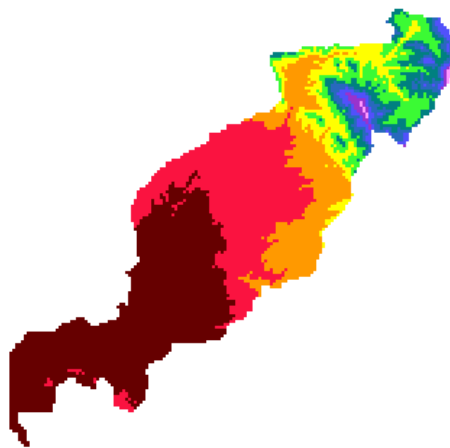


Illustration n°42 : Exemple de carte des altitudes

□ Classe de production

Les ruissellements produits à partir des précipitations sont fonction de nombreux paramètres : durée et/ou l'intensité des précipitations, nature géologique des sols, pentes des terrains, occupations des sols, etc.

L'analyse des stations hydrométriques a montré que le Lez et ses affluents majeurs avaient des dynamiques différentes. On définit les classes de production comme étant un ensemble de 4 paramètres caractérisant l'écoulement (stock, temps de vidange, infiltration) De ce fait, une classe de production a été déterminée pour le Lez et chacun des affluents :

- La Coronne
- L'Aulière
- L'Hérin

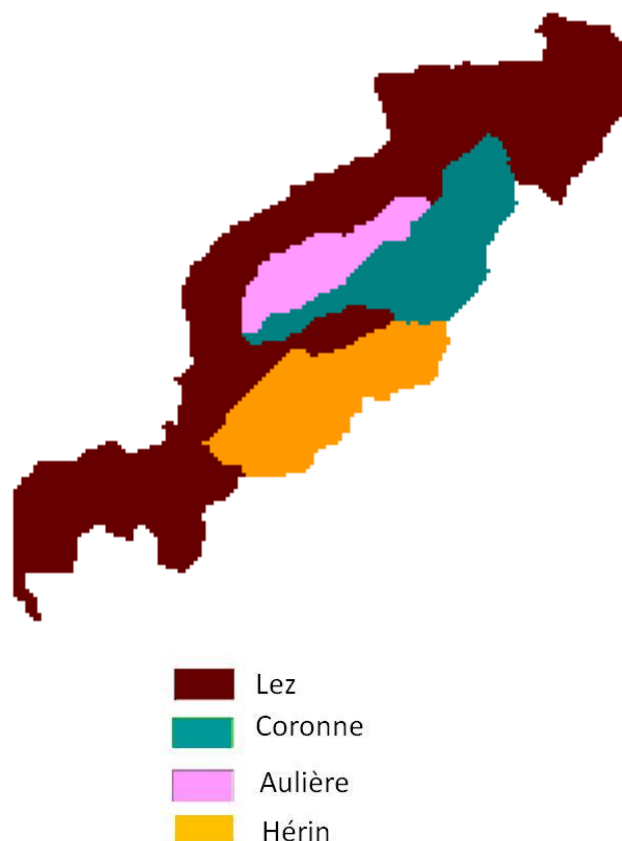


Illustration n°43 : Exemple de carte des classes de production

A partir de la classification précédente concernant l'occupation des sols et les pentes, le tableau suivant présente la répartition des superficies du bassin versant du Lez en fonction des aptitudes au ruissellement du Lez et des affluents principaux.

Aptitudes au ruissellement	Poids
Lez	62%
Hérin	16%
Coronne	15%
Aulière	7%
Total	100 %

Tableau n°11: Répartition des superficies des classes de production au niveau du bassin versant

Sur une superficie totale de 455 km², le Lez représente 62% du bassin versant.

❑ Traitement des données météorologiques

Pour le calcul hydrologique nous avons utilisé les données météorologiques de 6 postes pluviométriques : Cairanne, Mondragon, Montjoux, Vinsobres, Taulignan et Valréas.

Les durées d'observation sur ces postes ne sont pas identiques. En conséquence, les données manquantes ont été reconstituées. Les principes d'élaboration sont les suivants :

Station	Durée d'observation	Période reconstituée
Cairanne	1988-2007	1973-1987 2008-2010
Mondragon	1996 -2006	1974-1996 2006-2010
Montjoux	1973 à 2010	-
Vinsobres	1990-2010	1973-1990
Valréas	1972-2010	-
Taulignan	1994-2011	1973-1994

Tableau n°12: Données pluviométriques reconstituées

Les principes d'élaboration sont les suivants :

- Pour la pluviométrie, des corrélations linéaires ou la méthode d'autocorrélation ont été déterminées entre la station de Valréas, Taulignan, Montjoux et Vinsobres et les autres stations utilisées par le modèle. La corrélation est estimée, lorsque les données sont disponibles, sur la période 1974 à 2010.
- Pour la température, un gradient (décroissant) de température de 0.5 °C par dénivelé de 100 m a été appliqué à partir de la station d'Orange pour obtenir les températures sur les autres stations.
- Pour l'ETP, à partir de la station d'Orange, une corrélation (fonction exponentielle) entre la température et l'ETP a été estimée. Cette corrélation a ensuite été appliquée sur les températures reconstituées des autres stations utilisées dans le modèle pour obtenir leurs valeurs de l'ETP.

❑ *Calcul de la lame d'eau précipitée*

Les informations climatologiques sont connues ponctuellement au droit de chaque station. Ces informations doivent être spatialisées de façon à être étendues à l'ensemble de la surface du bassin versant. La méthode des polygones de Thiessen a été utilisée pour définir la zone d'influence de chaque station.

Station	Poids (%)
Cairanne	8
Mondragon	14
Montjoux	20
Vinsobres	7
Valréas	33
Taulignan	18

Tableau n°13: Influence comparée des stations pluviométriques sur le bassin versant

D.III.6 Calage

D.III.6.1 Choix des stations hydrométriques utilisés et période de calage

Les stations hydrométriques du SMBVL seront utilisées pour le calage du modèle hydrologique. Les données de 2010 ne sont pas complètes sur toutes les stations du Lez et des affluents notamment en période d'été. Le calage des débits se réalisera donc sur l'année 2011. L'année 2010 ne sera utilisée qu'à titre vérificatif.

Les données du ROCA permettront d'avoir des points de contrôle du calage supplémentaires même si ces données sont qualitatives et partielles.

❑ *Calage des paramètres sur les débits*

Le calage a été réalisé manuellement et par optimisation numérique car le modèle ATHYS possède un module de calage automatique. Le critère de calage est l'écart quadratique moyen (EQM) sur les débits inférieurs à 10 m³/s.

Il a été nécessaire de définir des valeurs différentes des paramètres du modèle ATHYS liés à la fonction de production pour chacune des classes. Concernant les paramètres de la fonction de transfert, ils sont identiques sur la totalité du bassin versant du Lez. Les paramètres retenus sont indiqués *en annexe 2*.

Tous les bassins versants sont influencés par des prélèvements. Il n'est donc pas possible de réaliser un calage sans les prendre en compte.

Il est donc réalisé dans un premier temps une synthèse des prélèvements présentés dans le rapport de phase 2 avant de revenir sur le calage des modèles. (cf chapitre E)

D.IV MODELE DE NAPPE ALLUVIALE

D.IV.1 Présentation du modèle

□ Généralités

Le modèle de nappe doit permettre, en divers points de référence du bassin versant du Lez, de partager les débits ruisselés issus d'ATHYS en deux parties : les débits de surface du Lez et les débits transitant dans sa nappe alluviale (cf. illustration ci-dessous).

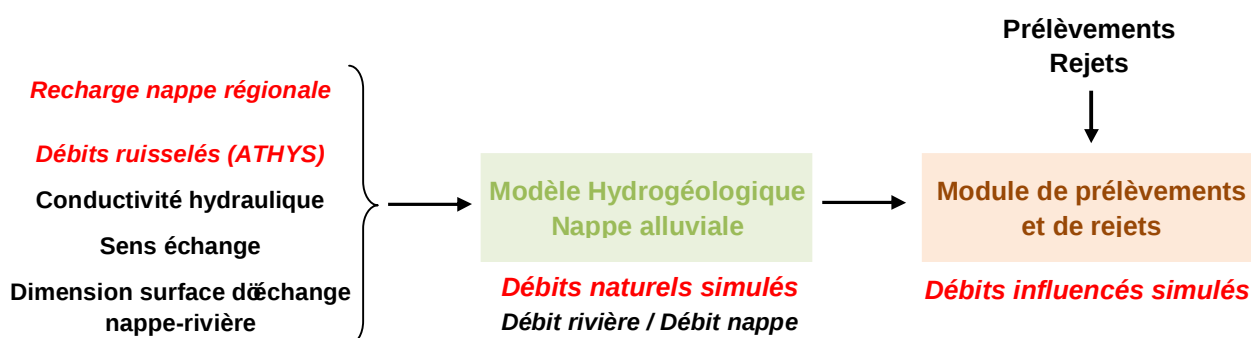


Illustration n°44: Synoptique du modèle hydrogéologique des échanges nappes-rivières

Le modèle de nappe a été réalisé sur EXCEL (composé de macro-commandes VISUAL-BASIC). En plus du traitement des échanges nappe-rivière, le modèle permet de prendre en compte l'influence des prélèvements sur les débits de la nappe alluviale, sur les débits de surface et sur leurs échanges.

Les données d'entrée du modèle hydrogéologique sont les débits de ruissellement obtenus par le modèle hydrologique ATHYS et la recharge par la nappe régionale en plusieurs points de références.

De l'amont vers l'aval à partir de la zone d'influence de la nappe alluviale du cours d'eau principal (ou des affluents), celui-ci est découpé en tronçons hydrogéologiquement cohérent : secteur d'infiltration, secteur de résurgence de la nappe, secteur de nappe indépendante.

Le calcul des débits de surface et de nappe est alors réalisé en cascade, des tronçons amont aux tronçons aval, en fonction du type de tronçon :

- Sur les tronçons d'infiltration, le débit infiltré calculé sur la base de la loi de Darcy est retranché au débit de surface. La nappe alluviale voit elle, son débit augmenté du débit perdu en surface. Si la nappe est saturée, le débit reste en surface.
- Sur les tronçons de résurgence (caractérisés par des secteurs où le débit capable de nappe alluviale est limitée par des verrous rocheux, une hauteur d'alluvion réduite ou une faible perméabilité), le débit estimé de la nappe à l'aval du tronçon est comparé à la capacité maximale de la nappe, le débit ne pouvant transiter par la nappe est redistribué en surface ;
- Sur les tronçons où la nappe est indépendante de la rivière, il n'y a aucun échange entre les deux ressources en eaux.

Le résultat de ces calculs en cascade est une représentation du débit circulant en surface ou dans la nappe alluviale à l'extérior de chaque tronçon.

Lorsque des prélèvements (ou des rejets) sont pris en compte, ils sont sectorisés pour déterminer le tronçon et la ressource (surface ou nappe) auxquels ils s'appliquent. Le prélèvement (ou le rejet) est ensuite appliqué au calcul des débits tronçon par tronçon. Ils interviennent donc sans la détermination des débits échangés entre la nappe et la rivière.

Dès lors, il est possible de voir que, sur des secteurs d'infiltration, les prélèvements en nappe vont tendre à limiter les débits de surface, alors que dans des secteurs de non échange nappe rivière, ils n'auront pas d'impact sur le débit de surface.

L'application du modèle hydrogéologique suppose de connaître les informations de base de la nappe alluviale : perméabilité, coupes lithologiques pour évaluer la dimension de la nappe et idéalement une carte des isopièzes pour identifier les secteurs homogènes du point de vue hydrogéologique.

❑ *Découpage en secteurs hydrogéologiques homogènes sur le Lez*

A partir des éléments concernant les relations nappe/rièvre (cf. paragraphe C.III.3.2), la nappe alluviale du Lez a été découpée en tronçons hydrogéologiques homogènes. Le découpage se base principalement sur le sens des échanges entre la rivière et la nappe.

Sachant que les caractéristiques de la nappe alluviale ont été prises en compte lors du découpage des sous-bassins versants du Lez, les tronçons homogènes sont communs avec les sous bassins versants prenant en compte :

- La géométrie de la nappe alluviale avec son extension latérale et son épaisseur. L'importance de la nappe alluviale est très variable d'amont en aval sur le Lez;
- Les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe alluviale par tronçons : perméabilité, gradient de la nappe, débit maximum possible ;
- Les sens des échanges entre la nappe alluviale et les cours d'eau avec la valeur « 1 » pour les échanges nappe-rivière et « -1 » pour les échanges rivière-nappe.

Compte tenu des informations sur les extensions des nappes alluviales et les propriétés hydrodynamiques des terrains en contact avec les cours d'eau, plusieurs sous bassins versants présentent des nappes alluviales de faibles extensions voire même inexistantes :

- BV1 (Lez Amont) ;
- BV4 (Coronne amont).

Ces bassins versants ne comporteront pas de modèle de nappe alluviale dans la modélisation.

Les largeurs des cours d'eau ont été mesurées lors des investigations de terrain et des campagnes de jaugeages. Les longueurs de chacun des secteurs hydrogéologiques ont été mesurées à partir de la carte IGN.

Bassin versant	Nappe alluviale	Sens d'échange 1 : Nappe → Rivière - 1 : Rivière → Nappe	Perméabilité moyenne (m/s)
BV2	Lez	-1	10^{-3}
BV3	Lez	-1	10^{-3}
BV5	Coronne aval	-1	10^{-3}
BV6	Aulière	-1	10^{-3}
BV7	Hérin	-1	10^{-3}
BV8	Hérin	-1	10^{-3}
BV9	Lez	-1	10^{-3}
BV10	Lez	-1	10^{-3}
BV11	Lez	-1	10^{-3}

Tableau n°14: Secteurs homogènes de nappe alluviale sur le bassin

D.IV.2 Calage

Tous les bassins versants disposant d'une nappe alluviale sont influencés par des prélèvements. Il n'est donc pas possible de réaliser un calage sans les prendre en compte.

Il est donc réalisé dans un premier temps une synthèse des prélèvements présentés dans le rapport de phase 2 avant de revenir sur le calage des modèles.

□ Méthode de calage

La reconstitution des débits simulés influencés sur l'aval du bassin versant se réalise par l'équation suivante :

$$Q_{\text{influencé simulé}} = \text{Recharge nappe régionale} + Q_{\text{ruisselé}} - Q_{\text{nappe}} - Q_{\text{Prélèvement/restitution}}$$

La modélisation hydrologique sous ATHYS permettra de caractériser le débit ruisselé et la modélisation de la nappe régionale a permis de connaître les débits de recharge. L'appréciation des débits de prélèvements et restitutions sont donc nécessaires pour reconstituer le débit influencé simulé. La modélisation de la nappe alluviale consiste en un calage de la capacité potentielle de la nappe alluviale.

E. CALAGE DES DEBITS INFLUENCES

E.I MODELE DE PRELEVEMENTS ET RESTITUTIONS

L'ensemble des sous bassins versants du Lez et de ses affluents sont influencés par des prélèvements et restitutions. Afin de reconstituer les débits naturels, il est donc nécessaire de les prendre en compte. Pour cela, un bilan des flux (restitutions-prélèvements) a été réalisé par sous bassins versants.

La prise en compte des prélèvements et des restitutions permet d'obtenir des débits réels à partir des débits naturels et de valider la modélisation (comparaison avec les données mesurées) avant de définir les volumes prélevables en phase 5.

❑ Localisation des prélèvements / restitutions et prise en compte dans le modèle

Une fois caractérisés, les prélèvements et restitutions sont affectés sur chaque sous bassins versants à partir de leur localisation.

Leurs localisations sont faites selon la trame suivante :

- Les points de prélèvements avaient été géolocalisés ou affectés par sous bassins versants pour les prélèvements domestiques par exemple, lors de la phase 2 de l'étude
- Les restitutions des stations d'épuration ont été localisées selon les informations du SATESE ;
- Les restitutions des structures individuelles d'épuration ont été localisées selon la répartition des habitations non connectées au réseau collectif ;
- Les restitutions des stations d'épuration à proximité des cours d'eau ont été considérées comme des contributions aux débits de surface alors que les restitutions des stations d'épuration se réalisant dans un fossé relié à un cours d'eau après plusieurs centaines de mètres ont été considérées comme des contributions aux écoulements de la nappe alluviale.

❑ Conversion des volumes en débits

La phase 2 de l'étude a permis d'établir un bilan des flux en volume à l'échelle mensuelle à partir de la limite du bassin hydrographique. Le passage des volumes au débit journalier, qu'il s'agisse de prélèvements ou restitutions, est basé sur des hypothèses reposant sur la réalité des pratiques :

- Les prélèvements AEP sont considérés en continu sur 24 heures (débit en continu non régulé) ;
- Le temps de pompage est dépendant du taux d'équipement de l'exploitation et de la surface à arroser. Les prélèvements agricoles individuels sont considérés sur 10 heures ;
- Le prélèvement agricole collectif (canaux) est moyenné sur 24h;
- Toutes les restitutions sont moyennées sur 24 heures.

Le tableau suivant présente le bilan des flux en débit par sous bassin au pas de temps annuel et en période d'été (juin à septembre). Les prélèvements ont été mensualisés dans le cadre de l'étude.

		Annuel		Période d'été (juin à septembre)	
		Flux moyen (l/s)	Flux moyen cumulé (l/s)	Flux moyen (l/s)	Flux moyen cumulé (l/s)
BV1	Lez	-42	-42	-51	-51
BV2		-14	-55	-20	-72
BV3		-1	-56	0	-72
BV4	Coronne	-3	-3	-5	-5
BV5		4	-8	-1	-23
BV6	Aulière	-9	-9	-18	-18
BV7	Hérin	2	2	1	1
BV8		16	18	17	18
BV9	Lez	-37	-102	-62	-156
BV10		44	-40	107	-32
BV11		540	500	1 053	1 022

Tableau n°15: Bilan annuel et en saison d'été des prélèvements par bassin versant

Le flux moyen cumulé correspond au flux total des prélèvements et restitutions sur les bassins versants amont au point de calcul. Si le flux est inférieur à zéro alors c'est que la somme des prélèvements est supérieure à la somme des restitutions.

Dans les phases ultérieures, une analyse de sensibilité sera réalisée sur d'autres hypothèses.

E.II CALAGES DES MODELES POUR LA RECONSTITUTION DES DEBITS INFLUENCES

E.II.1 Reconstitution des débits sur les têtes de bassins versants (secteurs sans nappe alluviale)

Les calages sur les têtes des bassins versants, à savoir le BV1 (Lez), le BV4 (Coronne) ont permis de calibrer les paramètres des classes de production d'ATHYS des deux cours d'eau sans avoir à prendre en compte les phénomènes d'infiltration de débit dans la nappe alluviale présents sur les bassins versants en aval.

E.II.1.1 Station de Taulignan, Lez

Les graphiques suivants présentent une comparaison des débits simulés influencés et observés sur l'année 2011 à la station de Taulignan (Lez).

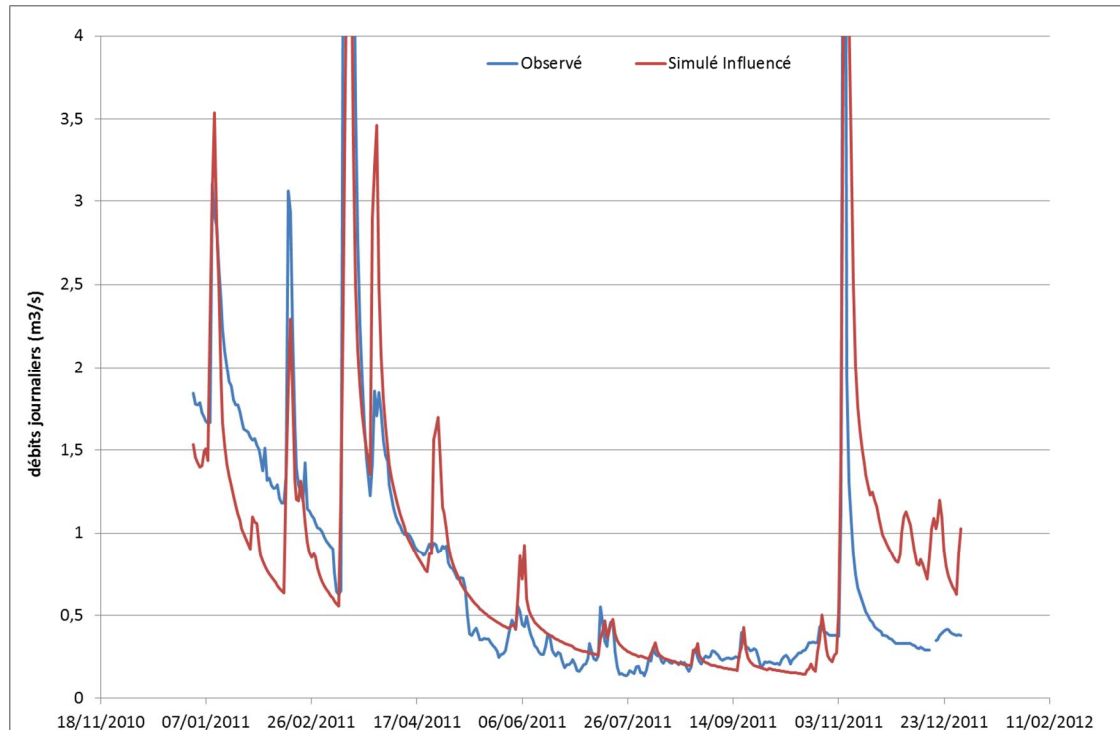


Illustration n°45: Débits journaliers à la station du Lez à Taulignan en 2011

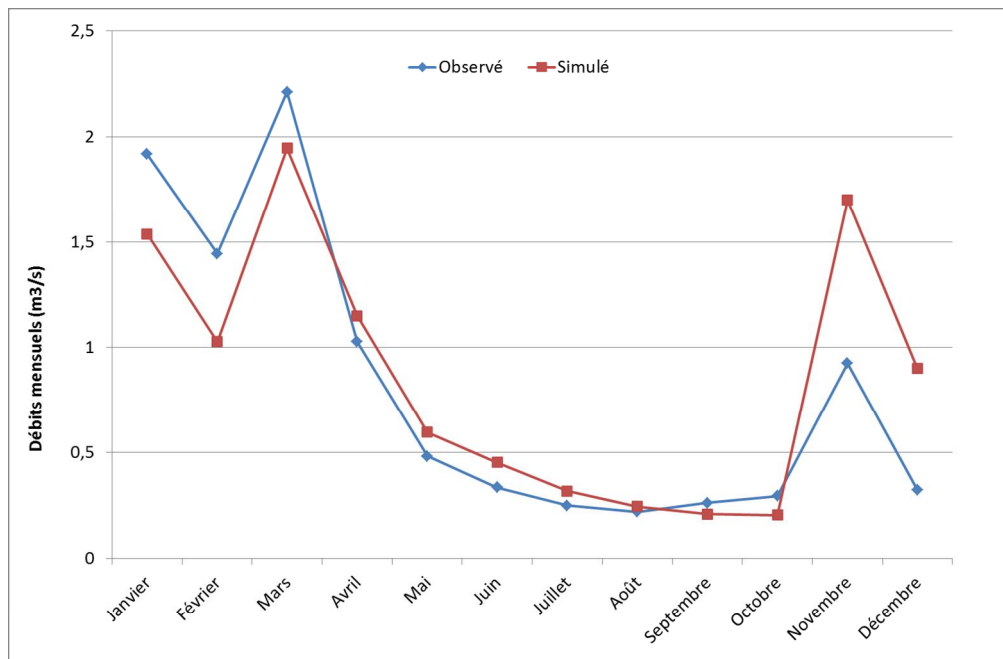


Illustration n°46: Débits mensuels à la station du Lez à Taulignan

Le graphique ci-dessous compare les débits journaliers simulés et observés à la station hydrométrique de Taulignan. Ce graphique s'organise selon trois axes :

- L'axe de couleur noire représentant une erreur nulle entre les deux séries comparées ;
- L'axe de couleur orange représentant de part et d'autre de l'axe précédant une erreur de 30% ;
- L'axe de couleur rouge représentant de part et d'autre de l'axe précédant une erreur de 50%.

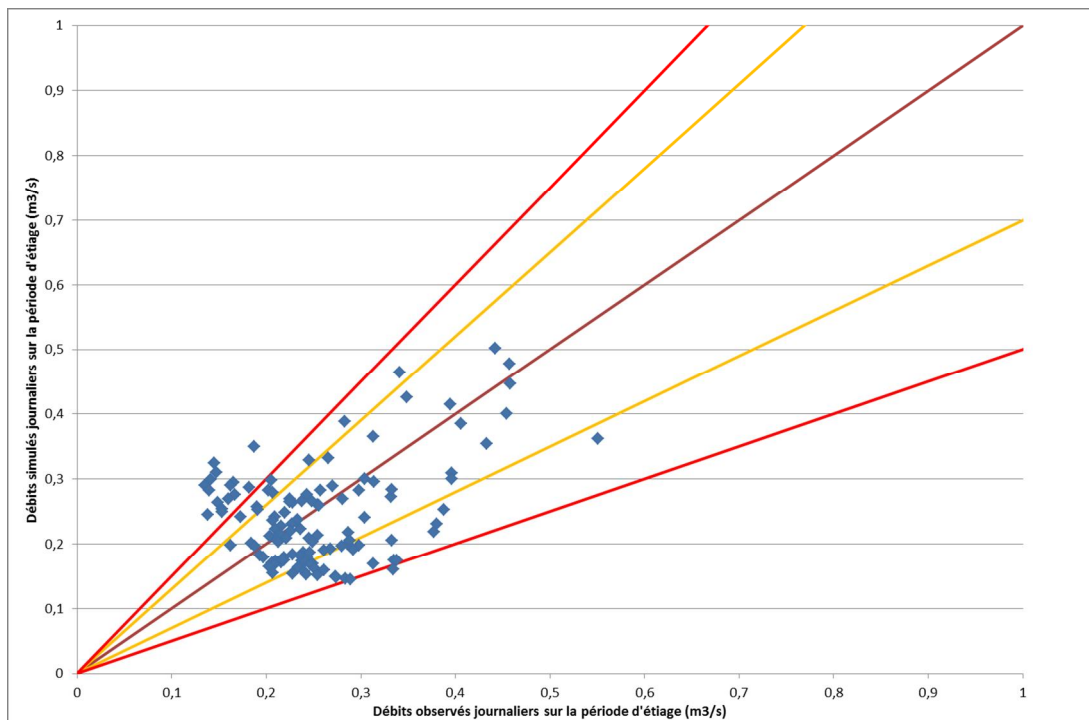


Illustration n°47: Comparaison des débits simulés influencés et observés entre le 1^{er} juillet et le 1^{er} novembre

La reconstitution des débits de cette station montre plusieurs avantages :

- La décroissance des débits simulés lors du printemps à la même allure que celle des débits observés ;
- Le débit de base durant la période estivale est globalement bien représenté ;
- Les débits mensuels simulés sont cohérents avec les débits observés (l'erreur est estimée à moins de 15%).
- 60% des débits journaliers simulés entre le 1^{er} juillet et le 1^{er} novembre présentent une erreur inférieure à 30% par rapport aux débits observés.

Par contre, on remarque que les débits ont tendance à être surestimés sur la période de juin à septembre (Illustration n°51). Ceci s'explique par la mauvaise représentation des orages estivaux (débit de pointe supérieurs et décroissance plus importante). Les écarts sur les débits moyens sont tout de même faibles (moins de 50 l/s).

E.II.1.2 Station de Saint Pantaléon, Rieumau

Le graphique suivant présente une comparaison des débits simulés influencés sur l'année 2011 à la station de Saint Pantaléon.

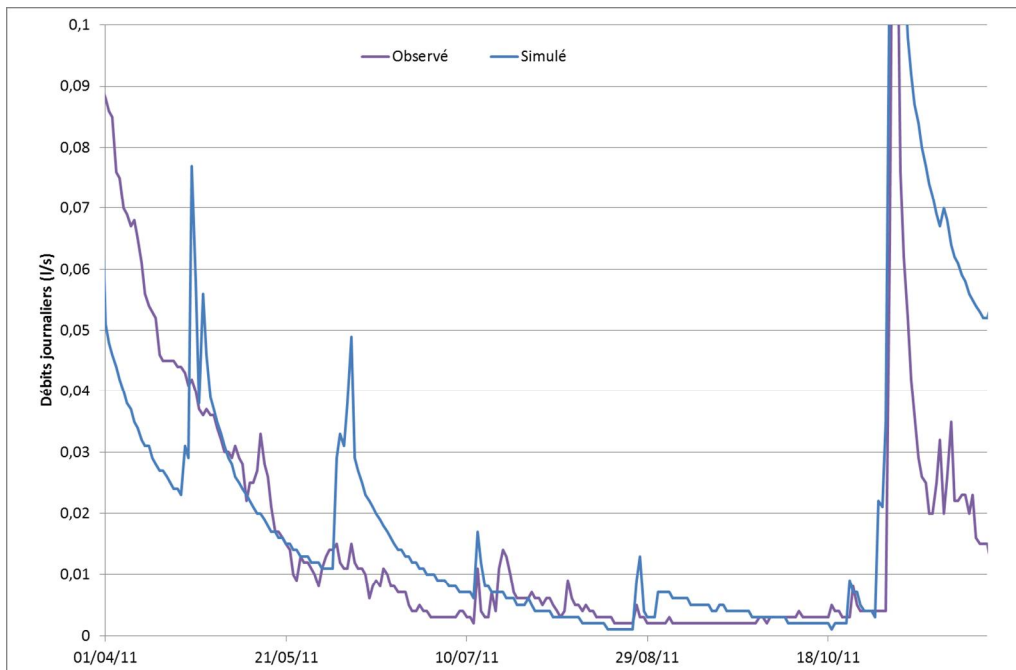


Illustration n°48: Débits journaliers à la station de la Coronne à Saint Pantaléon entre le 1er avril 2011 et le 1er décembre 2011

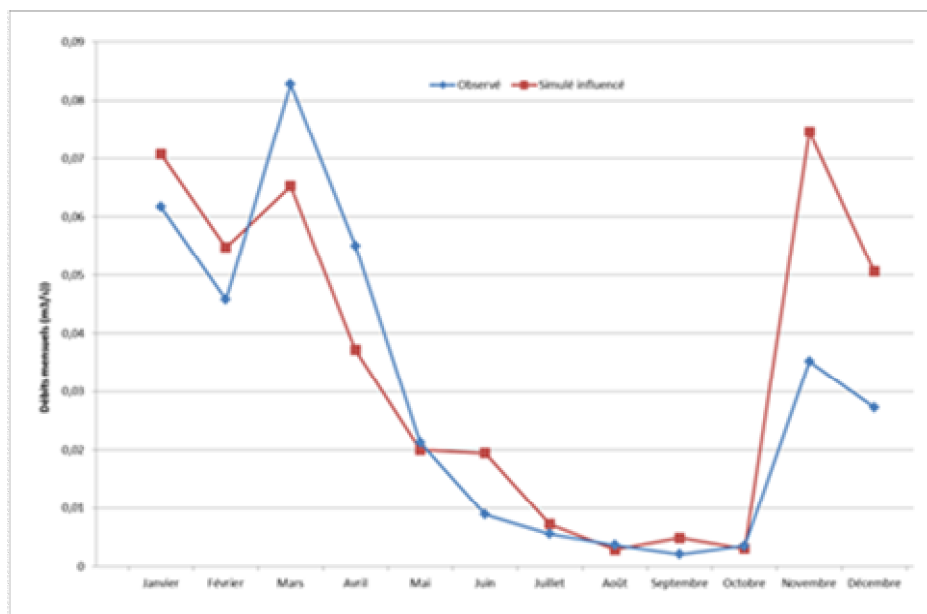


Illustration n°49: Débits journaliers simulés et observés à Saint Pantaléon en 2011

La reconstitution des débits de cette station présente les points positifs suivants:

- La décroissance des débits simulés lors du printemps a la même allure que celle des débits observés ;

- Le débit de base durant la période estivale est très bien représenté avec une erreur de moins de 5 l/s pour 85% des débits journaliers entre le 1^{er} juillet et le 1^{er} novembre ;
- Les débits mensuels simulés sont cohérents avec les débits observés (l'erreur est estimée à moins de 3 l/s sur les débits mensuels de juillet, août et septembre et octobre) ;

Par contre, on remarque que les débits journaliers du mois de juin ont tendance à être surestimés (Illustration 53). Ceci s'explique par la sur-représentation d'un orage estival. L'écart sur le débit moyen mensuel reste tout de même faible (moins de 10 l/s).

E.II.2 Calage de la reconstitution des débits sur l'aval du bassin versant.

Sur la partie aval du bassin versant du Lez et des affluents, une nappe alluviale est présente. Une partie du débit ruisselé va donc s'infiltrer dans la nappe alluviale ou inversement. De manière à estimer correctement le débit de surface, un modèle de nappe a été élaboré (bâti sur la formule de Darcy). Il calcule les débits échangés entre la nappe alluviale et les cours d'eau.

A partir des données d'entrée que sont le sens d'échange et le débit ruisselé d'ATHYS, le modèle de la nappe alluviale a été calé sur trois paramètres :

- La perméabilité des berges ;
- La surface de la nappe alluviale ;
- L'épaisseur de la nappe alluviale.

Un débit maximum de la nappe a aussi été évalué à partir de données citées précédemment (difficilement mesurables).

Le calage des stations de Taulignan et de Saint Panthaleon a permis de définir les paramètres du modèle ATHYS pour le Lez et la Coronne. Pour les autres affluents, aucune station ou autres données ne permettaient de caler distinctement le débit ruisselé d'ATHYS et celui de la nappe alluviale. Les hypothèses suivantes ont été réalisées :

- Concernant l'Aulière, sa seule station disponible se situe en zone de nappe alluviale. Il a été supposé que les écoulements avaient la même dynamique que sur la Coronne. Les paramètres de la Coronne ont donc été appliqués à l'Aulière ;
- Concernant le Lez, il a été admis que la dynamique d'écoulement était similaire sur le bassin ;
- Concernant l'Hérin, aucune donnée ne nous permettait d'utiliser les paramètres de simulation des autres cours d'eau. Un calage en simultané sur le débit ruisselé d'ATHYS et de la nappe a donc été réalisé.

Les paramètres retenus pour le modèle de la nappe alluviale sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Bassin versant	Nappe alluviale	Débit max (l/s)	Perméabilité moyenne (m/s)
BV2	Lez	350	0.005
BV3	Lez	360	0.005
BV4	Coronne Amont	110	0.005
BV5	Coronne aval	355	0.01
BV6	Aulière	155	0.001
BV7	Hérin	60	0.005
BV8	Hérin	440	0.005
BV9	Lez	920	0.005
BV10	Lez	1850	0.005

Tableau n°16: Paramètres de la nappe alluviale du module hydrogéologique par bassin versant

Le calage du module de nappe a été réalisé là où des données ROCA et des stations du SMBVL sont disponibles. Les apports de la nappe régionale ont été pris en compte et ajouté aux débits ruisselés d'ATHYS afin d'obtenir le débit total. Le calage a ensuite été de déterminer la répartition des eaux superficielles et souterraines.

Sur les bassins versants où aucune station hydrométrique ou données ROCA n'est disponible des vérifications ont été réalisées pour vérifier si la capacité de la nappe déterminée était valable. En effet, une capacité de nappe (débit maximal de la nappe) trop importante, peut provoquer un assèchement des totaux des débits de surface ou, a contrario, une maximisation des débits de surface.

E.II.2.1 Calage sur les stations hydrométriques du SMBVL

□ Station de Valréas, Coronne

La station de Valréas se situe au niveau de l'exutoire du BV4. Le modèle n'a donc pas été calé sur cette station, une simple vérification a été réalisée en comparant les débits simulés influencés et les débits observés sur la période d'étude.

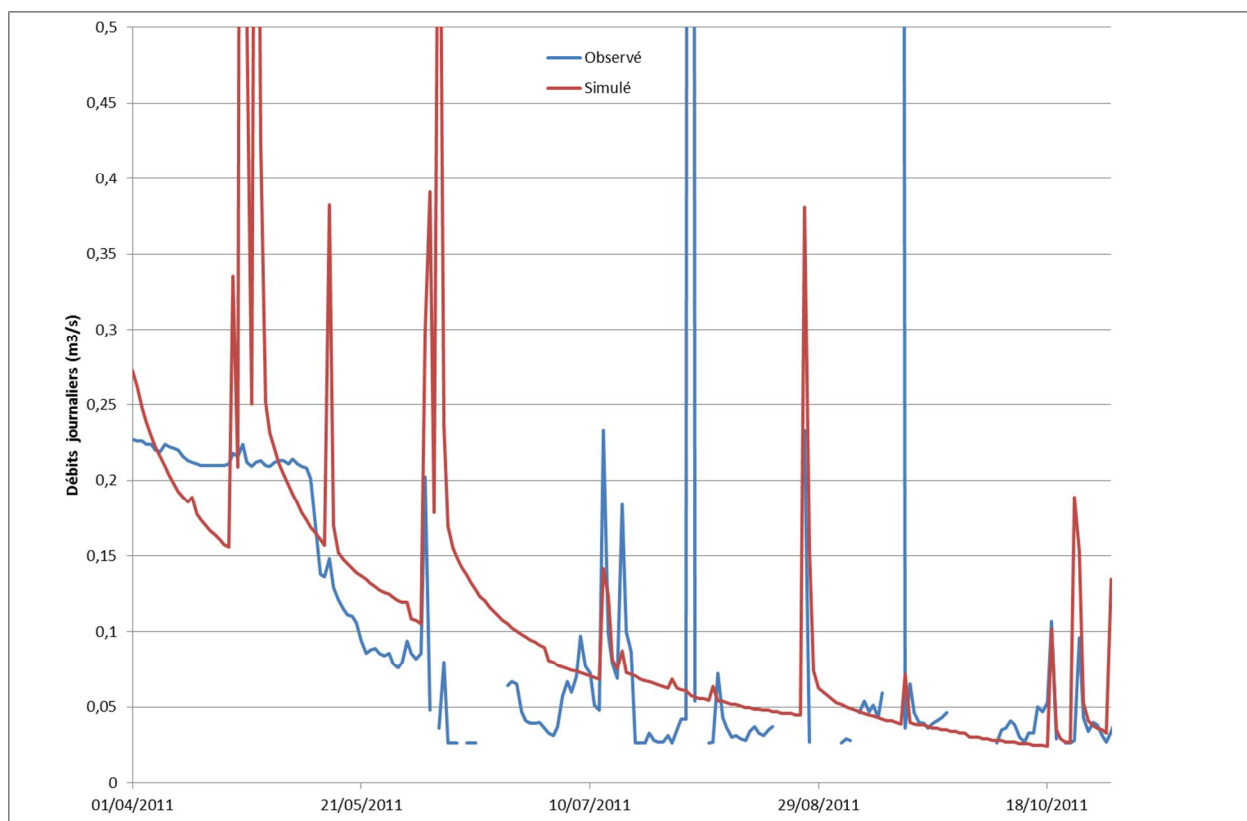


Illustration n°50: Débits journaliers simulés et observés à Valréas entre le 01/04/2011 et le 18/10/2011

Le calage des différents modèles réalisé en amont (à Saint Panthaleon) permet sur la station de Valréas d'avoir une représentation correcte de l'évolution des débits.

□ Station de l'Aulière, Montségur sur l'Auzon

Le graphique suivant présente une comparaison des débits simulés influencés sur l'année 2011 à la station de l'Aulière à Montségur sur l'Auzon. Elle se situe au niveau du bassin versant BV6 et reçoit un apport du Miocène de 150 l/s environ sur la période d'étiage en 2011. Elle dispose aussi d'une nappe alluviale drainant le Lez.

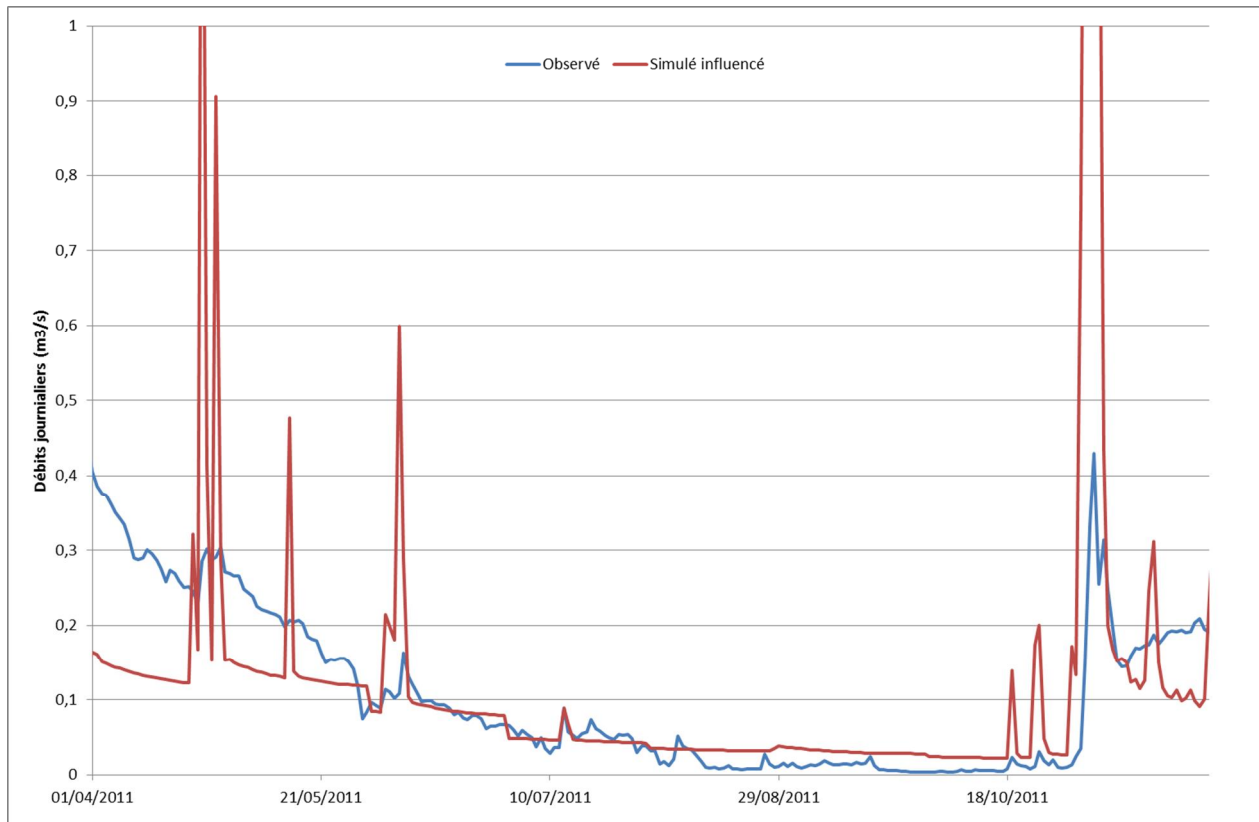


Illustration n°51: Débits journaliers simulés et observés de l'Aulière à Montségur sur l'Auzon entre le 1^{er} avril et le 1^{er} décembre 2011

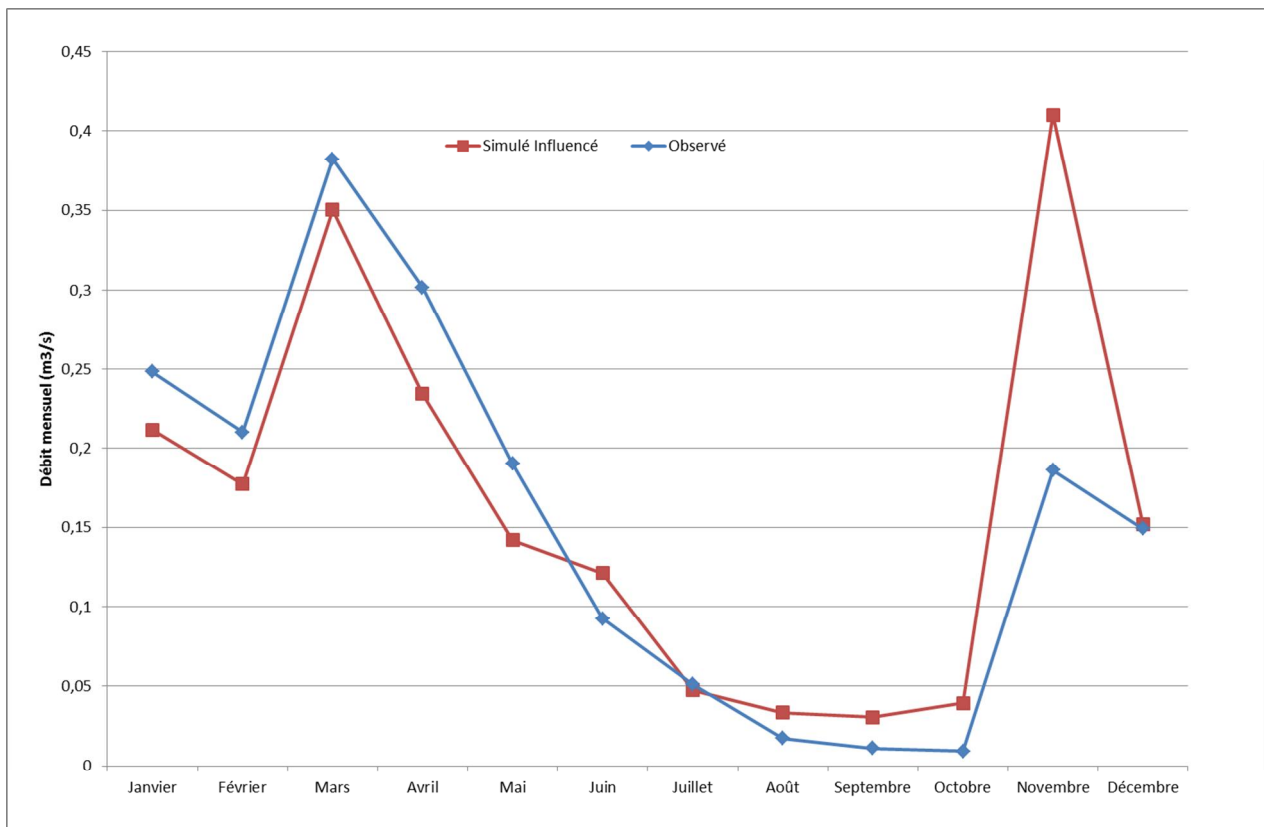


Illustration n°52: Débits mensuels simulés et observés de l'Aulière à Montségur sur Lauzon

La reconstitution des débits de cette station présente plusieurs points positifs :

- La décroissance des débits simulés et influencés est comparable.
- Le débit de base durant la période estivale est bien représenté avec une erreur de moins de 20 l/s pour 65% des débits journaliers entre le 1^{er} juillet et le 1^{er} novembre mais on observe une tendance à la sur-estimation;
- Les débits mensuels simulés sont cohérents avec les débits observés (l'erreur est estimée à moins de 20 l/s sur les débits mensuels de juillet, août et septembre et octobre) ;

❑ Station de l'Hérin à Bouchet

Cette station se situe à l'aval de l'Hérin en amont de l'exutoire du bassin versant BV8. L'Hérin est un affluent complexe puisque sur la partie aval de l'Hérin (BV8) il existe une nappe alluviale ainsi que des apports de la nappe régionale (plus de 350 l/s en période d'étiage) au niveau du BV8.

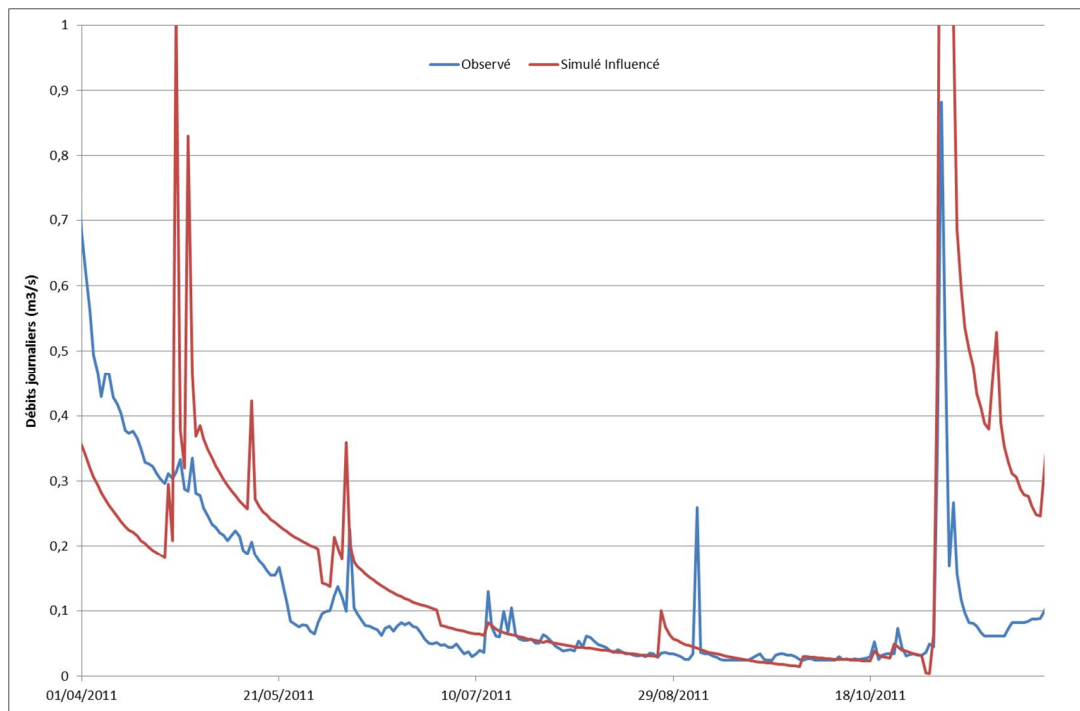


Illustration n°53: Débits journaliers simulés et observés sur l'Aréthuse à Bouchet entre le 1^{er} avril et le 1^{er} décembre 2011



Illustration n°54: Débits mensuels simulés et observés sur l'Aréthuse à Bouchet en 2011

Le graphique ci-dessous compare les débits journaliers simulés et observés à la station hydrométrique. Ce graphique s'organise selon trois axes :

- L'axe de couleur noire représentant une erreur nulle entre les deux séries comparées ;
- L'axe de couleur orange représentant de part et d'autre de l'axe précédant une erreur de 30% ;
- L'axe de couleur rouge représentant de part et d'autre de l'axe précédant une erreur de 50%.

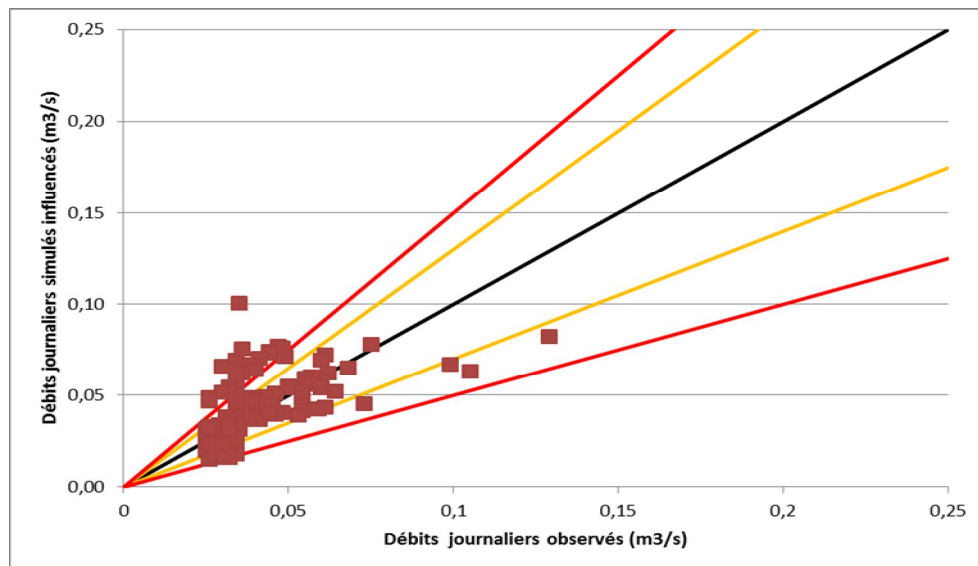


Illustration n°55: Comparaison des débits journaliers simulés influencés et observés sur l'Aréthuse à Bouchet en 2011

La reconstitution des débits de cette station présente plusieurs avantages :

- Le débit de base durant la période estivale est globalement bien représenté ;
- Les débits mensuels simulés sont cohérents avec les débits observés (l'erreur est estimée à moins de 10% soit moins de 10 l/s).
- 72% des débits journaliers simulés influencés entre le 1^{er} juillet et le 1^{er} novembre ont une erreur inférieure à 30%.

Par contre, les débits des mois de mai et juin ont tendance à être surestimés. Ce phénomène s'explique par la mauvaise représentation du pic orageux d'avril. En effet, l'Aréthuse n'a pas réagi à cette pluviométrie alors que le modèle montre une forte réaction.

□ Station du Lez à Suze la Rousse

Le graphique suivant présente une comparaison des débits simulés influencés sur l'année 2011 à la station du Lez à Suze la Rousse. Les apports du Miocène sur ce bassin versant sont très importants et de l'ordre de 500 l/s en période d'étiage.

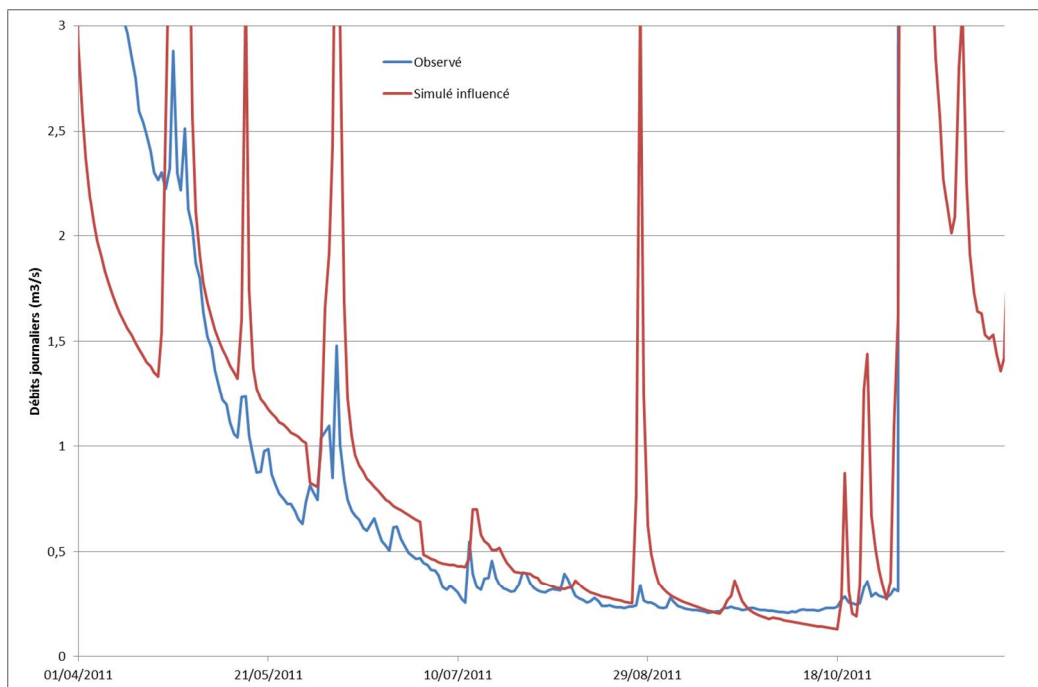


Illustration n°56: Débits journaliers simulés et observés sur le Lez à Suze entre le 1^{er} avril et 1^{er} novembre 2011

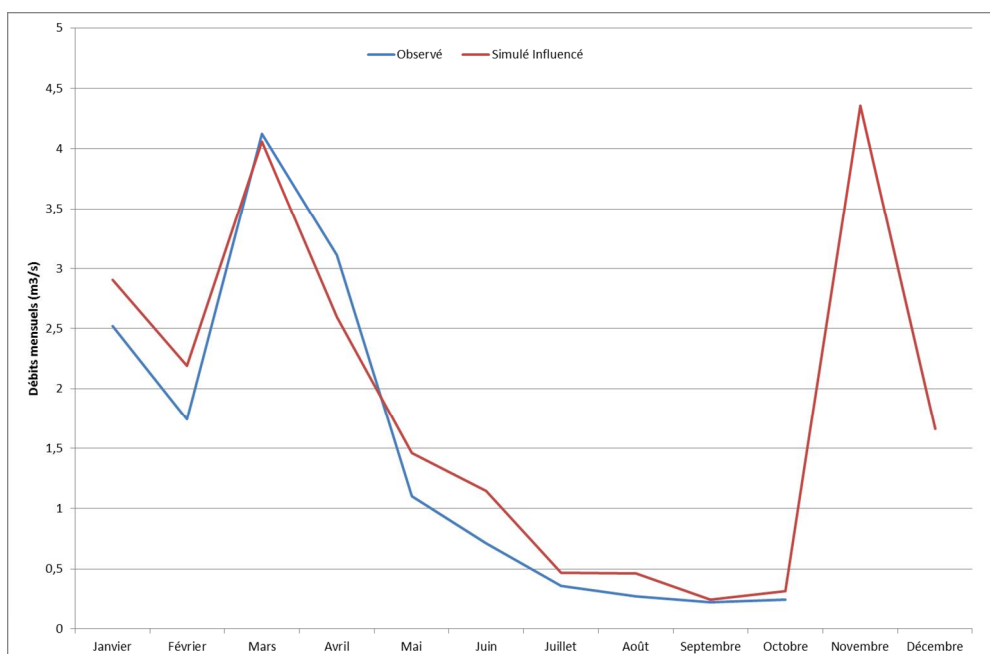


Illustration n°57: Débits mensuels simulés et observés sur le Lez à Suze la Rousse en 2011

Le graphique ci-dessous compare les débits journaliers simulés et observés à la station hydrométrique. Ce graphique s'organise selon trois axes :

- L'axe de couleur noire représentant une erreur nulle entre les deux séries comparées ;
- L'axe de couleur orange représentant de part et d'autre de l'axe précédant une erreur de 30% ;
- L'axe de couleur rouge représentant de part et d'autre de l'axe précédant une erreur de 50%.

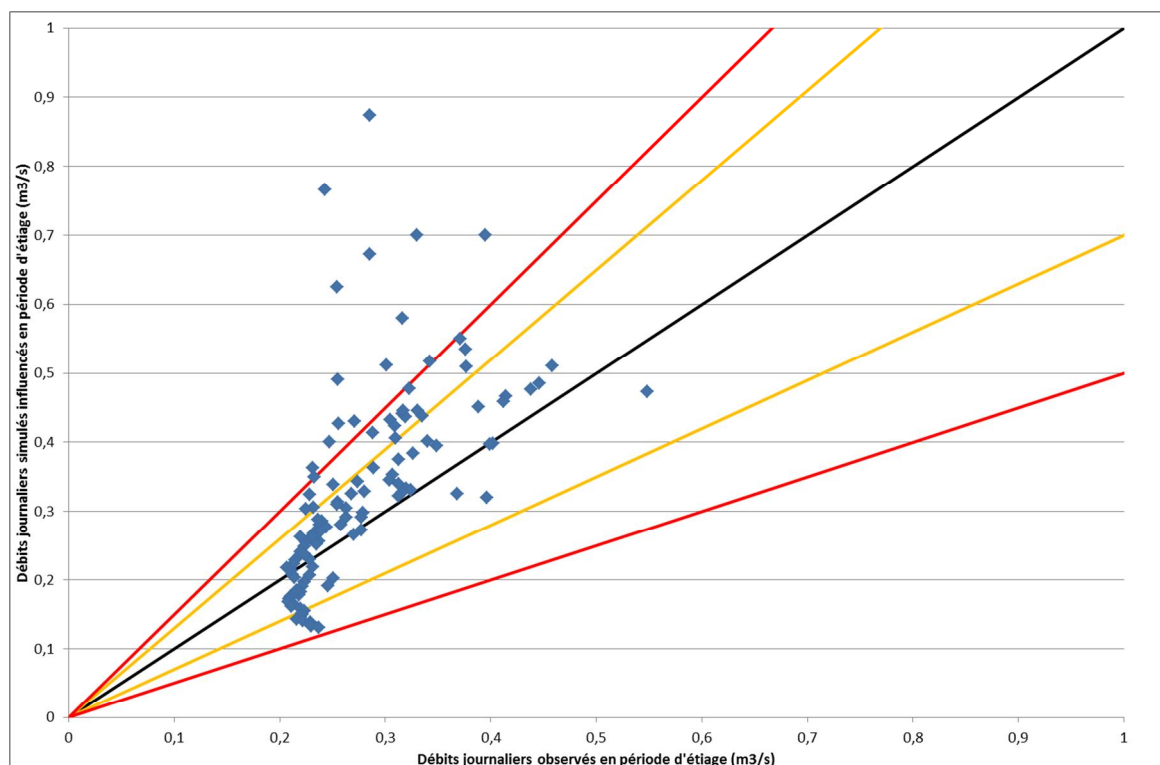


Illustration n°58: Débits journaliers simulés et observés sur le Lez à Suze la Rousse en 2011

La reconstitution des débits de cette station montre plusieurs avantages :

- Le débit de base durant la période estivale est globalement bien représenté ;
- Les débits mensuels simulés sont cohérents avec les débits observés (l'erreur est estimée à moins de 100 l/s sur les mois de juillet, août, septembre et octobre).
- 65% des débits journaliers simulés influencés entre le 1^{er} juillet et le 1^{er} novembre ont une erreur inférieure à 30%.

Par contre, les débits des mois de mai et juin ont tendance à être surestimés. Ce phénomène s'explique par la mauvaise représentation du pic orageux d'avril. En effet, le Lez n'a pas réagi à cette pluviométrie alors que le modèle montre une forte réaction du Lez (comme à la station de l'Hérin à Bouchet).

□ Station du Lez à Bollène

Le graphique suivant présente une comparaison des débits simulés influencés sur l'année 2011 à la station du Lez à Bollène. Les apports du Miocène sur ce bassin versant sont très importants et de l'ordre de 500 l/s en période d'étiage.

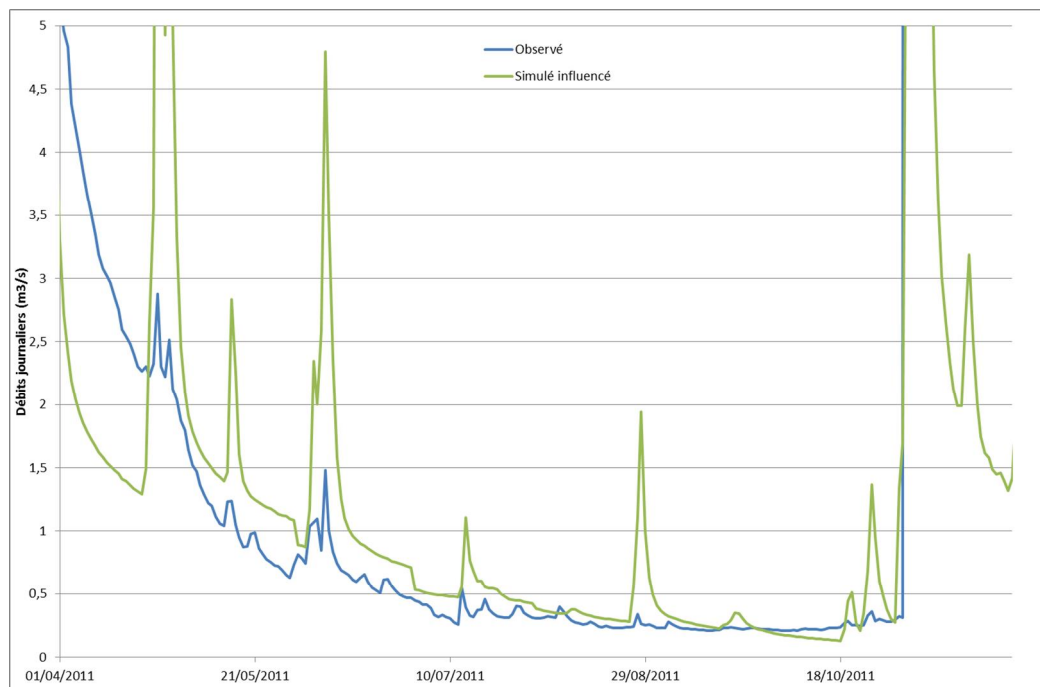


Illustration n°59: Débits journaliers simulés et observés sur le Lez à Bollène entre le 1^{er} avril et le 1^{er} novembre 2011

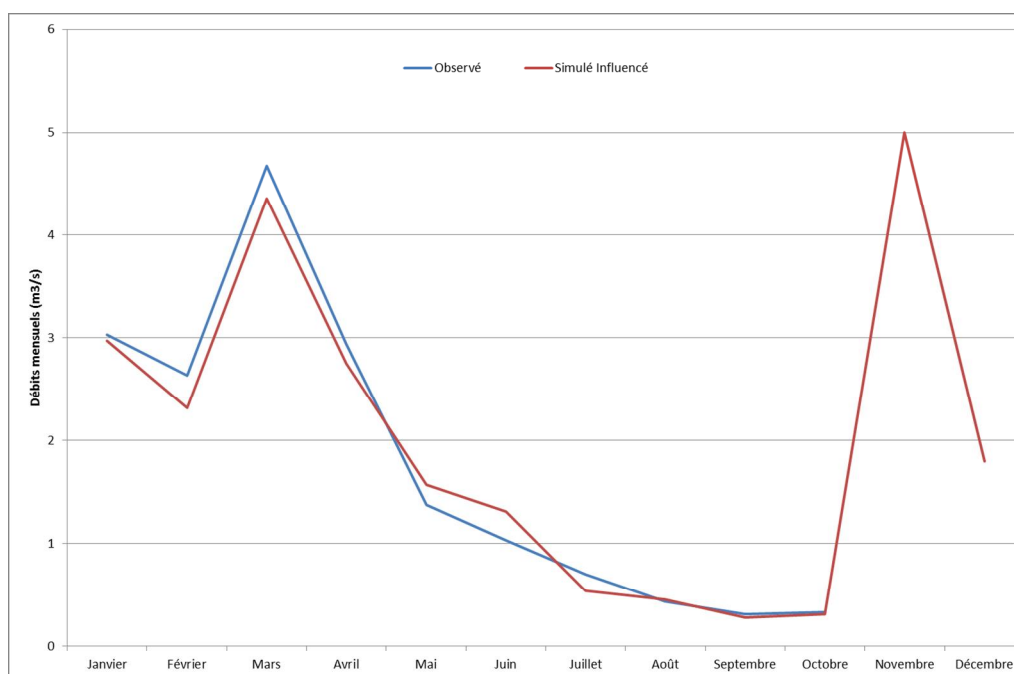


Illustration n°60: Débits mensuels simulés et observés sur le Lez à Bollène en 2011

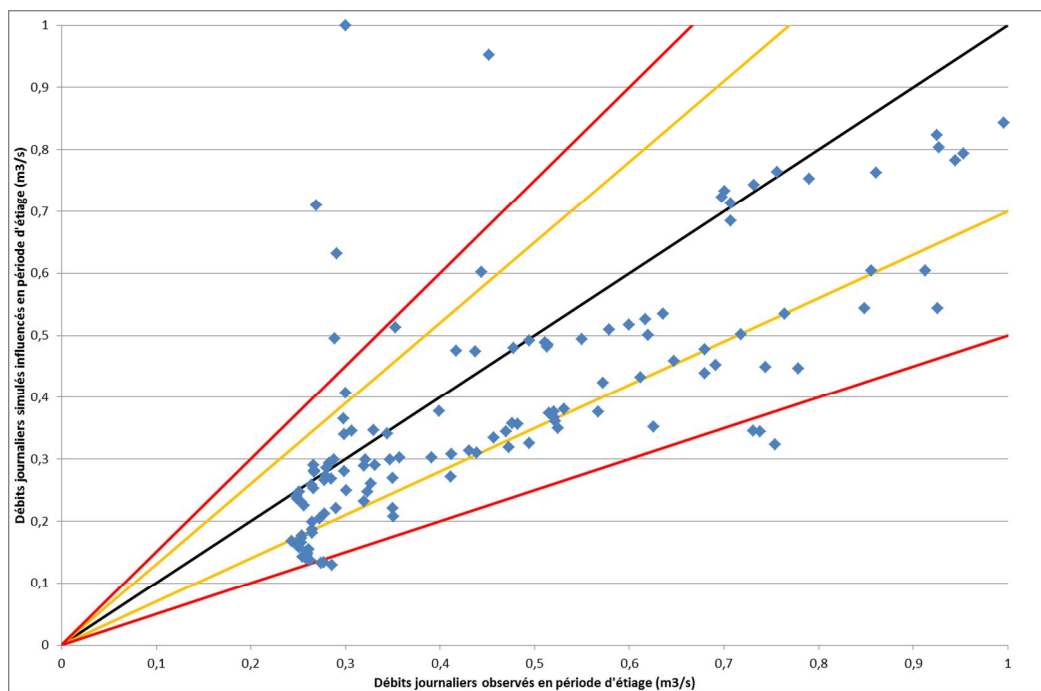


Illustration n°61 Comparaison des débits journaliers simulés et observés sur le Lez à Bollène entre le 1^{er} avril et le 1^{er} novembre 2011

La reconstitution des débits de cette station présente plusieurs avantages :

- Le débit de base durant la période estivale est globalement bien représenté ;
- Les débits mensuels simulés sont cohérents avec les débits observés (l'erreur est estimée à moins de 10% soit 40 l/s sur les mois d'août, septembre et octobre).
- 60% des débits journaliers simulés influencés entre le 1^{er} juillet et le 1^{er} novembre ont une erreur inférieure à 30%.

Par contre, les débits du mois de juillet ont tendance à être sous-estimés. Ce phénomène s'explique par la mauvaise représentation du pic orageux du début de mois de juillet. En effet, le Lez a réagi à cette pluviométrie plus fortement que le modèle hydrologique (comme à la station de l'Hérin à Bouchet).

E.II.2.2 Calage sur les stations ROCA (Réseau d'observation des crues d'assecs)

□ Station ROCA du Lez à Grillon

Le calage des assecs simulés sur les données ROCA de Grillon donne le résultat suivant en 2005 (*le fond des illustrations représente les données ROCA. bleu : débit normal, jaune : débit faible, orange : débit invisible, rouge : assec*):

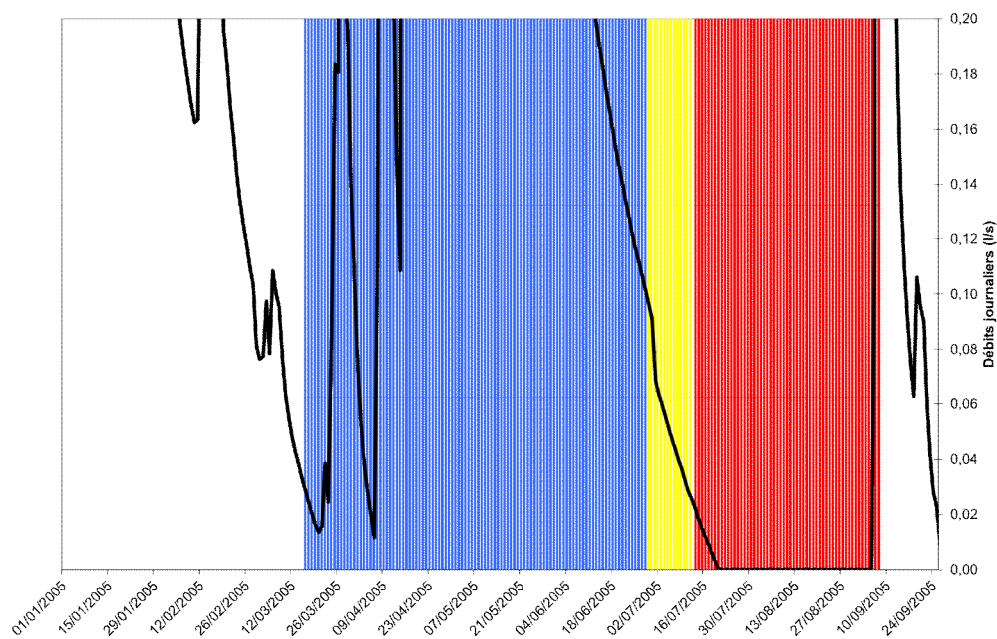


Illustration n°62: Débits journaliers simulés et données ROCA sur le Lez à Grillon en 2005

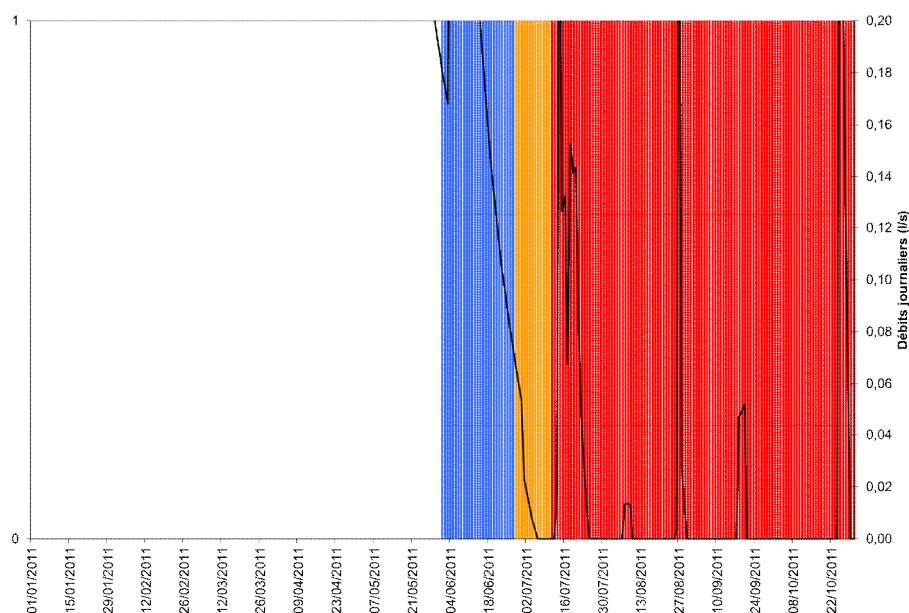


Illustration n°63: Débits journaliers simulés et données ROCA sur le Lez à Grillon en 2011

Ce calage au niveau de Grillon permet de reconstituer finement la décroissance des débits et de représenter correctement les assèchs à cette station.

E.II.3 Conclusion de la reconstitution des débits

La reconstitution du débit peut être jugée fiable car elle permet sur toutes les stations de bien représenter le débit de base du Lez ainsi que la décroissance des débits sur l'année 2011. De plus, le nombre de stations sur le bassin versant étant importante (7 stations hydrométriques et 1 station ROCA), les débits sont bien appréhendés sur plusieurs points du bassin versant.

E.II.4 Validation du modèle sur l'année 2012

Afin de vérifier si ce modèle permet de représenter correctement les débits sur une autre année, il a été réalisé une validation du modèle en comparant les débits observés et simulés de la Coronne et du Lez sur l'année 2012.

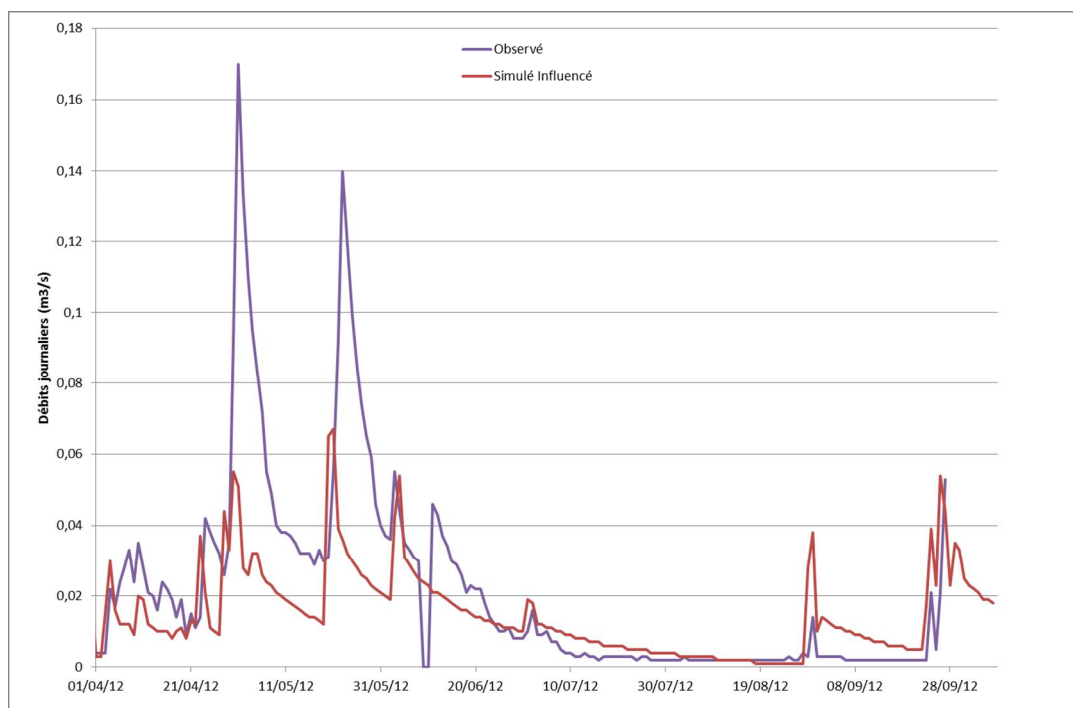


Illustration n°64: Débits journaliers simulés et observés sur la station à Saint Panthéléon sur la Coronne en 2012

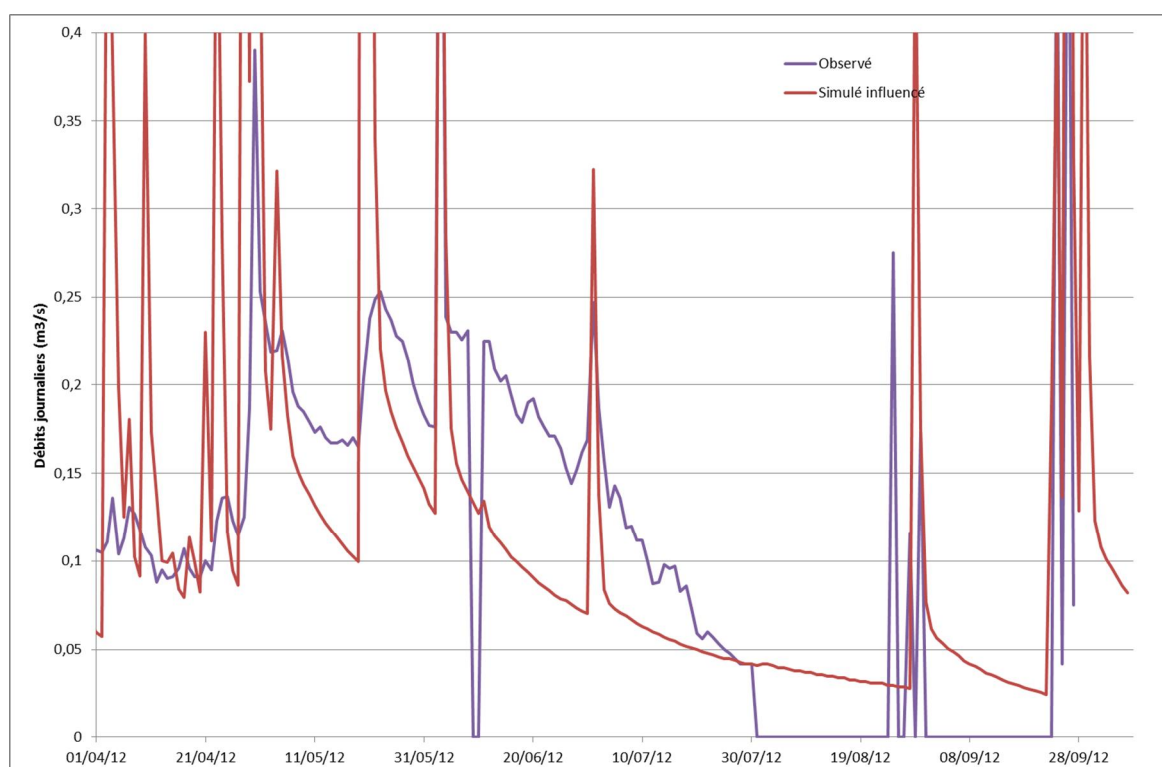


Illustration n°65: Débits journaliers simulés et observés sur la station à Valréas sur la Coronne en 2012

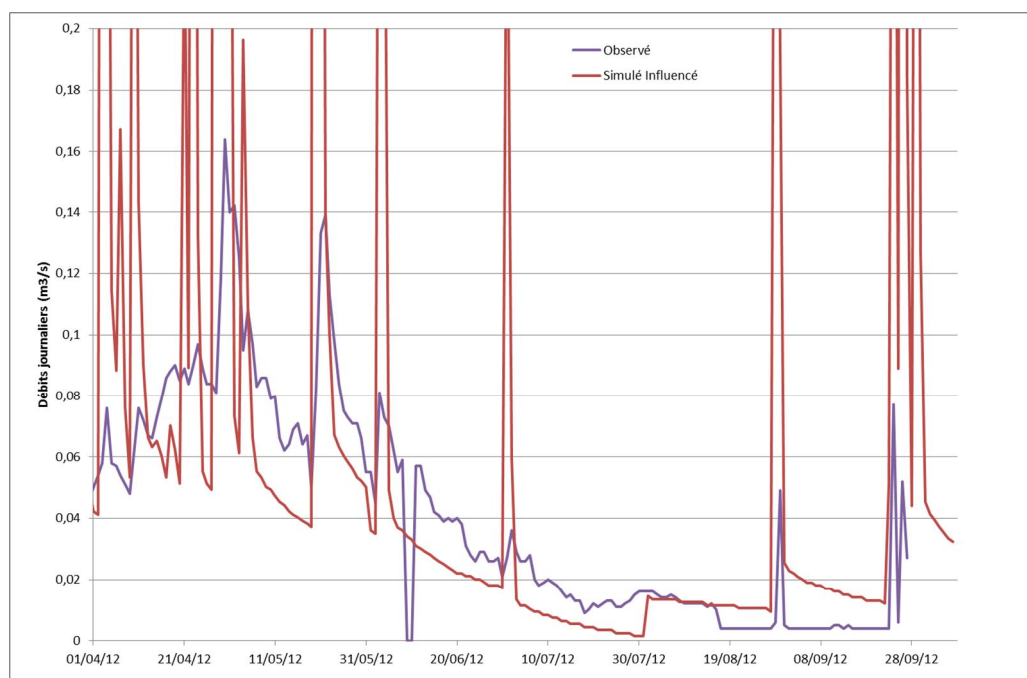


Illustration n°66: Débits journaliers simulés et observés sur la station à Grillon sur l'Aulière en 2012

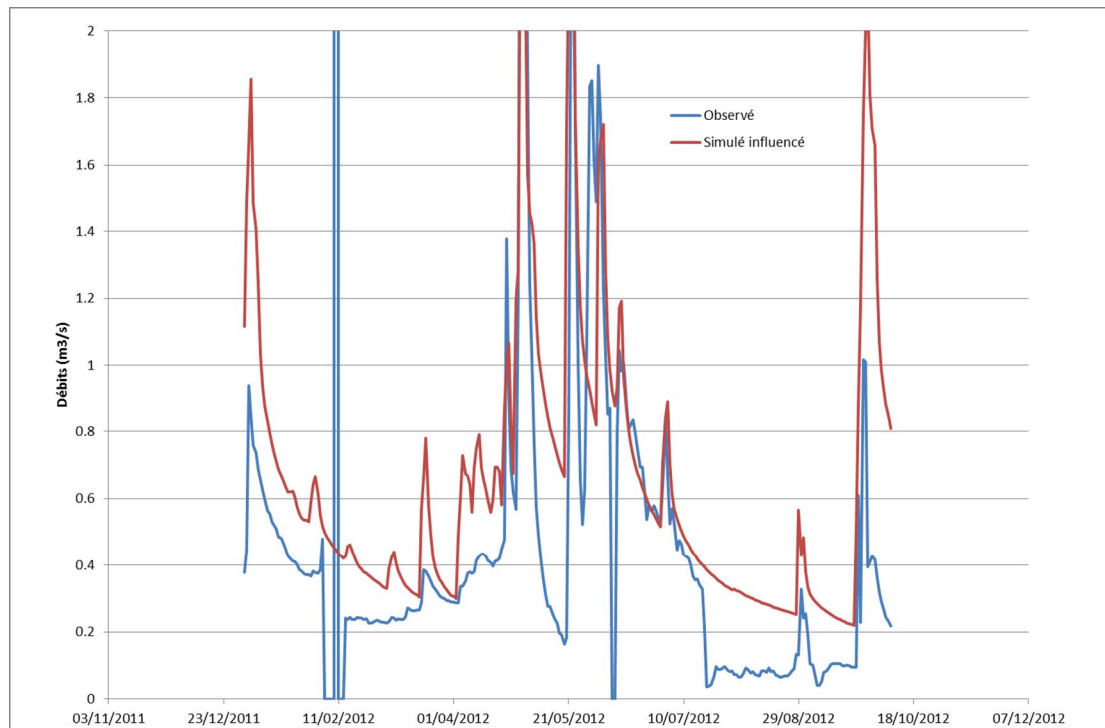


Illustration n°67: Débits journaliers simulés et observés sur la station à Taulignan sur le Lez en 2012

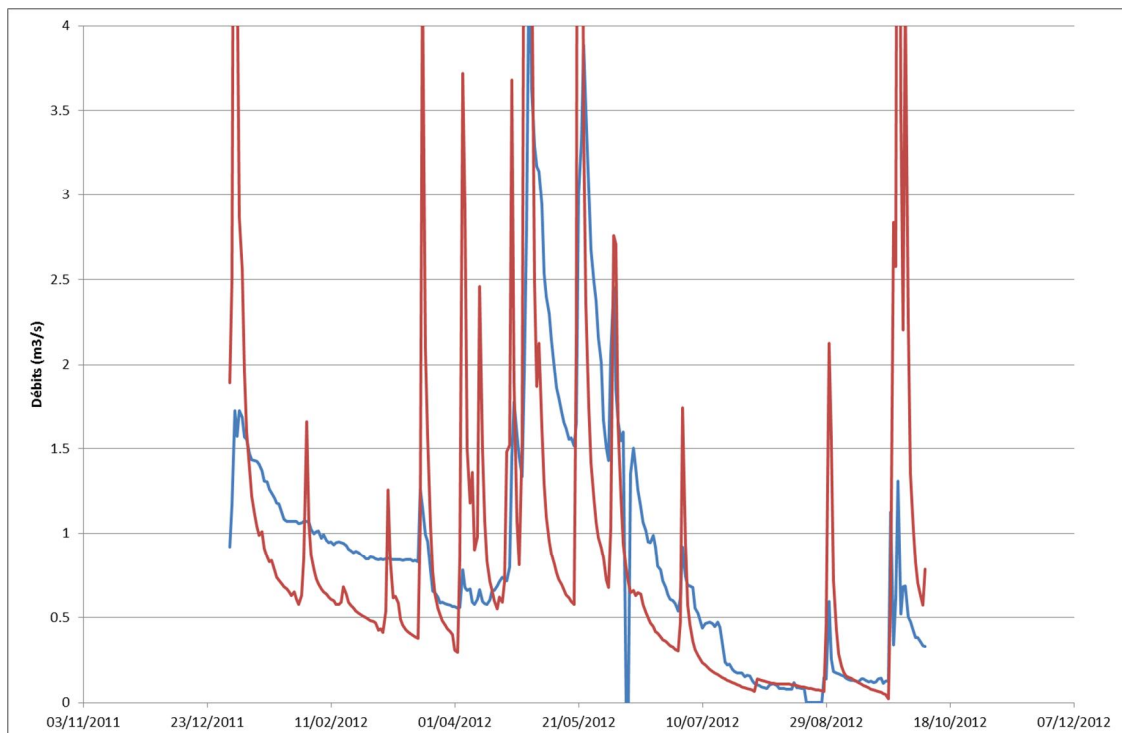


Illustration n°68: Débits journaliers simulés et observés sur la station à Suze la Rousse sur le Lez en 2012

La reconstitution des débits en 2012 sur les affluents Coronne et Aulière montre que le débit est bien reconstitué sur la station de Saint Panthaléon et sur la station de l'Aulière. Les écarts entre les débits journaliers sur ces stations sont de moins de 10 l/s.

Sur la station de Valréas, l'assec entre le 30 juillet et le 20 août n'est pas représenté par la modélisation. Le débit simulé est de 40 l/s. En effet, une modification du modèle afin de représenter l'assec de 2012 sur la Coronne aurait pour conséquence de provoquer des assecs prolongés en 2011. Il est donc choisi de conserver le calage même si la représentation de l'assec sur l'année 2012 n'est pas réalisée. Ceci peut s'expliquer par une mauvaise connaissance des prélèvements sur cette période.

La reconstitution des débits sur le Lez en 2012 montre que le débit est bien reconstitué. En effet, la décroissance des débits à la station de Taulignan est bien réalisée. Par contre, la station n'a pas fonctionné à partir de juillet, le débit chute de 200 l/s à 50 l/s sans explication. Il n'est donc pas possible de comparer les débits simulés et observés sur l'été 2012. Un jaugeage à tout de même été réalisé le 19 juillet mesurant 149 l/s. le débit simulé ce jour est de 300 l/s environ. Le débit est donc surestimé ce jour. Néanmoins, n'ayant que ce jaugeage ponctuel pour valider le modèle, il est choisi de conserver ce calage.

De plus, on remarque que les débits à Suze la Rousse sont très bien représentés lors de la décroissance printanière mais aussi durant la période d'été.

E.III ESTIMATIONS DES INCERTITUDES

La principale limite sur les résultats provient du fait que le calage du modèle a été réalisé sur une seule année. Les mesures, tout comme le modèle, peuvent être entachées d'erreur. Les données ROCA, disponible de 2004 à 2011, ont permis de valider le modèle sur les années antérieures.

De plus, la multiplicité des points de calage sur le bassin versant permet d'avoir une vision fine du fonctionnement hydrologique du bassin versant.

Il y a donc une incertitude sur les résultats, lié à ce manque de données sur des années antérieures à 2011. En fonction des résultats du modèle et de notre expertise, il a été estimé les incertitudes suivantes (par ordre croissant) :

- + ou - 10% d'erreur sur les moyennes annuelles ;
- + ou - 15% d'erreur sur les débits mensuels (débits moyen, QMNA) ;
- + ou - 20% d'erreur sur les débits moyens sur plus de 3 jours ;
- + ou - 30% d'erreur sur les débits journaliers d'été;
- Très fortes sur les débits de pointe de crue

E.IV RESULTATS DE LA RECONSTITUION DES DEBITS INFLUENCES

Une fois le calage du modèle réalisé sur l'année 2011, la modélisation a été lancée sur les 33 années (1976-2011) en prenant en compte le bilan des flux déterminé sur les années 2005 à 2011.

Le tableau suivant présente un certain nombre de quantiles avec prise en compte des prélèvements et des restitutions, pour chaque sous bassin versant du Lez.

BV	Cours d'eau	Surface BV (km ²)	Module (l/s)	QMNA5 (l/s)	VCN10 (l/s)	VCN3 (l/s)
1	Lez	108	1360	220	175	170
2		134	1270	0	0	0
3		156	1580	130	50	45
4	Coronne	57	380	40	20	15
5		111	760	80	35	30
6	Aulière	37	290	20	10	10
7	Hérin	41	220	10	6	5
8		73	490	60	30	30
9	Lez	301	2940	250	100	90
10		430	3680	300	130	110
11		X	X	X	X	X

Tableau n°17: Débits caractéristiques influencés du Lez

De plus, sur les bassins versants à l'aval, la reconstitution des débits entraîne la création de 5 années d'assecs dans les années 1980-1990 qui n'ont jamais été observés. Ce sont des assecs théoriques. Il est décidé de ne pas prendre en compte ces années d'assecs sur le calcul des quantiles ci-dessus. La même méthodologie sera réalisée pour les débits naturels.

Les débits sur le sous bassin versant BV11 (exutoire du Lez) ne sont pas déterminés car ce secteur est fortement artificialisé et est influencé par la nappe du Rhone. Il est ici impossible de reconstituer de manière fiable ces débits. Il en est de même pour les débits naturels.

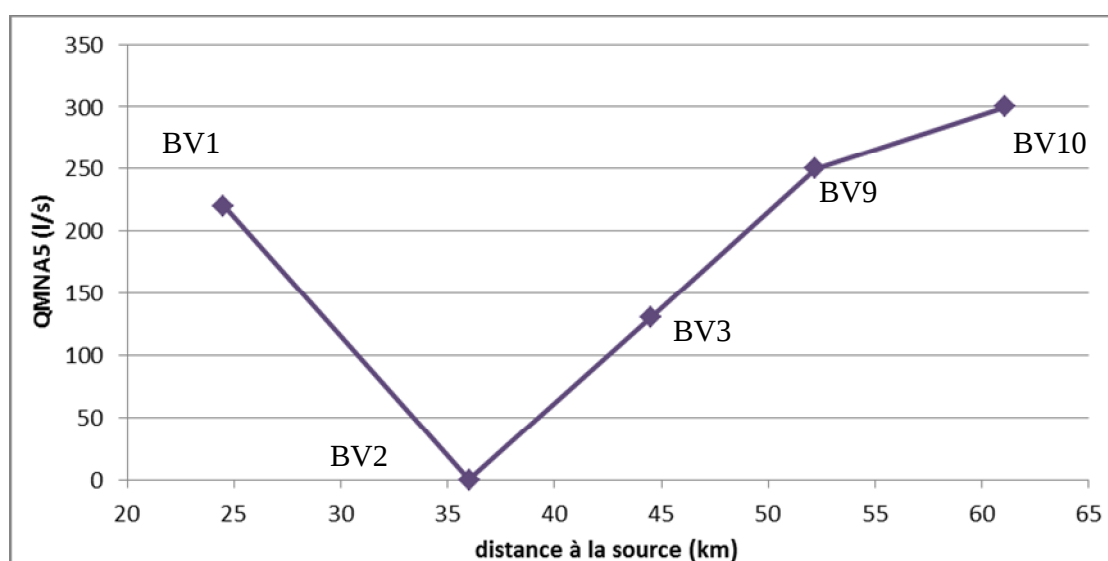


Illustration n°69: Débits caractéristiques influencés par rapport à la distance à la source

F. CONCLUSION

F.I QUALITE DU MODELE

La qualité du modèle global (ATHYS, module nappe et module prélèvements/ restitutions) mis en place est satisfaisante au regard des résultats sur l'année 2011 et pour les objectifs visés :

- Utilisable pour définir les débits naturels servant de base aux volumes prélevables ;
- Utilisable pour tester des scénarios et évaluer l'influence de certains facteurs et usages (taux de retour, restitution, importation), et donc de proposer un partage du volume prélevable et des solutions pour éventuellement mobiliser de nouvelles ressources.

Toutefois, il est à préciser que des incertitudes sont présentes sur l'estimation des débits de la nappe alluviale du Lez et sur les apports de la nappe régionale.

F.II RESULTATS DE LA RECONSTITUTION DES DEBITS NATURELS

Les débits naturels correspondent au débit influencé ajouté à l'ensemble des prélèvements et restitutions sur le bassin versant. Ils sont déduits des débits influencés précédemment présentés.

F.II.1 Compréhension globale du fonctionnement du bassin versant

En première approche, le bassin versant peut être sectorisé en trois parties :

- **Le bassin versant amont BV1** (Montagne de la Lance) où aucun assèchement n'est observé. Cette partie du bassin versant n'est pas rechargée par la nappe du Miocène et des alluvions. **Les débits ne sont assurés que par le ruissellement de surface et de sub-surface.**
- **Le bassin versant entre la sortie de la Montagne de la Lance et Grignan (BV2) où des assèchements sont visibles.** Ceci s'explique par la faiblesse des apports de débit de surface (la surface drainée augmente peu) et par des apports de la nappe régionale aussi très faibles (moins de 50 l/s). Dans le même temps, **la nappe alluviale se développe fortement** (capacité de 400 l/s), **ce qui favorise les infiltrations. Ces infiltrations n'étant pas compensées par de nouveaux apports** (ruissellement ou nappe régionale) le débit de la rivière diminue fortement en période estivale ;
- **Le bassin versant aval entre Montségur et Bollène (BV3, BV9, BV10).** Cette partie du bassin est **alimentée par les nombreux affluents (Coronne, Talobre, Hérin) et fortement rechargée par la nappe régionale.** Le débit de surface évolue de manière linéaire sur cette partie. La recharge de la nappe régionale alimente ainsi le débit de surface et assure donc un soutien d'étiage. A l'extremum et en période d'étiage sévère, **la nappe régionale apporte plus des 2/3 du débit disponible dans le système nappe alluviale/ rivière**

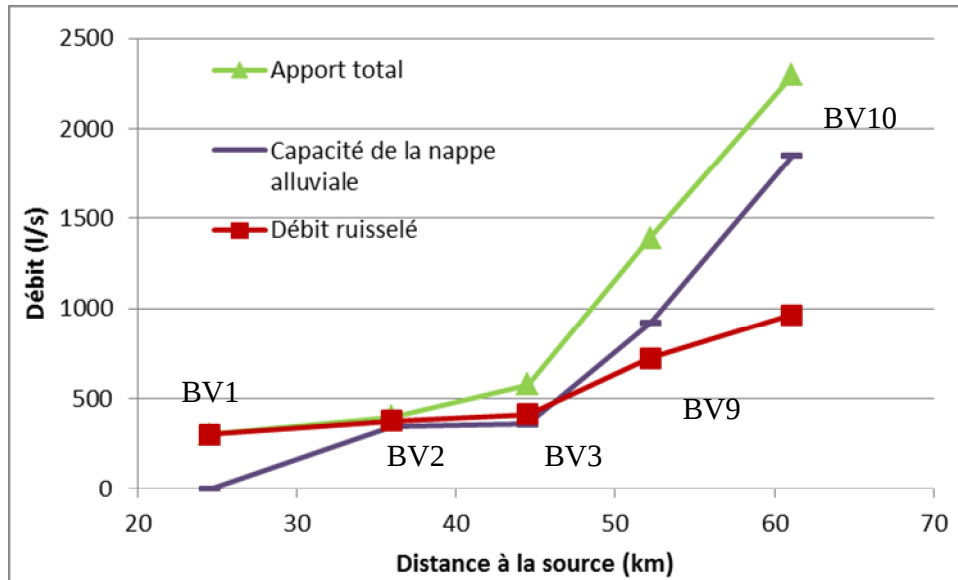


Illustration n°70: Profils en long des différentes composantes du débit pour le QMNA5

Les apports de la nappe régionale sont importants sur la Coronne et l'ohérin, ce qui permet de maintenir le débit, même en période d'étiage, et ce malgré une nappe alluviale qui a une extension importante (entre 150 et 350 l/s selon les bassins versant).

F.II.2 Résultats des débits naturels

Le tableau ci-dessous et les graphiques ci-après indique les débits naturels du Lez et des ces affluents principaux.

BV	Cours d'eau	Exutoire	Module (l/s)	QMNA5 (l/s)	VCN10-5 (l/s)	VCN3_5 (l/s)
1	Lez	Taulignan	1400 [1260-1540]	270 [230-310]	220 [180-260]	220 [170-260]
2		Grignan	1320 [1190-1450]	20 [15-25]	0 [0-0]	0 [0-0]
3		Amont Confluence Coronne	1630 [1470-1790]	180 [150-200]	80 [60-90]	70 [60-90]
4	Coronne	Valréas	380 [340-420]	40 [35-45]	20 [15-25]	20 [15-25]
5		Amont confluence Lez	740 [670-810]	70 [60-80]	20 [15-25]	10 [5-15]
6	Aulière	Amont confluence Coronne	290 [270-320]	40 [35-45]	20 [20-30]	20 [15-25]
7	Hérin	Amont rejet canal du comte	220 [190-240]	10 [5-15]	0	0
8		Amont confluence Lez	480 [430-520]	30 [25-35]	10 [10-20]	10 [5-15]
9	Lez	Amont confluence Hérin	3040 [2460-3010]	390 [330-450]	200 [160-240]	180 [140-220]
10		Bollène	3710 [3340-4080]	250 [210-290]	80 [60-100]	60 [50-70]

Tableau n°18: Débits caractéristiques naturels du Lez

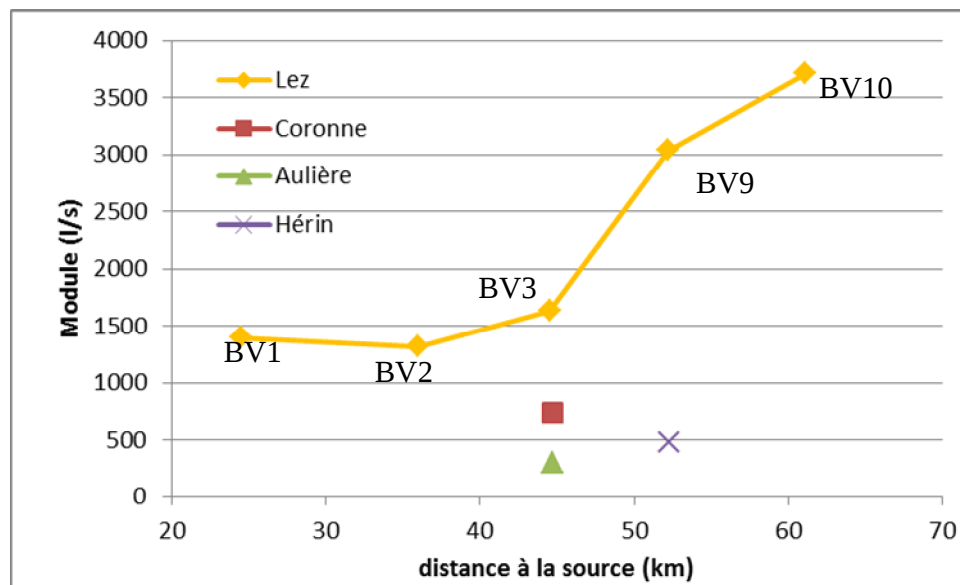


Illustration n°71: Profils en long du Lez et de ses affluents pour le module

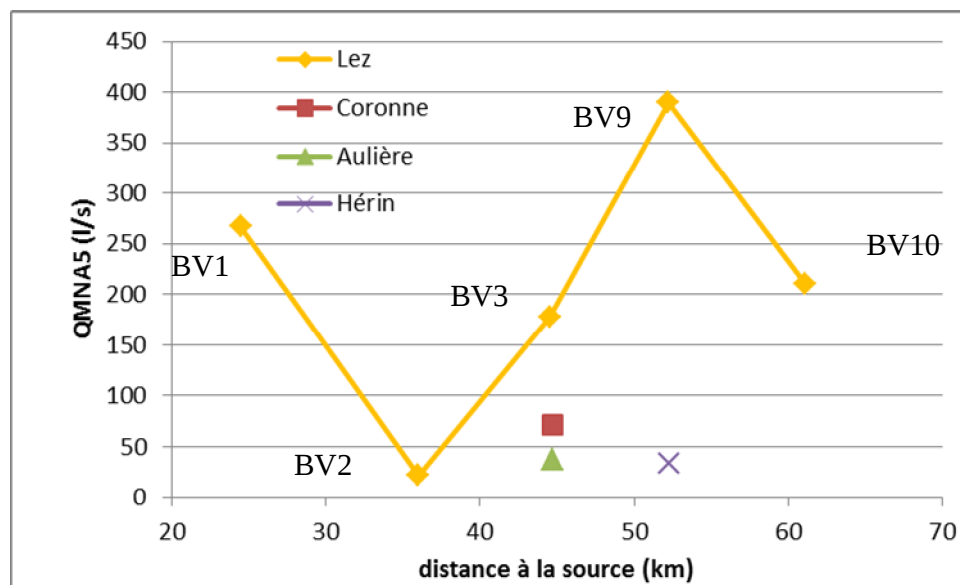


Illustration n°72: Profils en long du Lez et de ses affluents pour le QMNA5

❑ Analyse de la zone d'assec du Lez

Les éléments présentés confirment la présence d'un point singulier hydrologique entre Taulignan et Grignan. Dans ce secteur le risque d'assec naturel est avéré. L'extension spatiale de ces assecs est réduite car dès l'aval de Grignan (en amont de la confluence avec la Coronne) les débits remontent. La durée de ces assecs est aussi réduite à quelques jours.

Les assecs entre la sortie de la Montagne de la Lance et Grignan sont naturels. Ils sont susceptibles de surgir 12 années sur 36 soit une probabilité de 33% (en considérant des assecs de plus de 7 jours).

Durée de l'assec	Sur 1 journée	Sur plus de 7 jours	Sur plus de 30 jours
Risque chaque année avoir un assec à Grillon	58%	33%	6%

Tableau n°19: Débits caractéristiques naturels du Lez

❑ Autres secteurs sensibles

L'Herin amont et la Coronne aval avec un VCN 10_5 de l'ordre de 10 l/s présente aussi un risque d'assec naturel.

Les débits d'égout sévères (d'occurrence quinquennal) sont faibles (quelque litre /seconde) sur le Lez avant la Coronne et sur l'Aulière sans que cela ne génère d'assec.

F.II.3 Comparaison des débits influencés et des débits naturels

La comparaison des débits simulés et influencés montre que les prélèvements ont une influence sur l'ensemble du bassin versant. Néanmoins, cet impact est plus visible à partir de Montségur sur Lauzon (BV 3) jusqu'à Bollène (limite de la zone d'étude).

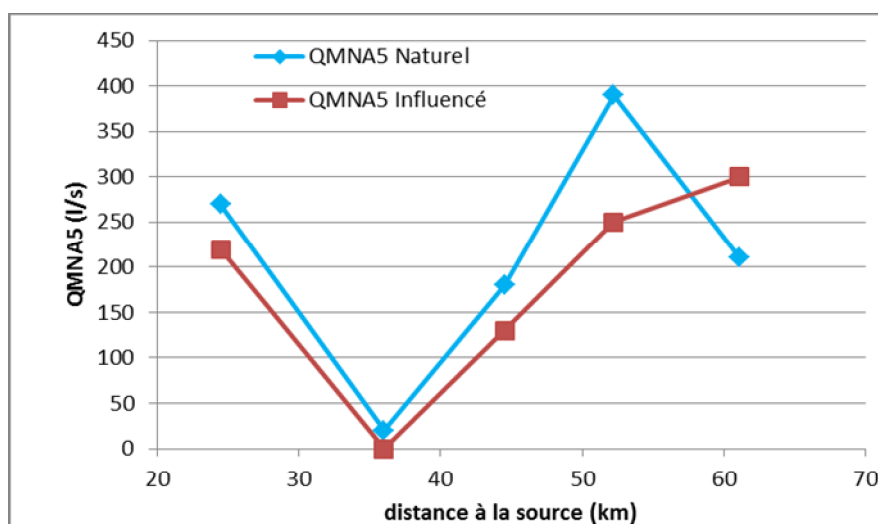


Illustration n°73: Comparaison du profil en long hydrographique naturel et influencé

F.II.4 Conclusion

L'analyse des débits naturels montre que :

- Le débit de la Coronne via l'Aulière contribue au débit d'été du Lez.
- La zone d'assec entre Taulignan et Grignan est naturelle. Les assecs sont prononcés et perdurent plus de 10 jours.
- En aval de Grignan, le débit augmente avec la superficie drainée. La recharge de la nappe régionale contribue au soutien du débit du Lez.



**ATTEINDRE
L'ÉQUILIBRE QUANTITATIF
EN AMÉLIORANT
LE PARTAGE
DE LA RESSOURCE EN EAU
ET EN ANTICIPANT
L'AVENIR**

ÉTUDES D'ESTIMATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES GLOBAUX

Les études volumes prélevables visent à améliorer la connaissance des ressources en eau locale dans les territoires en déficit de ressource.

Elles doivent aboutir à la détermination d'un volume prélevable global sur chaque territoire. Ce dernier servira par la suite à un ajustement des autorisations de prélèvement dans les rivières ou nappes concernées, en conformité avec les ressources disponibles et sans perturber le fonctionnement des milieux naturels.

Ces études sont également la première étape pour la définition de plans de gestion de la ressource et des étiages, intégrant des règles de partage de l'eau et des actions de réduction des prélèvements.

Les études volumes prélevables constituent une déclinaison opérationnelle du SDAGE et répondent aux objectifs de l'Orientation fondamentale 7 « Atteindre l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir ».

Elles sont menées par des bureaux d'études sur 70 territoires en déficit du bassin Rhône-Méditerranée.

Maître d'ouvrage :

- Syndicat mixte du bassin versant du Lez

Financeurs :

- Agence de l'eau Rhône-Méditerranée & Corse
- Fond européen de développement régional

Bureau d'études :

- CEREG Ingénierie
- Idées Eaux
- Lisode
- Hydriad
- Brigitte Lambey