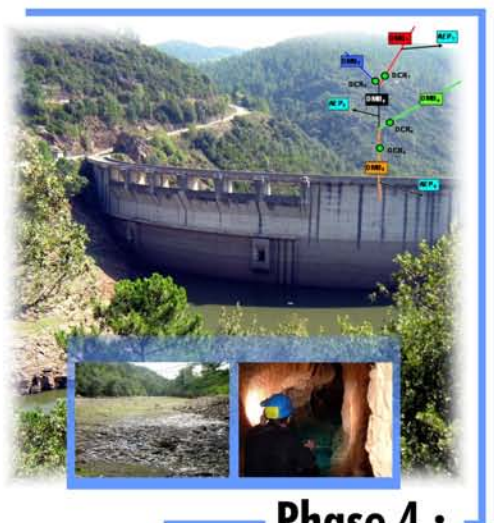


DÉTERMINATION DES VOLUMES PRÉLEVABLES MAXIMUM SUR LE BASSIN VERSANT DE LA CÈZE

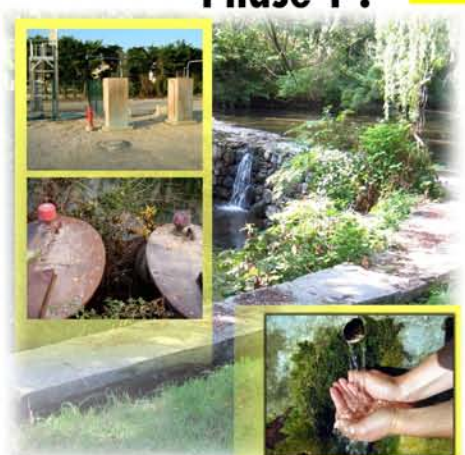
Phase 2 : Impact des prélèvements et quantification de la ressource



Phase 3 :



Phase 1 :



Phase 5 :



Phase 4 :

Mars 2011

Pour Citation :

BRLi, mars 2011. Détermination des volumes prélevables maximum sur le bassin versant de la Cèze. Rapport de phase 2 : Analyse de la ressource en eau. Rapport Final.

Photos de la couverture :

- Echelle limnimétrique sur la Cèze au pont de Saint-André-de-Roquepertuis. © BRLi, 2009.
- L'Homol en entrée du barrage de Sénéchas en période d'étiage. © BRLi, 2009.
- Mesures de débits réalisées par BRLi en septembre 2009 (Luech à Peyremale). © BRLi, 2009.
- Schéma de modèle pluie-ETP-débit. BRL, 2009.

DETERMINATION DES VOLUMES PRELEVABLES MAXIMUM SUR LE BASSIN VERSANT DE LA CEZE

Rapport de phase 2 : Analyse de la ressource en eau

1. ANALYSE DE LA PLUVIOMETRIE SUR LE BASSIN VERSANT DE LA CEZE	5
1.1 Données utilisées	5
1.2 Reconstitution des pluies sur le bassin versant	6
2. ANALYSE DES DONNEES DEBITMETRIQUES DISPONIBLES	9
2.1 Terminologie	9
2.2 Stations hydrologiques en place	9
2.2.1 Liste des stations utilisées	9
2.2.2 Cas de l'ouvrage de régulation principal situé sur le bassin versant de la Cèze : le barrage de Sénéchas.	12
2.3 Analyse de la précision des stations hydrométriques	13
2.3.1 Sensibilité de mesure	13
2.3.2 Représentativité de la courbe de tarage	15
2.3.3 Qualité de la mesure	16
2.3.4 Tableau de synthèse	16
2.4 Analyse des débits mesurés aux stations	16
2.4.1 Débits influencés reconstitués de la Cèze entrants dans le barrage de Sénéchas	17
2.4.2 Débits observés à la station hydrométrique de la Cèze à Bessèges	18
2.4.3 Débits observés à la station hydrométrique de la Cèze à La-Roque-sur-Cèze	19
2.4.4 Débits observés à la station hydrométrique de la Cèze à Chusclan	20
2.4.5 Débits observés à la station hydrométrique de la Ganière à Banne	22
2.4.6 Débits observés à la station hydrométrique de l'Auzonnet aux Mages	23
2.4.7 Bilan des débit influencés le long de la Cèze	24
2.5 Bilan des jaugeages effectués au cours de l'étiage 2009	25

3. DETERMINATION DES DEBITS NATURELS AU DROIT DE POINTS DE REFERENCES DU BASSIN VERSANT DE LA CEZE	31
3.1 Points de référence retenus par le Consultant	31
3.2 Détermination de débits naturels	34
3.2.1 Présentation du modèle GR2M et naturalisation des débits	34
3.2.2 C1 : La Cèze en entrée du barrage de Sénéchas	36
3.2.3 A2 : La Ganière	39
3.2.4 A1 : Le Luech	43
3.2.5 C3 : La Cèze à La-Roque-sur-Cèze	47
3.2.6 Méthode pour la détermination des débits sur les points intermédiaires entre Bessèges et La-Roque-sur-Cèze	50
3.2.7 A3 : L'Auzon	53
3.2.8 A4 : La Claysse	55
3.2.9 C2 : La Cèze à Tharoux	57
3.2.10 A5 : L'Aiguillon	60
3.2.11 C4 : La Cèze à Chusclan	62
3.2.12 A6 : La Tave	65
3.2.13 Bilan des résultats obtenus aux différents points de références	67
4. MISE EN PERSPECTIVE DES PRELEVEMENTS NETS ET DE LA RESSOURCE	73
4.1 Bilan prélèvements / ressource à Sénéchas (C1)	75
4.2 Bilan prélèvements / ressource pour le bassin du Luech (A1)	75
4.3 Bilan prélèvements / ressource pour le bassin de la Ganière (A2)	76
4.4 Bilan prelevements / ressource pour le bassin de l'Auzon (A3)	76
4.5 Bilan prelevements / ressource pour le bassin de la Claysse (A4)	77
4.6 Bilan prelevements / ressource à Tharoux (C2)	77
4.7 Bilan prelevements / ressource pour le bassin de l'Aiguillon (A5)	78
4.8 Bilan prélèvements / ressource à La-Roque-sur-Cèze (C3)	79
4.9 Bilan prelevements / ressource à Chusclan (C4)	79
4.10 Bilan prelevements / ressource pour le bassin de la Tave (A6)	80
5. BIBLIOGRAPHIE	81

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

Figure 1 : Balance des équilibres entre les ressources en eau et les quantités prélevées.	1
Figure 2 : Phasage de l'étude de détermination des volumes prélevables maximum sur le bassin versant de la Cèze.	3
Figure 3 : Localisation des stations pluviométriques et de mesure d'ETP utilisées par le Consultant.	5
Figure 4 : Pluviométrie mensuelle calculée sur le bassin versant de la Cèze.	6
Figure 6 : 15 stations de mesure de la Banque HYDRO.	10
Figure 7 : Sensibilité de la station sur la Cèze à Bessèges (export BAREME).	14
Figure 8 : Sensibilité de la station sur la Gagnière à Banne (export BARAME).	14
Figure 9 : Courbe de tarage et dispersion des jaugeages pour la station de Bessèges (Exports logiciel BAREME).	15
Figure 10 : Comparaison des débits observés à La-Roque-sur-Cèze et Chusclan, période 1994-2001 (m3/s).....	21
Figure 11 : Schéma bilan des débits (en l/s) observés aux stations et au niveau du barrage de Sénéchas, statistiques réalisées sur la période 1994-2001 (période commune à toutes les observations).	24
Figure 12 : Bilan des jaugeages 21-23 juillet 2009.	27
Figure 13 : Bilan des jaugeages 23-27 juillet 2009.	29
Figure 14 : Bilan des jaugeages 22-23 septembre 2009.	30
Figure 15 : Les différents points de bilan sur le bassin versant de la Cèze.....	33
Figure 16 : Principe d'un modèle Pluie-ETP-Débit.....	34
Figure 17 : Débit naturel reconstitué et débit naturel simulé par GR2M sur la période de validation (1997-2005) sur la Cèze en entrée du barrage de Sénéchas (en m3/s).	37
Figure 18 : Débit d'étiage naturel reconstitué et naturel simulé sur la période de validation (1997-2005) sur la Cèze en entrée du barrage de Sénéchas (en m3/s).....	37
Figure 19 : Débit naturel reconstitué et débit naturel simulé sur la période de validation (1997-2005) sur la Ganière à Banne (en m3/s).....	40
Figure 20 : Débit d'étiage naturel reconstitué et naturel simulé sur la période de validation (1997-2005) sur la Ganière à Banne (en m3/s).....	40
Figure 21 : Débit naturel reconstitué et débit naturel simulé sur la période de validation (1997-2005) sur la Cèze à Bessèges (en m3/s).....	43
Figure 22 : Débit d'étiage naturel reconstitué et naturel simulé sur la période de validation (1997-2005) sur la Cèze à Bessèges (en m3/s).....	44
Figure 23 : Présence de failles géologiques (traits noirs) à l'aval du bassin versant du Luech.	45
Figure 24 : Mesure du débit du Luech et estimation des retours au cours d'eau (mesure été 2009, l/s).	45
Figure 25 : Débit naturel reconstitué et débit naturel simulé sur la période de validation (1997-2002) sur la Cèze à La-Roque-sur Cèze (en m3/s).	47
Figure 26 : Débit d'étiage naturel reconstitué et naturel simulé sur la période de validation (1997-2002) sur la Cèze à La-Roque-sur Cèze (en m3/s).	48
Figure 27 : Diminution du débit de la Cèze entre Rivières et Tharoux en relation avec le débit de la Cèze à Rivières lors des étiages 2008 et 2009 (CNRS, 2009)	51
Figure 28 : Diminution des débits de la Cèze entre Rivières et Tharoux, parts des prélèvements et des pertes (CNRS, BRLi).....	52
Figure 29 : Débits mensuels « perdus » par la Cèze à Tharoux, dans l'aquifère karstique, en année moyenne et en année quinquennale sèche (m3/s).	57
Figure 30 : Débit naturel reconstitué et débit naturel simulé sur la période de validation (1997-2002) sur la Cèze à Chusclan (en m3/s).....	62

Figure 31 : Débit d'étiage naturel reconstitué et naturel simulé sur la période de validation (1997-2002) sur la Cèze à Chusclan (en m ³ /s).....	63
Figure 32 : Comparaison des débits naturels reconstitués dans la présente étude (VP) et le PGCR au niveau du barrage de Sénéchas (Homol + Cèze Amont), en m ³ /s.	69
Figure 33 : Comparaison des débits naturels reconstitués dans l'étude Volumes Prélevables (VP) et le PGCR, BV du Luech, en m ³ /s.....	70
Figure 34 : Comparaison des débits naturels reconstitués dans l'étude Volumes Prélevables (VP) et le PGCR, Cèze à La-Roque-sur-Cèze, en m ³ /s.	70
Figure 35 : Comparaison des débits naturels reconstitués dans l'étude Volumes Prélevables (VP) et le PGCR, BV de la Tave, en m ³ /s.....	71
Figure 36 : Schéma bilan des débits naturels simulés aux différents points de référence (en l/s).	72
Figure 37 : Bilan prélèvements nets / débit naturel reconstitué au niveau de Sénéchas, mois quinquennaux secs.	75
Figure 38 : Bilan prélèvements nets / débit naturel reconstitué sur le bassin versant du Luech, mois quinquennaux secs.	75
Figure 39 Bilan prélèvements nets / débit naturel reconstitué sur le sous-bassin de la Ganière, mois quinquennaux secs.	76
Figure 40 : Bilan prélèvement nets / débit naturel reconstitué au niveau du bassin versant de l'Auzon, mois quinquennaux secs.	76
Figure 41 : Bilan prélèvements nets / débit naturel reconstitué sur le bassin versant de la Claysse, mois quinquennaux secs.	77
Figure 42 : Bilan prélèvements nets / débit naturel reconstitué au niveau du pont de Tharoux, mois quinquennaux secs.	77
Figure 43 : Bilan prélèvement nets / débit naturel reconstitué sur le bassin versant de l'Aiguillon, mois quinquennaux secs.	78
Figure 44 : Bilan prélèvements nets / débit naturel reconstitué à La-Roque-sur-Cèze, mois quinquennaux secs.	79
Figure 45 : Bilan Prélèvements nets / débit naturel reconstitué à Chusclan, mois quinquennaux secs.	79
Figure 46 : Bilan Prélèvements nets / débit naturel reconstitué sur le bassin versant de la Tave, mois quinquennaux secs.	80

TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des stations pluviométriques utilisées par le Consultant.....	5
Tableau 2 : Pluviométrie mensuelle calculée sur les sous-bassins versants de la Cèze (en mm/mois).	7
Tableau 3 : Liste des stations hydrométriques du bassin versant (stations possédant plus de 9 années de mesure surlignées en jaune).	11
Tableau 4 : Retenues collinaires sur le bassin versant de la Cèze.	13
Tableau 5 : Caractéristiques de précision des principales stations hydrométriques utilisées	16
Tableau 6 : Dates des jaugeages réalisés au cours de l'été 2009.	25
Tableau 7 : Précipitations sur le bassin versant les jours de réalisation des jaugeages de juillet, août et septembre 2009 (en mm/jour).	26
Tableau 8 : Point de référence sur le bassin versant de la Cèze retenus par le Consultant.....	31
Tableau 9 : Validation de l'utilisation de GR2M pour la station de l'Auzonnet aux Mages.	35
Tableau 10 : Validation de l'utilisation de GR2M pour la station C1 en entrée du barrage de Sénéchas.....	36
Tableau 11 : Prélèvements en AEP sur le BV6.	39
Tableau 12 : Validation de l'utilisation de GR2M pour la station A2 de la Ganière à Banne.....	39
Tableau 13 : Validation de l'utilisation de GR2M pour la station de la Cèze à Bessèges.	43
Tableau 14 : Validation de l'utilisation de GR2M pour la station de la Cèze à La-Roque-sur-Cèze.....	47
Tableau 15 : Validation de l'utilisation de GR2M pour la station de la Cèze à Chusclan.	62

Tableau 16: Tableau bilan des débits naturels reconstitués aux différents points de référence (valeurs de débits en m ³ /s)	68
Tableau 17 : Comparaison entre les débits naturels et les prélèvements amont, en juillet (en l/s).	74
Tableau 18 : Comparaison entre les débits naturels et les prélèvements amont, en août (en l/s).	74

PHOTOS

Photo 1 : Remous provoqués par des pertes karstiques en amont de la confluence avec le Claysse.	52
--	----

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

AEP	Alimentation en Eau Potable
ASA	Association Syndicale Autorisée
BDD	Base de Données
BV	Bassin Versant
CG30	Conseil Général du Gard
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DIREN	Direction Régionale de l'Environnement
DMB	Débit Minimum Biologique
DOE	Débit Objectif d'Etiage
ETP	Evapotranspiration
Mm ³	Million de m ³
ONEMA	Office Nationale de l'Eau et des Milieux Aquatiques
PGCR	Protocole de Gestion Concertée de la Ressource
QMNA	Valeur du débit mensuel d'étiage atteint par un cours d'eau pour une année donnée
RMC	Rhône Méditerranée Corse
VCN	Débit moyen minimal sur x jours consécutifs
VP	Volumes Prélevables
ZC	Zone Climatique
ZRE	Zone de Répartition des Eaux

PREAMBULE

CONTEXTE

Le bassin versant de la Cèze est soumis à des étiages sévères. Ces étiages, récurrents, mettent en évidence un **déséquilibre structurel entre offre et demande en eau** en période estivale.

Le rétablissement de l'équilibre entre offre et demande en eau est un objectif affiché par le plan national de gestion de la rareté de l'eau¹. Cet objectif s'inscrit aussi pleinement dans celui, plus large, de la **mise en œuvre de la DCE**². Cette dernière exige l'atteinte du bon état des ressources en eau à l'horizon 2015, et pour ce faire le rétablissement de l'équilibre offre/demande en eau.

Pour atteindre le bon état des eaux, il est en effet essentiel d'obtenir cet équilibre entre les ressources en eau (l'offre) et les quantités prélevées (la demande), illustré par la Figure 1 ci-contre.

L'adoption de nouveaux comportements est une priorité : ils sont fondés sur le partage de l'eau. C'est pour cela que des études sur les « volumes prélevables » ont été initiées par l'Agence de l'Eau RMC, aux côtés des services de l'Etat, dans chaque territoire déficitaire en eau.

La date à laquelle le volume total autorisé sur un bassin ne devra plus dépasser ce « volume prélevable » ne pourra en aucun cas excéder le 31 décembre 2014.³

La notion de **volume prélevable** est au cœur de la démarche du rétablissement de l'équilibre offre / demande en eau. Défini de manière simplifiée, le volume prélevable sur un bassin donné est la différence entre la ressource disponible (ressource naturelle et volumes de régulations éventuellement disponibles) et ce qu'il est souhaitable de laisser dans le milieu pour garantir son bon état.⁴

➔ La présente étude a ainsi pour premier objectif d'établir un **bilan entre la ressource en eau et les besoins de prélèvement en eau** (agriculture, eau potable, industrie et milieu naturel) afin de caractériser la pression exercée actuellement sur le milieu et de déterminer les volumes prélevables à l'avenir.

Figure 1 : Balance des équilibres entre les ressources en eau et les quantités prélevées.



Source : BRLi.

¹ Voir CGAAER & IGE (2007).

² Directive Cadre sur l'Eau : Directive du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Voir par exemple la synthèse suivante : http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environment/128002b_fr.htm.

³ Voir MEEDDAT (2008).

⁴ Extrait de MEEDDAT (2008) : « Le volume prélevable est le volume que le milieu est capable de fournir dans des conditions écologiques satisfaisantes... ».

Conscients des déséquilibres existants sur la Cèze, le Syndicat Mixte ABCèze, et les acteurs de l'eau et les partenaires techniques concernés par le bassin versant de la Cèze, ont décidé de lancer un Protocole de Gestion Concertée de la Ressource (PGCR) en 2007. Malheureusement, la démarche s'est retrouvée bloquée par le manque de données disponibles sur le bassin pour permettre de fixer des objectifs précis de gestion de l'eau. La présente étude permettra donc notamment de préciser et clarifier certains points n'ayant pas été totalement éclaircis dans le cadre de l'étude du PGCR, avec l'aide de nouvelles données et de nouveaux outils d'aide à la décision.⁵

→ Dans la présente étude, le traitement des données collectées (y compris via l'utilisation de modèles pluie-ETP-débit) permettra de déterminer des volumes maximum prélevables par sous-bassin versant de la Cèze ; ainsi que des Débits Objectifs d'Etiage (DOE) associés. Ces volumes prélevables seront à la base de la concertation entre les usagers.

PHASAGE

L'étude de détermination des volumes prélevables maximum sur le bassin versant de la Cèze se décompose en 5 phases (voir Figure 2).

- ▶ Phase 1 : Bilan des prélèvements existants, analyse de l'évolution ;
- ▶ Phase 2 : Analyse de la ressource en eau ;
- ▶ Phase 3 : Détermination du débit minimum biologique ;
- ▶ Phase 4 : Détermination des volumes prélevables et des débits objectif d'étiage ;
- ▶ Phase 5 : Proposition de répartition des volumes entre les usages.

Le présent rapport correspond à la phase 2 de l'étude.

PHASE 2

La phase 2 de l'étude a pour objectif d'analyser le fonctionnement hydraulique du bassin versant de la Cèze, en étudiant notamment en un certain nombre de points du bassin les débits mesurés, les débits observés reconstitués et/ou les débits naturels reconstitués.

Cette phase 2 fait ainsi appel à des outils d'aide à la décision, en particulier des outils de modélisation. La difficulté de cette phase réside notamment dans l'explicitation des méthodes et hypothèses utilisées pour la reconstitution des débits, sur le bassin versant de la Cèze, dont certains aspects de son fonctionnement restent méconnus.

Cette Phase 2 a utilisée les résultat de la phase 1 de l'étude⁶ et a été menée en plusieurs temps :

- ▶ analyse de la pluviométrie sur le bassin versant de la Cèze,
- ▶ analyse des débits observés sur le bassin versant de la Cèze,
- ▶ détermination des débits naturels au droit de points de références du bassin versant de la Cèze,
- ▶ comparaison ressource/prélèvements.

⁵ Voir BRLi (2007), BRLi (2008b) et BRLi (2009a).

⁶ Voir BRLi (2011).

Figure 2 : Phasage de l'étude de détermination des volumes prélevables maximum sur le bassin versant de la Cèze.



Source : BRLi.

1. ANALYSE DE LA PLUVIOMETRIE SUR LE BASSIN VERSANT DE LA CEZE

1.1 DONNEES UTILISEES

Parmi les stations pluviométriques de Météo France existant sur le bassin versant de la Cèze, 11 stations ont été sélectionnées (pour leurs emplacements et la longueur des séries de données disponibles). Elles sont localisées sur la [Figure 3](#) ci-dessous et présentées dans le [Tableau 1](#) suivant. La station d'évapotranspiration (ETP) utilisée pour estimer l'ETP sur le bassin versant de la Cèze est aussi présentée sur la [Figure 3](#) ci-dessous.

Figure 3 : Localisation des stations pluviométriques et de mesure d'ETP utilisées par le Consultant.



Source : BRLi, d'après Météo France (2010).

Tableau 1 : Liste des stations pluviométriques utilisées par le Consultant.

Nom station	Code station	Commune d'implantation	X	Y	Mise en service	Année fin
LA GRANDE VIGNE	07033001	Bessas	757200	1929200	01/11/1933	En service
COLOMBIER	07334001	Les Vans	742900	1935700	01/06/1959	En service
ROUTE D'ALES	30076001	Cavillargues	774800	1904000	01/07/1960	En service
GENDARMERIE	30130001	Génolhac	728900	1929400	01/01/1887	En service
CAMPING	30175001	Montclus	766400	1919900	01/01/1961	En service
AERODROME	30209002	Pujaut	794300	1891700	01/06/1988	En service
CLOS DE CUBIERE	30221001	Roquemaure	796300	1897000	01/01/1886	2000
USINE-PECHINEY	30305001	Salindres	745300	1909900	01/01/1881	En service
LE BOUYAS	30331001	Tresques	781200	1905000	01/01/1972	En service
SOLEYROLS	48194002	Vialas	722000	1926900	01/01/1973	1986
LE BOS	48194005	Vialas	724400	1926600	01/10/1986	2006

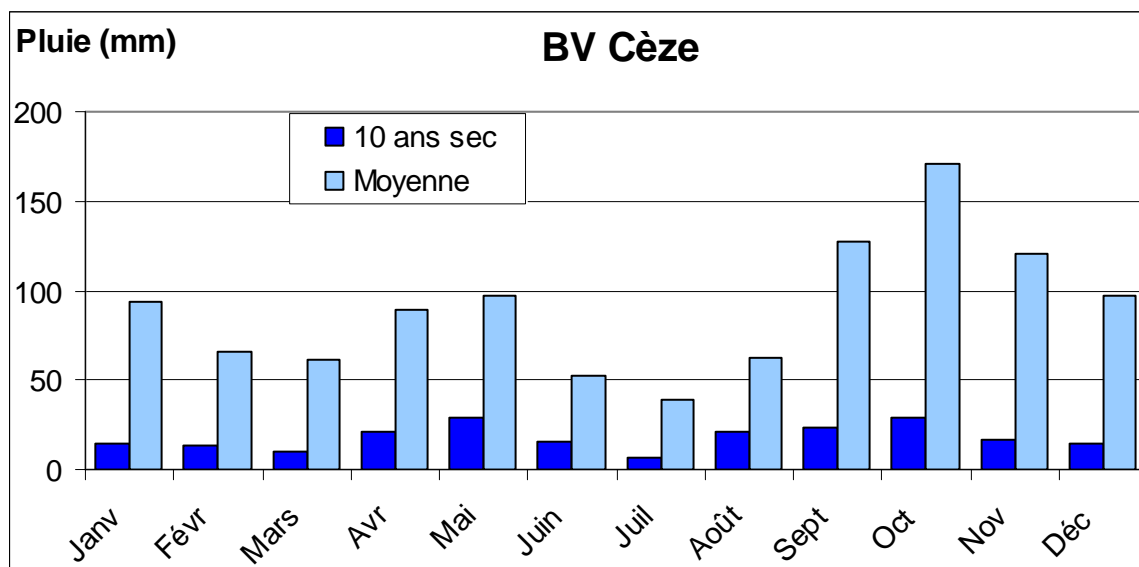
Source : Météo France (2010).

Les données utilisées sont les pluies mensuelles de 1974 à 2008 (35 années). Lorsque les données disponibles ne couvraient pas cette période, elles ont pu être complétées par des données de stations proches. Cela a été le cas pour les stations Clos de Cubière et Aérodrome, ainsi que pour celles de Soleyrols et Le Bos.

1.2 RECONSTITUTION DES PLUIES SUR LE BASSIN VERSANT

A partir des observations sur les 11 stations retenues, la spatialisation des pluies par sous-bassin versant de la Cèze⁷ a été réalisée par la méthode des polygones de Thiessen. Les résultats obtenus sont présentés dans la [Figure 4](#) ci-dessous, concernant le bassin versant de la Cèze dans son intégralité, et dans le [Tableau 2](#) et la [Figure 5](#) suivants, concernant les sous-bassins versants.

Figure 4 : Pluviométrie mensuelle calculée sur le bassin versant de la Cèze.



Source : BRLi.

Les valeurs présentées dans le [Tableau 2](#) et la [Figure 5](#) sont des statistiques réalisées sur les 35 valeurs de pluies mensuelles pour chaque mois. Par exemple, la valeur appelée « 5 ans humide » pour un mois donné correspondra à la valeur de pluie qui ne sera dépassée qu'une année sur 5, soit la septième valeur de pluie la plus grande parmi les 35 valeurs mensuelles.

En règle générale, les précipitation neigeuses, si elles sont importantes, peuvent perturber le fonctionnement du modèle. En effet, les précipitations tombées sous forme de neige ne donnent pas lieu à un écoulement immédiat et rapide (à l'échelle de la journée) mais à un écoulement différé et lent, au moment de la fonte des neiges (diminué de la partie du manteau neigeux sublimé ou infiltré). Or, il n'existe pas de station mesurant la hauteur de neige tombée au niveau du bassin versant (la station EDF présente au Mas de la Barque mesure uniquement la pluie⁸). Cependant, au moins 95 % du bassin versant de la Cèze se situant à moins de 800 m d'altitude, la proportion du bassin concernée par d'importantes chutes de neige est donc faible. Les précipitations neigeuse ont donc pu être négligées dans la présente étude.

La précipitation sera une des données d'entrée du modèle utilisé pour la modélisation des débits.⁹

⁷ Voir le rapport de phase 1 et la [Figure 5](#) pour une délimitation précise de ces sous-bassins.

⁸ Référence : Desaint (EDF Trading Ltd).

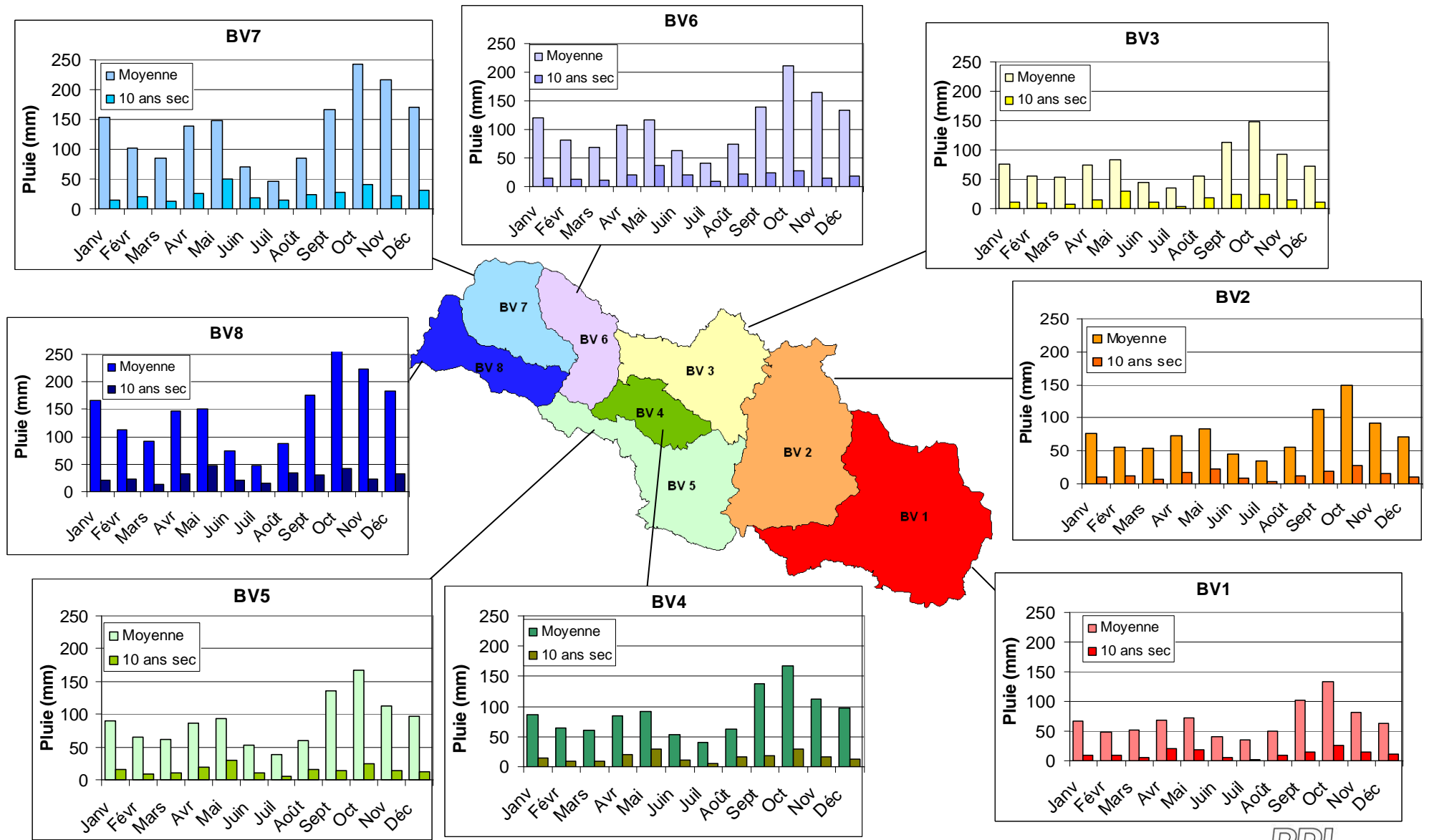
⁹ Voir section [3.2.1](#), ainsi que l'[Annexe 1](#) pour la description du modèle GR2M.

Tableau 2 : Pluviométrie mensuelle calculée sur les sous-bassins versants de la Cèze (en mm/mois).

BV1													
	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
20 ans humide	139	143	113	150	167	99	118	94	237	333	223	147	1227
10 ans humide	121	91	108	127	122	86	71	90	204	267	155	129	1098
5 ans humide	108	78	81	109	109	58	60	78	169	189	131	93	939
Moyenne	67	49	52	68	72	41	36	49	101	134	81	63	811
5 ans sec	23	17	18	24	28	14	8	16	28	48	23	14	614
10 ans sec	9	9	5	20	18	6	2	9	15	26	15	11	558
20 ans sec	4	3	3	18	14	4	1	8	11	16	10	7	492
BV2													
	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
20 ans humide	178	137	126	161	190	124	78	98	282	327	238	177	1301
10 ans humide	149	105	117	138	156	94	72	90	236	303	188	157	1215
5 ans humide	133	92	83	111	117	65	63	81	161	236	138	111	1086
Moyenne	77	55	53	73	83	45	35	56	114	149	93	71	902
5 ans sec	17	15	21	27	28	14	10	27	35	60	30	14	741
10 ans sec	10	12	6	18	22	9	3	12	20	27	15	10	599
20 ans sec	4	3	3	16	16	1	1	9	13	13	10	8	556
BV3													
	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
20 ans humide	198	146	126	165	215	132	88	142	304	347	251	184	1431
10 ans humide	188	117	107	150	175	102	68	123	257	317	222	173	1319
5 ans humide	145	102	94	114	134	66	65	102	189	244	174	149	1188
Moyenne	84	59	55	77	91	51	40	66	127	158	105	84	998
5 ans sec	23	17	21	27	35	20	15	24	37	72	29	18	776
10 ans sec	11	9	7	15	29	11	4	19	23	25	15	10	670
20 ans sec	4	5	5	11	24	6	3	12	13	13	9	8	638
BV4													
	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
20 ans humide	202	168	149	185	205	118	100	124	357	338	257	231	1508
10 ans humide	191	135	136	160	178	94	87	106	322	320	240	210	1319
5 ans humide	149	108	90	127	139	87	75	93	205	283	193	172	1188
Moyenne	87	64	61	84	92	53	41	62	137	168	112	97	998
5 ans sec	26	22	22	37	34	22	11	28	41	63	26	16	776
10 ans sec	14	9	9	20	29	11	5	17	18	29	17	13	670
20 ans sec	3	6	4	10	23	6	4	11	11	20	12	10	638
BV5													
	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
20 ans humide	211	173	151	189	208	117	99	114	357	340	255	233	1531
10 ans humide	194	136	143	167	180	99	88	103	326	321	249	214	1491
5 ans humide	155	111	90	122	143	86	79	91	193	293	201	179	1295
Moyenne	89	65	62	87	94	53	39	60	135	167	112	97	1060
5 ans sec	29	23	22	36	36	23	7	23	40	63	23	15	816
10 ans sec	15	9	10	20	29	11	5	15	15	24	15	13	715
20 ans sec	4	6	4	11	24	6	2	5	3	8	8	8	607
BV6													
	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
20 ans humide	274	219	153	247	277	131	96	210	342	410	394	336	1961
10 ans humide	253	152	124	234	252	123	87	148	306	383	349	262	1715
5 ans humide	198	141	116	185	173	99	57	107	236	362	313	257	1600
Moyenne	120	81	69	108	117	64	41	75	138	212	165	134	1322
5 ans sec	36	30	20	39	50	27	20	28	35	85	31	23	1055
10 ans sec	14	12	12	21	38	21	10	21	25	28	16	19	885
20 ans sec	7	9	3	13	26	8	9	17	19	13	12	15	851
BV7													
	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
20 ans humide	405	230	213	322	333	143	114	227	434	483	514	439	2395
10 ans humide	292	185	159	284	300	118	88	170	369	450	507	347	2186
5 ans humide	237	169	134	243	226	103	68	111	261	386	344	287	1990
Moyenne	153	101	85	140	148	71	47	86	166	243	216	171	1627
5 ans sec	51	44	30	42	77	26	22	30	39	107	44	40	1173
10 ans sec	14	21	13	26	50	19	15	23	28	40	23	31	1081
20 ans sec	9	14	3	24	32	15	10	23	24	22	17	20	1062
BV8													
	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
20 ans humide	403	262	219	326	344	164	127	238	423	545	535	435	2629
10 ans humide	307	225	184	304	296	132	99	164	389	481	500	389	2291
5 ans humide	279	188	154	256	228	107	62	112	290	415	361	314	2026
Moyenne	165	113	92	148	150	75	49	88	175	258	223	183	1720
5 ans sec	51	47	29	48	66	26	23	38	41	111	50	48	1353
10 ans sec	21	24	14	32	48	20	15	34	31	42	22	33	1149
20 ans sec	8	17	8	23	38	14	11	21	18	26	17	26	1100

Source : BRLi.

Figure 5 : Pluviométrie mensuelle calculée sur les sous-bassins versants de la Cèze (en mm/mois).



2. ANALYSE DES DONNEES DEBIMETRIQUES DISPONIBLES

2.1 TERMINOLOGIE

Dans la suite du rapport, afin de distinguer les observations/mesures des calculs/modélisations, on parlera de :

- ▶ débit **observé** (au niveau d'une station de mesure) = débit mesuré par la station de mesure ;
- ▶ débit **reconstitué** (au niveau d'un point donné du cours d'eau) = débit non nécessairement observé mais résultant de calculs du Consultant.

De plus, dans la suite du rapport, afin de distinguer les débits influencés des débits non-influencés par l'homme, on parlera de :

- ▶ débit **influencé** (au niveau d'un point donné du cours d'eau) = débit du cours d'eau en ce point ; il est dit « influencé » car il prend en compte les éventuels prélèvements/régulations humaines amont ; il est égal au débit observé si une station de mesure de qualité se trouve à ce point ;
- ▶ débit **naturel** (au niveau d'un point donné) = débit du cours d'eau en ce point, désinfluencé des prélèvements/régulations humaines amont ; il est égal au débit influencé s'il n'y a pas de prélèvement/régulation amont.

Enfin, on parlera parfois de débit « **simulé** », uniquement pour désigner dans ce rapport les débits résultants de la modélisation GR2M.

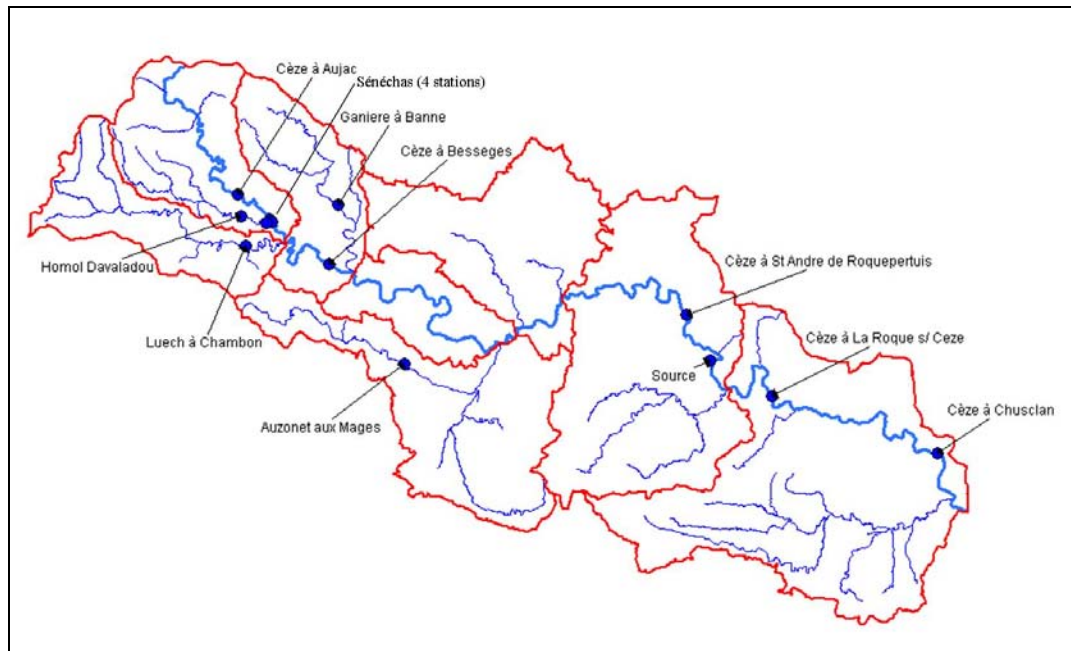
2.2 STATIONS HYDROLOGIQUES EN PLACE

2.2.1 Liste des stations utilisées

Sur le bassin versant de la Cèze, les données de 14 stations sont disponibles dans la Banque HYDRO (base de données du MEEDDAT, www.hydro.eaufrance.fr). Ces 14 stations sont indiquées sur la [Figure 6](#) suivante. Ces stations sont complétées par d'autres stations, y compris celles du Service d'annonce des crues du Gard (liste complète présentée dans le [Tableau 3](#)).

Parmi ces stations, seules 11 possèdent plus de 9 années de mesures. Ces 11 stations sont surlignées en jaune dans le [Tableau 3](#) page suivante (tableau des stations débitométriques historiques recensées sur le bassin versant de la Cèze, tableau de 2007 extrait de la phase 1 du PGCR, auquel a été ajouté la station de Goudargues).

Figure 6 : 15 stations de mesure de la Banque HYDRO.



Source : BRLi.

Les mesures de ces stations souffrent en général d'un manque de représentativité des années 1974 à 2008 (seules deux stations ont plus de 30 années de chroniques journalières ou mensuelles).

Bien que les mesures ne soient pas toutes validées par la DIREN pour les stations de la Cèze, notamment à Chusclan (2001 et 2002 non validées) et à Aujac (seulement 3 années entièrement validées bonnes), certaines d'entre-elles ont tout de même été exploitées dans la présente étude et il faudra donc utiliser les résultats avec précaution.

Avant l'aménagement et la rénovation de l'ensemble des stations par le Service de Prévention des Crues (en cours), seules les stations anciennement gérées par l'ex-DIREN étaient jaugées en basses eaux et sont donc relativement fiables en étiage. Sur les stations utilisées en prévention de crues, la précision à l'étiage importait peu, et aucun jaugeage de basses eaux n'était effectué. Au contraire, les stations anciennement gérées par l'ex-DIREN, particulièrement conçues pour étudier l'étiage, sont relativement précises en basses eaux. Les stations qui seront utilisées dans le présent rapport sont donc toutes des stations anciennement gérées par l'ex DIREN.

Tableau 3 : Liste des stations hydrométriques du bassin versant (stations possédant plus de 9 années de mesure surlignées en jaune).

Nom de la station	Référence	Producteur	Coordonnées géographiques	Surface du BV	Série de données
L'Homol à Sénéchas [Davaladou]	V5406020	DIREN Languedoc-Roussillon	X = 734 326 m Y = 1 926 050 m	31.2 km ²	du 01/07/1975 à 1987
L'Homol à Sénéchas [Echelette]	V5406010	DIREN Languedoc-Roussillon	X = 736 321 m Y = 1 925 531 m	34.4 km ²	du 01/08/1968 au 01/02/1974
Le Luech à Chambon	V5415010	DIREN Languedoc-Roussillon	X = 734 696 m Y = 1 923 755 m	90.9 km ²	du 01/01/1960 au 01/12/1972
La Ganière à Banne	V5425210	DIREN Languedoc-Roussillon	X = 741 800 m Y = 1 926 971 m	55.3 km ²	du 01/08/1964 à 2006
L'Auzonnet aux Mages	V5445010	DIREN Languedoc-Roussillon	X = 746 922 m Y = 1 914 710 m	49 km ²	du 01/12/1985 à 2006
La Cèze à Aujac	V5404040	Inconnu	X = 734 124 m Y = 1 927 768 m	69 km ²	du 01/01/1978 à 1987
La Cèze à Sénéchas [Echelette]	V5404020	DIREN Languedoc-Roussillon	X = 736 605 m Y = 1 925 824 m	79.7 km ²	du 01/10/1959 au 01/04/1972
La Cèze à Chambon	V5404030	DIREN Languedoc-Roussillon	X = 736 702 m Y = 1 925 667 m	113 km ²	du 01/01/1961 à 1987 (21 années)
La Cèze à Bessèges	V5424010	DIREN Languedoc-Roussillon	X = 741 115 m Y = 1 922 395 m	230 km ²	du 01/08/1972 à 2006
La Cèze à Saint-André-de-Roquepertuis	V5464010	DDE du Gard	X = 768 670 m Y = 1 918 520 m	849 km ²	De 1971 à 1972
La Cèze à la Roque-sur-Cèze	V5474010	DIREN Languedoc-Roussillon	X = 775 234 m Y = 1 912 263 m	1 060 km ²	Du 01/10/1960 à 2006
La Cèze à Chusclan	V5474020	DIREN Languedoc-Roussillon	X = 787 990 m Y = 1 907 836 m	1 180 km ²	02/06/1993 à 08/09/2002
La Cèze à Sénéchas		DDE – Service d'annonce des crues du Gard	X = 736 639 m Y = 1 925 730 m	113 km ²	
La Cèze à Bessèges		DDE – Service d'annonce des crues du Gard	X = 740 308 m Y = 1 923 130 m	230 km ²	
La Cèze à Tharoux		DDE – Service d'annonce des crues du Gard	X = 756 979 m Y = 1 917 830 m	665 km ²	
La Cèze à Montclus		DDE – Service d'annonce des crues du Gard	X = 767 328 m Y = 1 920 440 m	834 km ²	
La Cèze à Bagnols		DDE – Service d'annonce des crues du Gard	X = 782 754 m Y = 1 910 200 m	1 120 km ²	
La Cèze à Bagnols-sur-Cèze		DDE - Service d'Annonce des Crues RHONE AVAL	X = 782 830 m Y = 1 910 450 m	1 120 km ²	
Source de Goudargues	V5465710	DIREN Languedoc-Roussillon	X = 770 437 m Y = 1 914 710 m		14/09/1998 à 2006

Sources : BRLi d'après DIREN Languedoc-Roussillon, 2007¹⁰ & DDE du Gard, 2007¹¹.

¹⁰ <http://www.hydro.eaufrance.fr/>

¹¹ <http://www.rdbmrc.com/hydroreel2/listestation.php?dep=30>

Pour pouvoir utiliser le modèle pluie-ETP-débit, il est nécessaire d'avoir des données de débits observés relativement récentes. En effet, GR2M utilise les débits naturels, donc désinfluencés des prélèvements et régulations amont, comme données d'entrée (voir annexe 1). Or, les prélèvements réels sont mieux connus pour les années récentes (voir rapport de phase 1).

La station du Luech à Chambon n'a donc par exemple pas été utilisée pour le calage du modèle pluie-débit sous GR2M. Le modèle GR2M a donc finalement été utilisé au niveau des stations suivantes (la qualité de ces stations est estimée dans le [Tableau 5](#) plus loin) :

- ▶ la Ganière à Banne,
- ▶ l'Auzonnet aux Mages,
- ▶ la Cèze à Bessèges,
- ▶ la Cèze à La-Roque-sur-Cèze,
- ▶ la Cèze à Chusclan.

La station de la Source de Goudargues n'a pas été utilisée dans la présente étude.

2.2.2 Cas de l'ouvrage de régulation principal situé sur le bassin versant de la Cèze : le barrage de Sénéchas.

Pour les débits influencé entrants et sortants au niveau du barrage de Sénéchas, des débits reconstitués, dans le cadre de l'étude d'optimisation de la gestion du soutien d'étiage du barrage de Sénéchas¹², ont été utilisés. La reconstitution de ces débits s'est basée sur les stations de mesures suivantes :

- ▶ la Cèze à Aujac,
- ▶ la Cèze à Chambon,
- ▶ la Cèze à Sénéchas (aval barrage et Echelette),
- ▶ l'Homol à Sénéchas (Davaladou et Echelette).

Ces anciennes stations étaient particulièrement jugées peu fiables et étaient ainsi considérées comme douteuses la plupart des années par l'ex-DIREN. Aucune de ces stations n'est d'ailleurs encore en fonctionnement à l'heure actuelle.

Les gestionnaires du barrage de Sénéchas sont cependant capables de mesurer « approximativement » et « ponctuellement » le débt sortant du barrage de Sénéchas au moyen d'une échelle située à l'aval (assez éloignée) du barrage, mais :

- ▶ le tarage de cette échelle limnimétrique n'a pas été réalisé depuis longtemps et la mesure des étiages est donc beaucoup trop imprécise compte-tenu de l'importance actuelle du barrage dans la gestion des étiages ;
- ▶ le gestionnaire doit systématiquement se déplacer en amont et en aval du barrage pour connaître les valeurs de débit, ce qui est une gêne quotidienne dans la gestion du barrage.

Les gestionnaires du barrage de Sénéchas peuvent alors estimer le débit journalier entrant dans le barrage, via leur connaissance de la pluviométrie, de leur estimation du débit sortant, et du volume du réservoir.

Les connaissances sur les volumes entrants et sortants du barrage de Sénéchas restent donc soumises à d'importantes incertitudes.

¹² Voir BRLi (2008a).

D'autres ouvrages de régulations existent sur le bassin versant de la Cèze : les retenues collinaires utilisées pour l'irrigation. Une liste de ces retenues¹³ a été fournie par la Chambre d'Agriculture du Gard (voir Tableau 4). Cette liste n'est pas exhaustive et contient uniquement les retenues ayant bénéficié de subventions pour leur construction. Ces données ne seront cependant pas utilisées dans le présent rapport pour le désinfluencement des débits car le volume de régulation concerné, qui peut être important à l'échelle locale, est négligeable à l'échelle du bassin versant de la Cèze. En effet, en considérant par exemple une utilisation de l'eau pendant 5 mois de l'année, 160 000 m³ correspondent seulement à une moyenne de 0,37 l/s.

Tableau 4 : Retenues collinaires sur le bassin versant de la Cèze.

Commune	Nombre de retenues collinaires	Volume des retenues collinaires (m ³)
Rousson	1	10 000
Salindres	1	11 000
Saint-Julien de Cassagnas	2	27 000 4 000
Saint Sauveur de Cruzières	7	35 000 15 000 15 000 15 000 10 000 8 000 10 000
Total	11	160 000

Source : Chambre d'Agriculture du Gard (2010).

2.3 ANALYSE DE LA PRECISION DES STATIONS HYDROMETRIQUES

Trois éléments peuvent déterminer l'imprécision finale d'une station :

- ▶ la sensibilité de la mesure due à l'appareillage (précision de l'appareil en situation réelle) ;
- ▶ la représentativité de la courbe de tarage (comparaison du nuage de points de jaugeage avec le domaine de mesures exploité) ;
- ▶ la qualité du site de mesure pour la gamme de débit considérée.

Ces différents facteurs ont été analysés à partir du logiciel BAREME¹⁴ et de la base de données associée, mise à disposition par le Service de Prévention des Crues. Le Service de Prévention des Crues est actuellement en charge des différentes stations hydrométriques du Gard et de la gestion des bases de données associées.

2.3.1 Sensibilité de mesure

La sensibilité de la mesure peut être estimée à partir des courbes de tarage en analysant la variation de débit donnée par la courbe de tarage (ΔQ) pour une variation du niveau d'eau donnée (Δh). Une variation Δh de 1 cm est souvent considérée comme la précision de la mesure de hauteur sur site. On calcule alors $\Delta Q/Q$ pour $\Delta h = 1$ cm et on obtient la sensibilité de la mesure, sans unité (souvent exprimée en %).

¹³ Voir aussi le rapport de phase 1.

¹⁴ Le logiciel BAREME est conçu et diffusé par la DIREN Rhône-Alpes – SEMA. Il est la tête de pont de la base de données HYDRO. Il permet notamment de traiter les résultats de jaugeages des flux transitant aux stations et de construire la courbe de tarage de la station.

La sensibilité diminue généralement quand le débit augmente.

La station de Bessèges (voir [Figure 7](#)) est un exemple de station ayant une bonne sensibilité : quel que soit le débit, une variation de lecture de 1 cm de la hauteur d'eau ne provoque pas une erreur de plus de 10%. On notera alors (voir [Tableau 5](#)) $\Delta Q/Q < 10\%$.

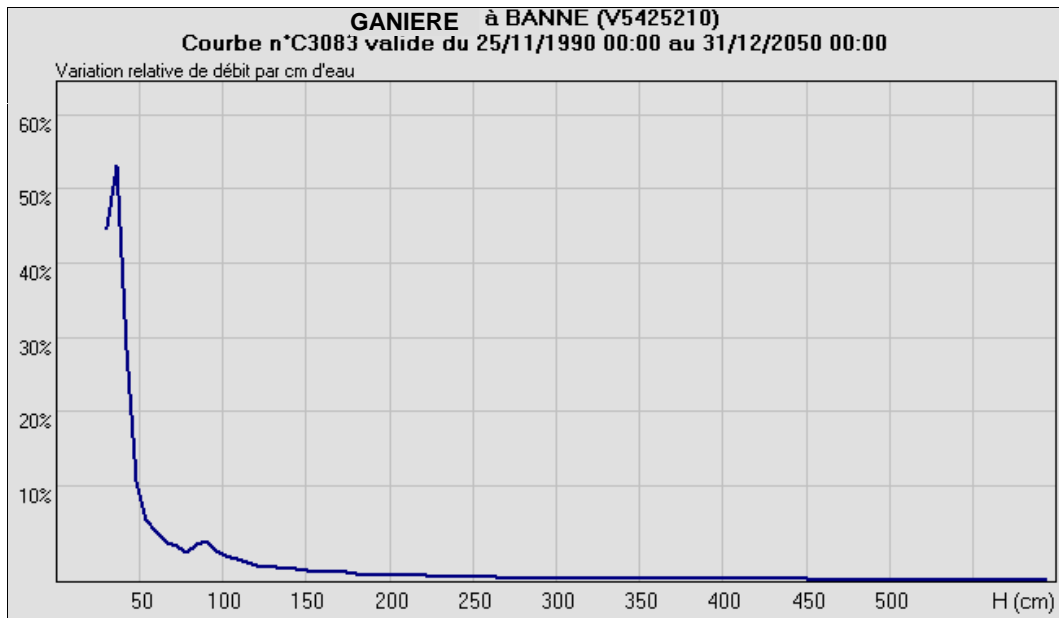
Figure 7 : Sensibilité de la station sur la Cèze à Bessèges (export BAREME).



Source : BRLi.

Au contraire, la sensibilité de la station de la Ganière à Banne (voir [Figure 8](#)) est médiocre : pour les faibles débits, une erreur de lecture de 1 cm peut entraîner une erreur de l'ordre de 50% sur le débit. On notera alors (voir [Tableau 5](#)) $\Delta Q/Q < 50\%$.

Figure 8 : Sensibilité de la station sur la Ganière à Banne (export BAREME).

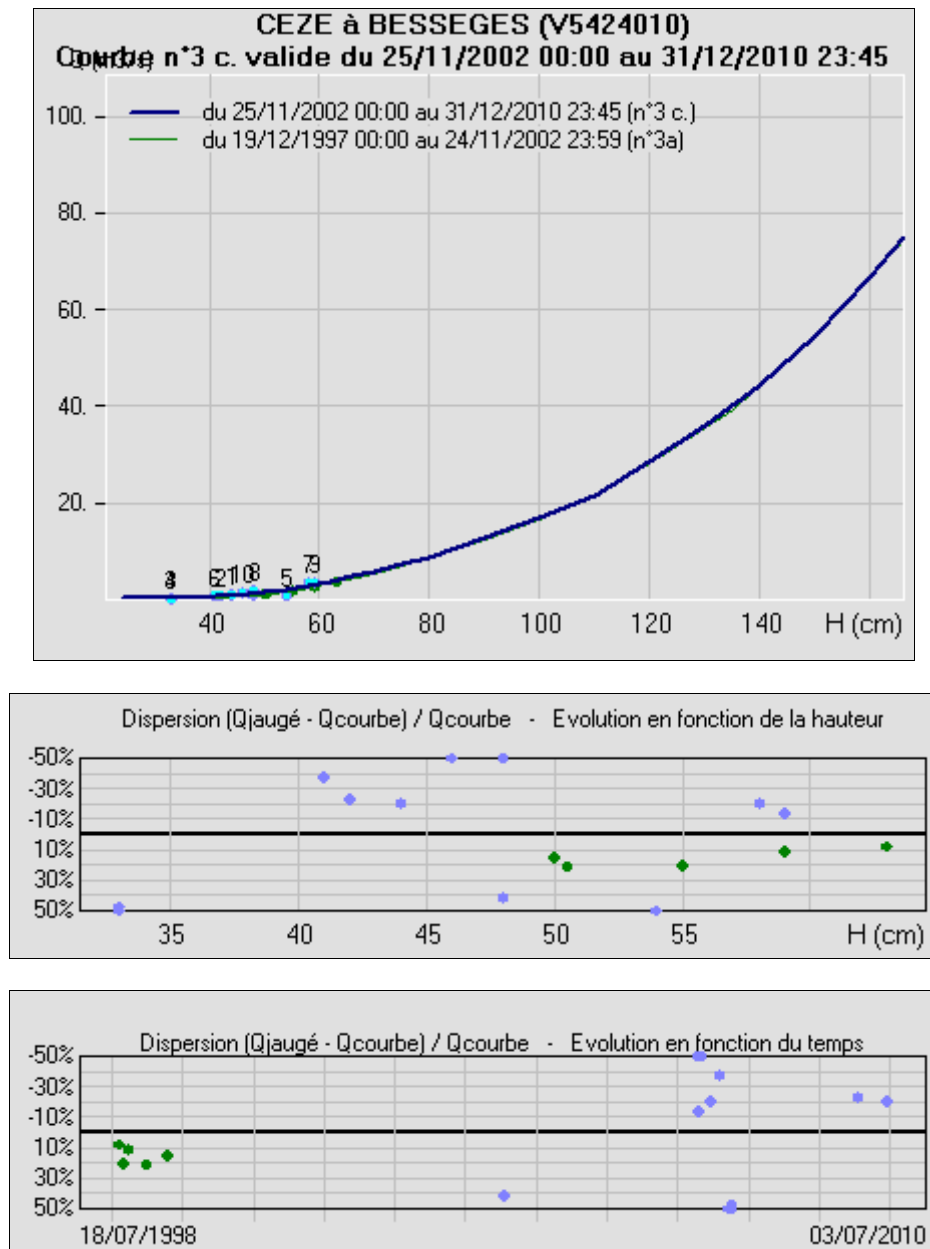


Source : BRLi.

2.3.2 Représentativité de la courbe de tarage

La représentativité de la courbe de tarage peut être analysée à travers le nuage de points de jaugeage qui a servi à réaliser la courbe de tarage : moins ce nuage est important ou plus il est dispersé, plus la courbe de tarage risque d'être imprécise. La dispersion des jaugeages dans le temps permet de détecter un éventuel détarage de la station.

Figure 9 : Courbe de tarage et dispersion des jaugeages pour la station de Bessèges (Exports logiciel BAREME).



Source : BRLi.

On remarque sur la troisième partie de la Figure 9 ci-dessus que les jaugeages récents sont dispersés. Ils connaissent des variations de +/- 50% par rapport à la courbe de tarage. C'est-à-dire que lors des jaugeages réalisés, le débit mesuré pouvait être 50 % inférieur ou supérieur au débit correspondant à la même hauteur d'eau, selon la courbe de tarage. Ces jaugeages trahissent un probable détarage récent de la station de Bessèges.

2.3.3 Qualité de la mesure

Le troisième axe d'analyse de la précision est l'analyse du site de mesure lui-même. Un site sur substrat rocheux et bien encaissé sera préférable à un lit large, caillouteux et instable. D'une part parce que la courbe de tarage variera moins au cours du temps, d'autre part parce qu'une erreur de 1 cm aboutira à une erreur sur le débit moins importante (déjà analysé plus haut). De plus, des ouvrages hydrauliques temporaires (barrages pour la baignade ...) sont parfois construits en été directement en aval de la station ce qui influence la ligne d'eau : la loi hauteur-débit qui en résulte n'est plus celle de la courbe de tarage.

En règle générale, les stations conçues pour l'annonce de crue peuvent être de mauvaise qualité en étiage. Ca n'est normalement pas le cas des stations mises en place par l'ex-DIREN, où la qualité est certes variable, mais bien meilleure.

2.3.4 Tableau de synthèse

Le [Tableau 5](#) ci-dessous résume les principales caractéristiques de précision de chaque station utilisée pour la modélisation des débits naturels dans la présente étude.

Tableau 5 : Caractéristiques de précision des principales stations hydrométriques utilisées

n° station	Cours d'eau	Commune	Surface du BV contrôlé (km ²)	Imprecision de mesure	Représentativité de la courbe de tarage	Localisation/emplacement
V5445010	Auzonnet	Les Mages	49	$\Delta Q/Q < 20\%$	Médiocre (peu de points de jaugeages)	Station située à l'amont d'un passage à gué, équipé de buse. L'obstruction de ces buses par des embâcles peut fausser la mesure
V5425210	Ganière	Banne	55	$\Delta Q/Q < 50\%$	Correcte	Enrochement stable permettant de bonnes mesures en basses eaux, mais à partir de 50 ou 60 cm, le lit déborde de cet enrochement et diminue la précision des mesures.
V5424010	Cèze	Bessèges	230	$\Delta Q/Q < 10\%$	Moyenne (+/- 50%)	La fréquentation touristique estivale et la construction de seuils provisoires par des baigneurs à l'aval de la station peut provoquer des changements de la ligne d'eau.
V5474010	Cèze	La-Roque-sur-Cèze	1060	$\Delta Q/Q < 15\%$	Bonne (<30%)	Bon site, situé à l'amont d'un seuil. Ce seuil est cependant relativement vulnérable en cas de crue.
V5474020	Cèze	Chusclan	1180	-	-	Pas d'information disponible

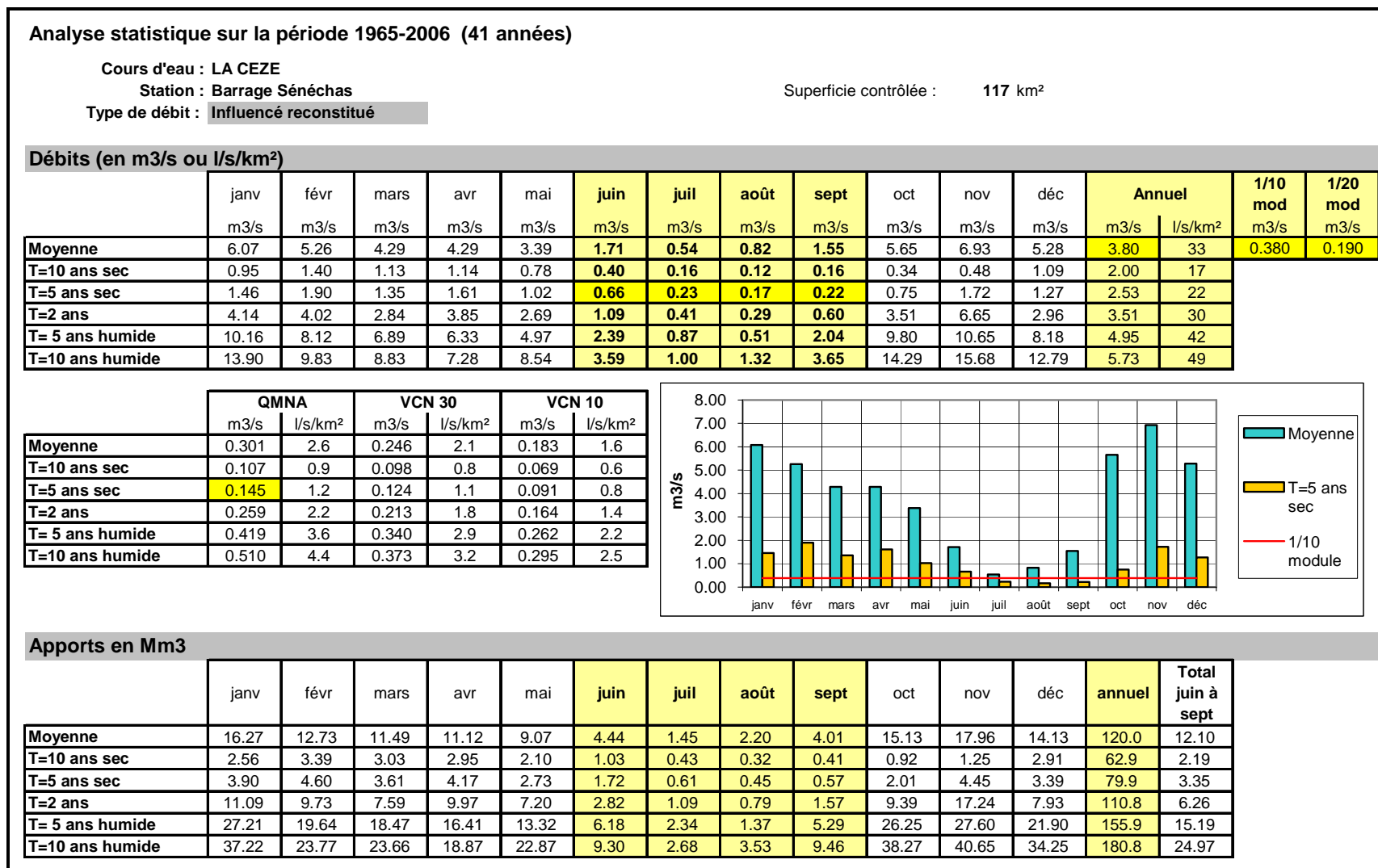
Source : BRLi.

2.4 ANALYSE DES DEBITS MESURES AUX STATIONS

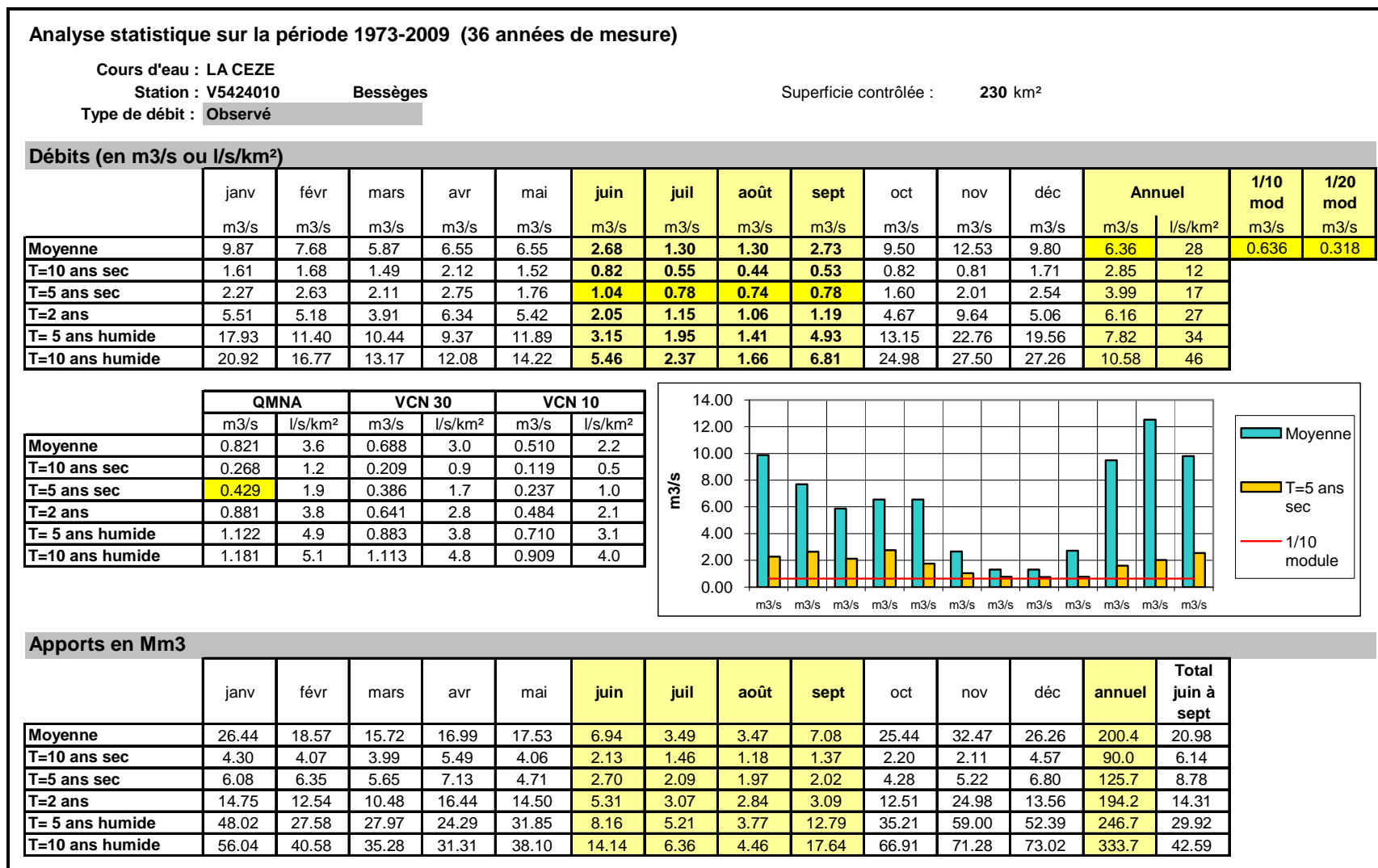
Les analyses des **débits observés** sont présentés pour chaque station dans les paragraphes ci-dessous (entre [§2.4.1](#) et [§2.4.6](#)). Un schéma de synthèse de certaines caractéristiques des **débits influencés** sur le bassin est présenté en [§2.4.7](#), Figure 11. Alors que certaines stations produisent de longues chroniques de débits (plus de 40 années de mesures), cette Figure 11 ne considère que la période 1994-2001, seule période commune à toutes les stations, pour comparaisons.

En ce qui concerne les **débits influencés entrants dans le barrage de Sénéchas**, les données utilisées ne sont pas des données observées par une station de mesure, mais celles des débits entrants reconstitués dans le cadre de l'étude BRLi (2008a) d'optimisation de la gestion du soutien d'étiage du barrage de Sénéchas.

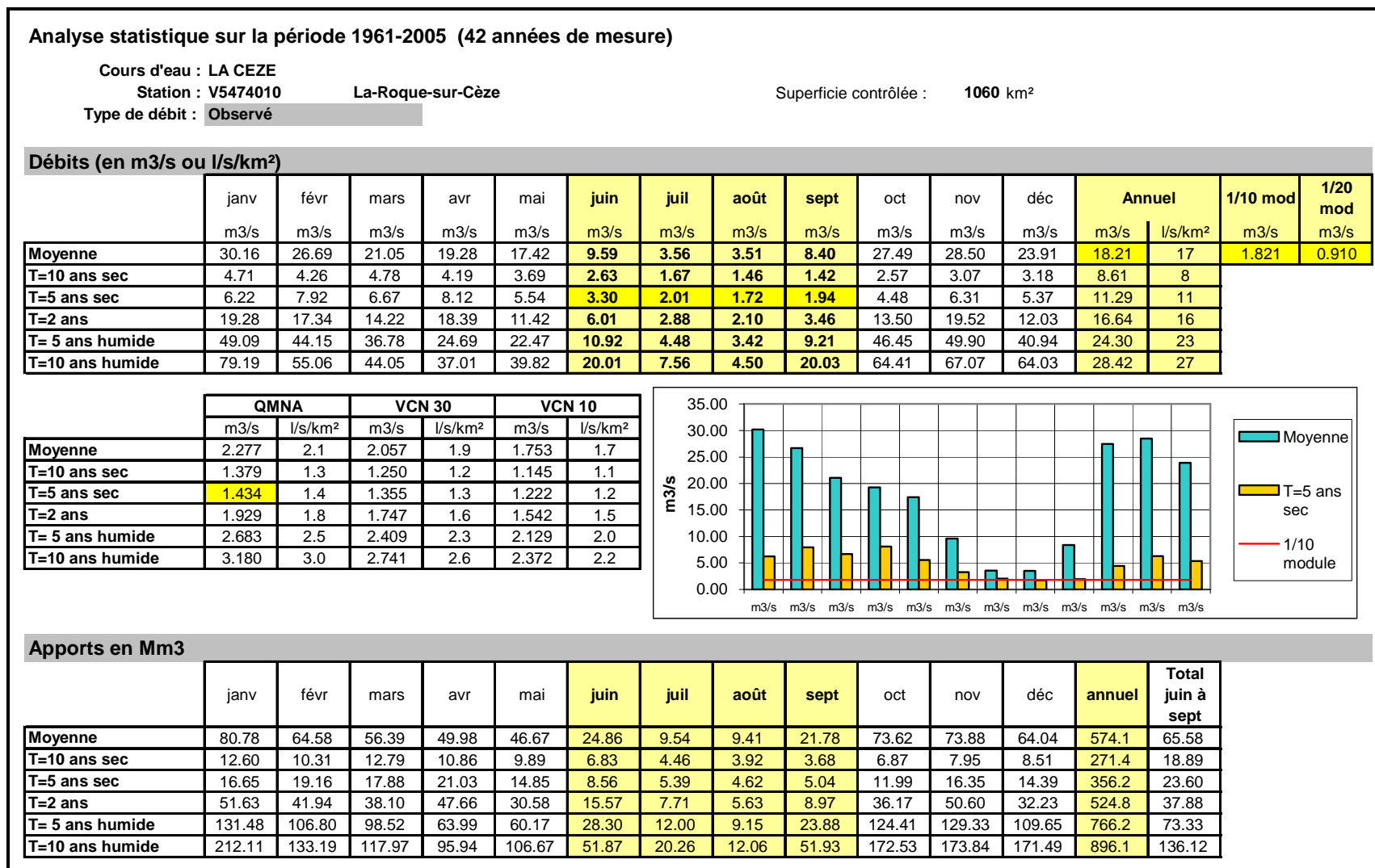
2.4.1 Débits influencés reconstitués de la Cèze entrants dans le barrage de Sénéchas



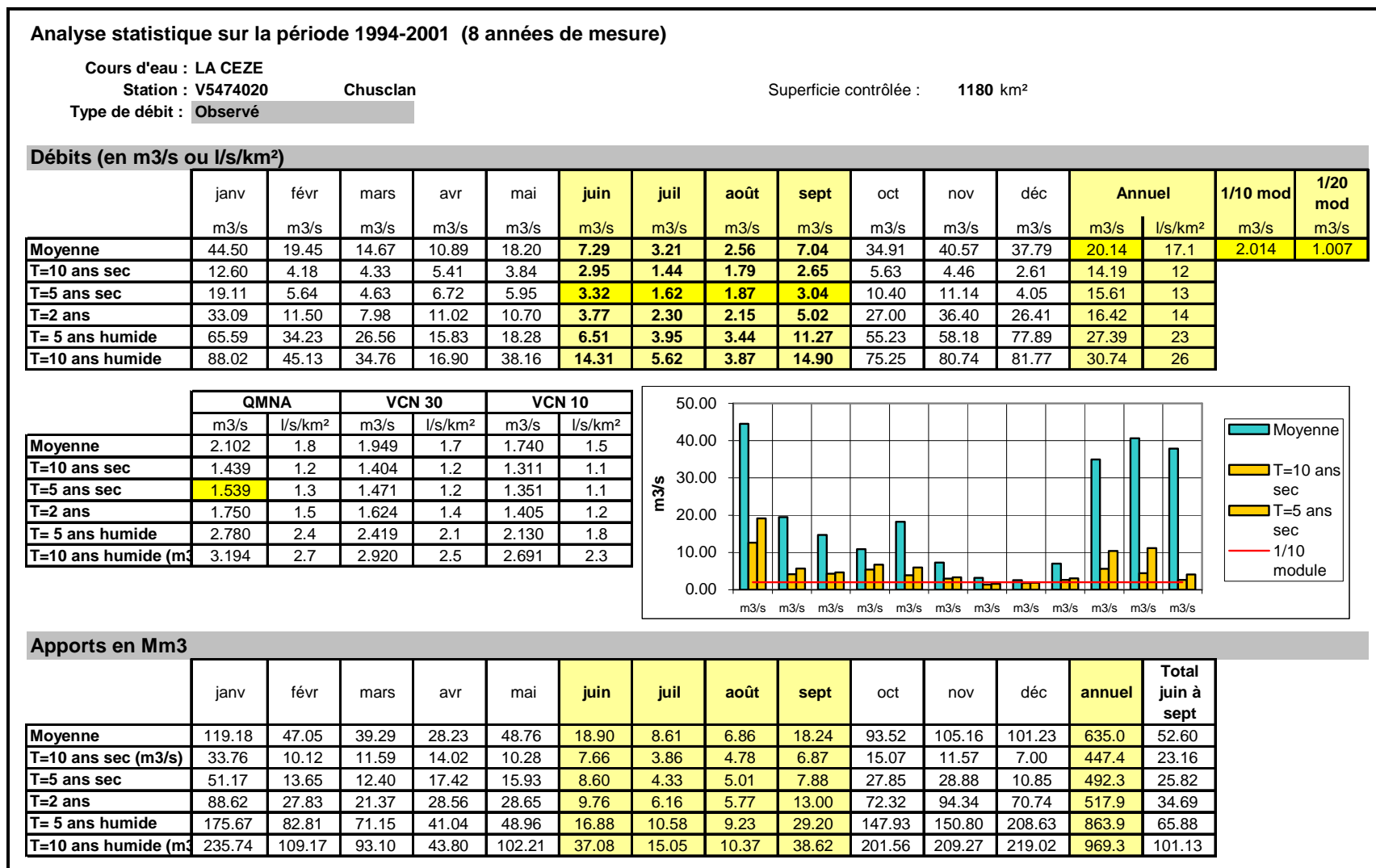
2.4.2 Débits observés à la station hydrométrique de la Cèze à Bessèges



2.4.3 Débits observés à la station hydrométrique de la Cèze à La-Roque-sur-Cèze



2.4.4 Débits observés à la station hydrométrique de la Cèze à Chusclan



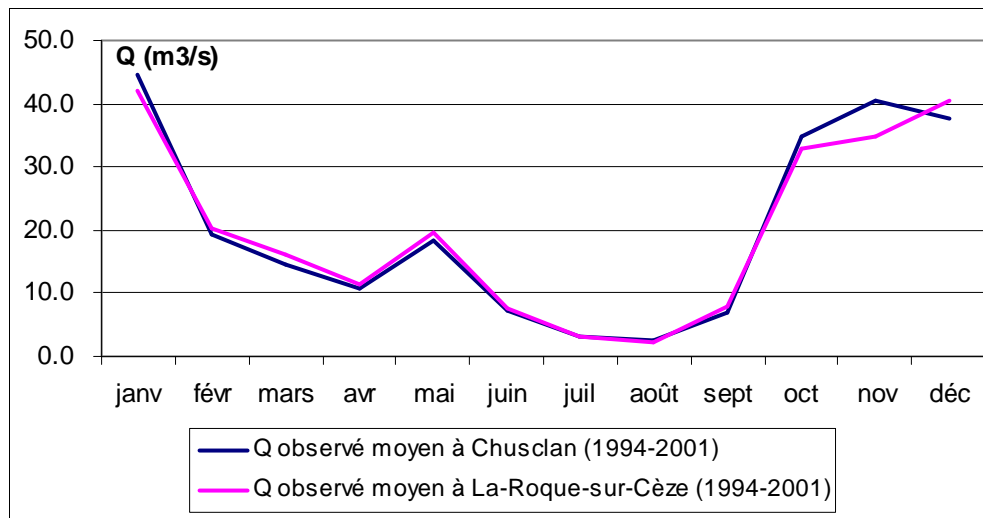
Seulement 9 années de mesures sont disponibles pour la station de Chusclan. Les débits statistiques décennaux présentés sont donc inexploitable. De plus, les statistiques présentées ne sont probablement pas représentatives d'une plus longue période d'écoulements.

Les comparaisons entre les différentes stations permettent généralement de mieux comprendre le fonctionnement du bassin versant concerné. La [Figure 10](#) suivante compare ainsi les débits de la Cèze observés à La-Roque-sur-Cèze et à Chusclan pour la période 1994-2001.

On constate que les débits mensuels de la Cèze mesurés à la station de Chusclan sont en moyenne inférieurs à ceux mesurés à La-Roque-sur-Cèze, pour la plupart des mois de l'année. Cela est plutôt surprenant car les prélèvements entre ces deux stations sont faibles (on retrouvera toujours cette anomalie en considérant, plus loin, les débit naturels).

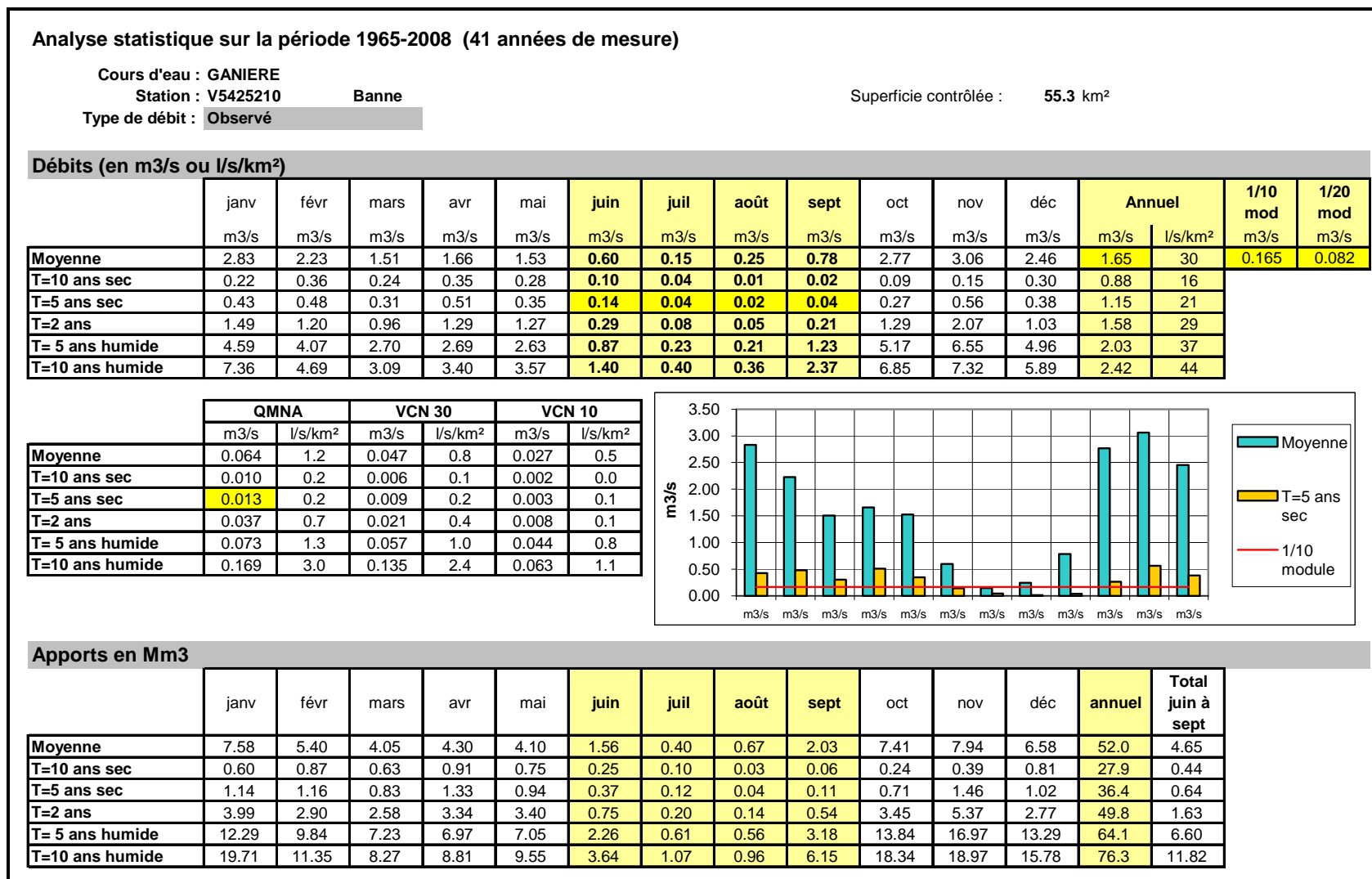
Cependant, les apports intermédiaires sont relativement faibles et il est normal que les courbes soient très proches. Une légère imprécision des mesures, ainsi que d'éventuels inféroflux, peuvent donc probablement expliquer l'inversion constatée des courbes.

Figure 10 : Comparaison des débits observés à La-Roque-sur-Cèze et Chusclan, période 1994-2001 (m³/s).

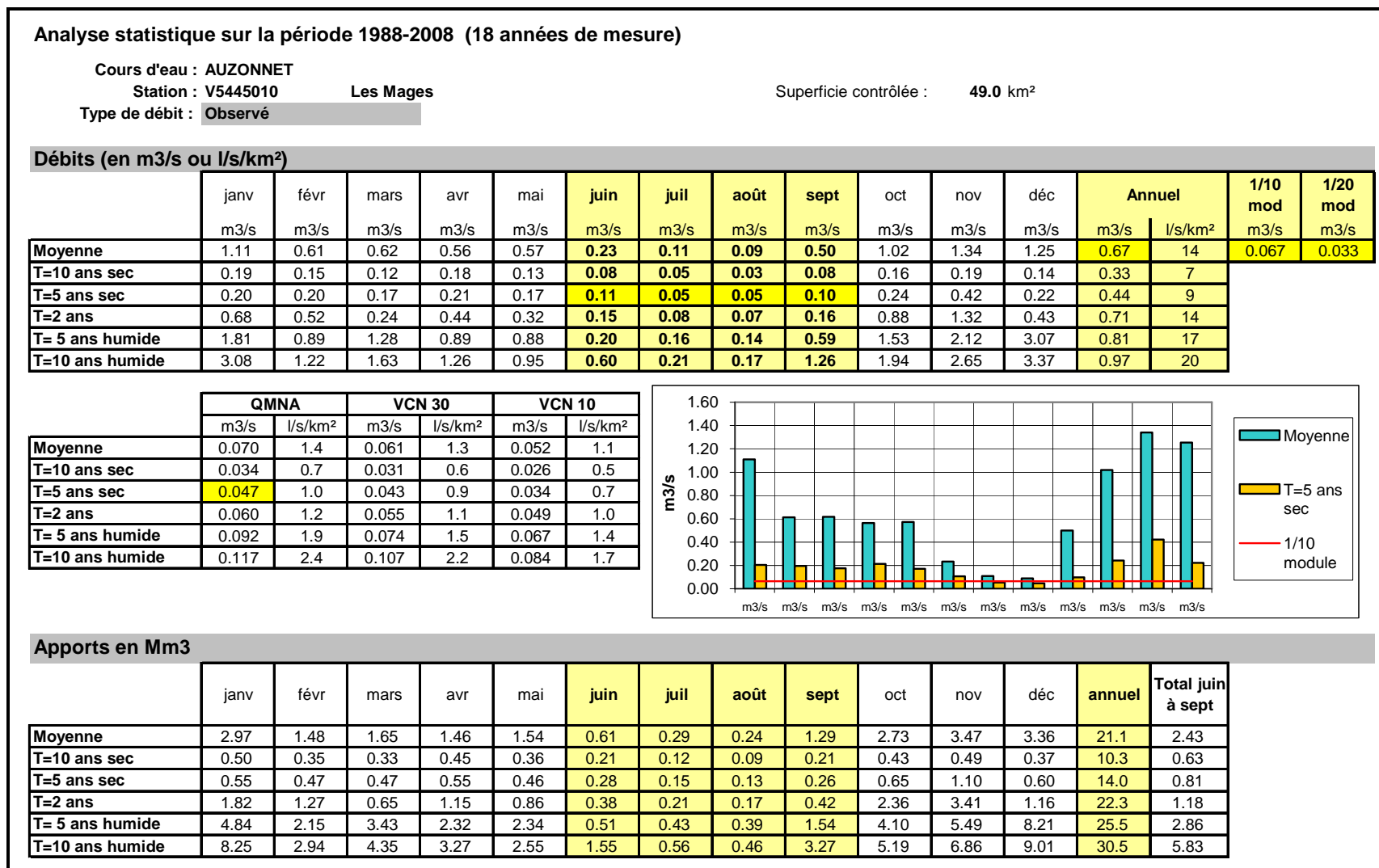


Source : BRLi.

2.4.5 Débits observés à la station hydrométrique de la Ganière à Banne

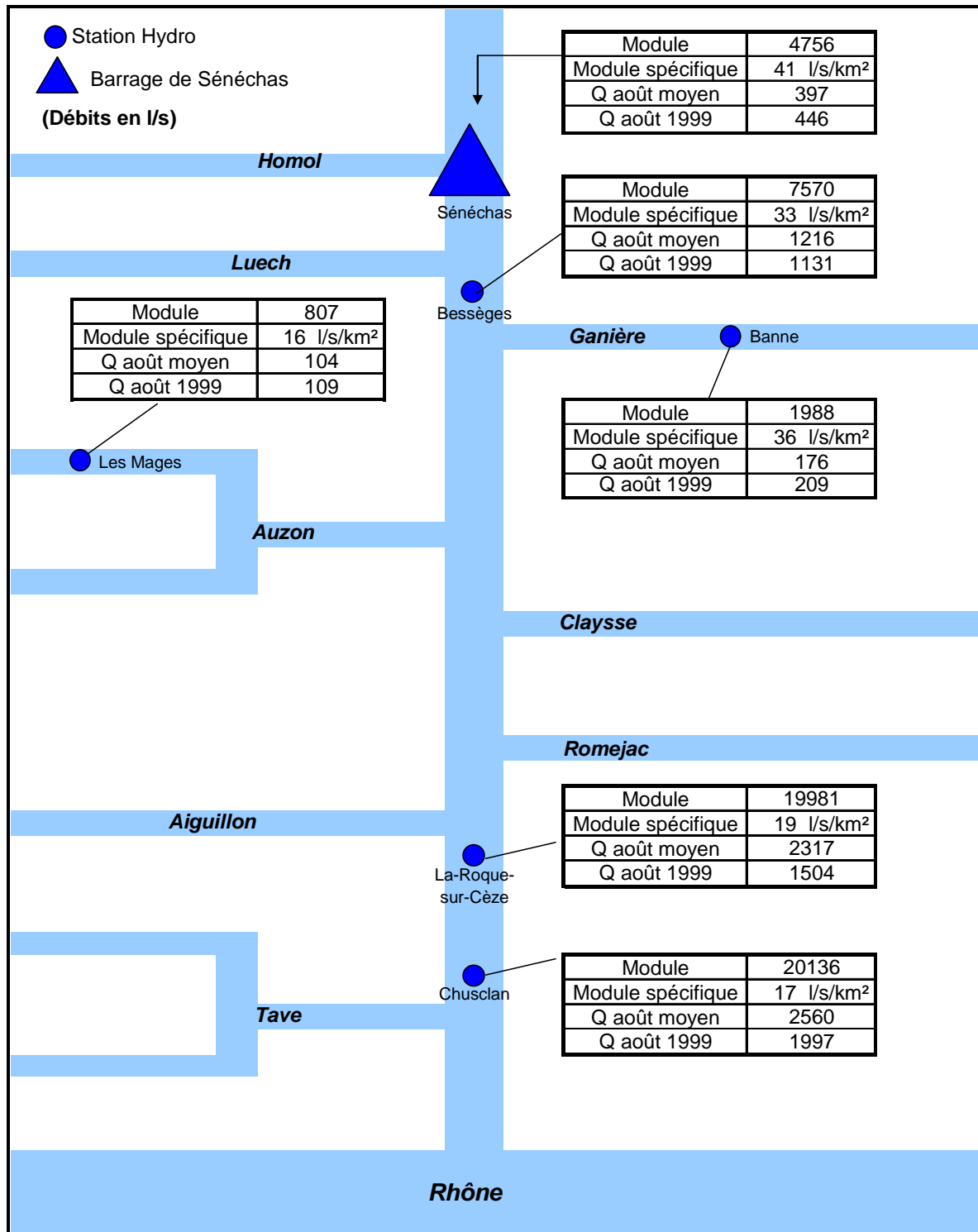


2.4.6 Débits observés à la station hydrométrique de l'Auzonnet aux Mages



2.4.7 Bilan des débits influencés le long de la Cèze

Figure 11 : Schéma bilan des débits (en l/s) observés aux stations et au niveau du barrage de Sénéchas, statistiques réalisées sur la période 1994-2001 (période commune à toutes les observations).



Source : BRLi.

A titre de comparaison, le module spécifique du Gardon observé à Sanilhac-Sagriès¹⁵ est de l'ordre de 20.7 l/s/km².

2.5 BILAN DES JAUGEAGES EFFECTUES AU COURS DE L'ETIAGE 2009

UTILISATION DES CAMPAGNES DE JAUGEAGES 2009

Avoir une connaissance à un instant t donné des écoulement sur le bassin versant de la Cèze peut permettre de mieux comprendre les phénomènes hydrauliques. L'objectif de cette section est donc de discuter les observation faites pendant l'étiage 2009, et d'en tirer certaines observations/conclusions pertinentes pour la suite de l'étude.

Au cours de l'été 2009 de nombreux jaugeages ont été réalisés par différentes structures :

- ▶ le Syndicat Mixte ABCèze (au niveau de la Haute Vallée de la Cèze),
- ▶ l'ONEMA (jaugeages sur les béals de l'Homol, du Luech et de l'Auzonnet),
- ▶ le Conseil Général 30 (jaugeages répartis sur l'ensemble du bassin versant),
- ▶ le CNRS (entre Saint Denis et Saint André de Roquepertuis, au niveau des pertes karstiques de la Cèze),
- ▶ Asconit (jaugeages aux points de détermination des DMB, pour la phase 3 de la présente étude),
- ▶ BRLi, pour le Syndicat Mixte ABCèze (jaugeages répartis sur l'ensemble du bassin versant).

Le [Tableau 6](#) ci-dessous présente les différentes dates auxquelles ces jaugeages ont été effectués. Il est extrait d'un fichier EXCEL de synthèse des jaugeages sur la Cèze de l'été 2009.

Tableau 6 : Dates des jaugeages réalisés au cours de l'été 2009.

Jaugeages sur le bassin versant de la Cèze
Été 2009

	mars			mai		juin		juillet					août							septembre					octobre					
	18	27	28	3	25	1	15	21	23	27	10	11	12	13	14	16	17	20	25	26	31	7	10	14	16	22	23	28	14	21
Jaugeages BRLi - 23 juillet 2009									♦																					
Jaugeages BRLi - 25 août 2009																				♦										
Jaugeages BRLi - 23 septembre 2009																														♦
Jaugeages CNRS - été 2009				♦		♦	♦		♦											♦		♦			♦					
Jaugeages ASCONIT - été 2009																	♦							♦			♦			
Jaugeages ABCèze - août 2009													♦	♦	♦															
Débits Sénéchas CG30 - été 2009									♦		♦		♦		♦				♦								♦			♦
Jaugeages CG30 - été 2009	♦	♦																												♦
Jaugeages ONEMA - été 2009			♦		♦									♦						♦	♦									
Banque HYDRO	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦	♦

Source : BRLi (2010).

¹⁵ Banque HYDRO, station V7184010, contrôlant 72% (1580 km²) du bassin versant du Gardon), mesures de 1971 à 1984.



Pour les jaugeages effectués à des dates proches, des schémas bilans regroupant les mesures ont été réalisés. Par exemple du 21 au 23 juillet (voir les schémas bilan ci-dessous). Le [Tableau 7](#) ci-dessous présente les précipitations journalières pour 3 stations du bassin versant les jours de mesures. On voit que pour les jours de jaugeages réalisés en juillet et septembre les précipitations sont nulles ou très faibles et n'ont donc probablement pas influencé sensiblement les mesures de débits. Entre le 25 et le 27 août 2009, des précipitations plus importantes ont eu lieu et ont pu influencer les mesures de débits réalisées.

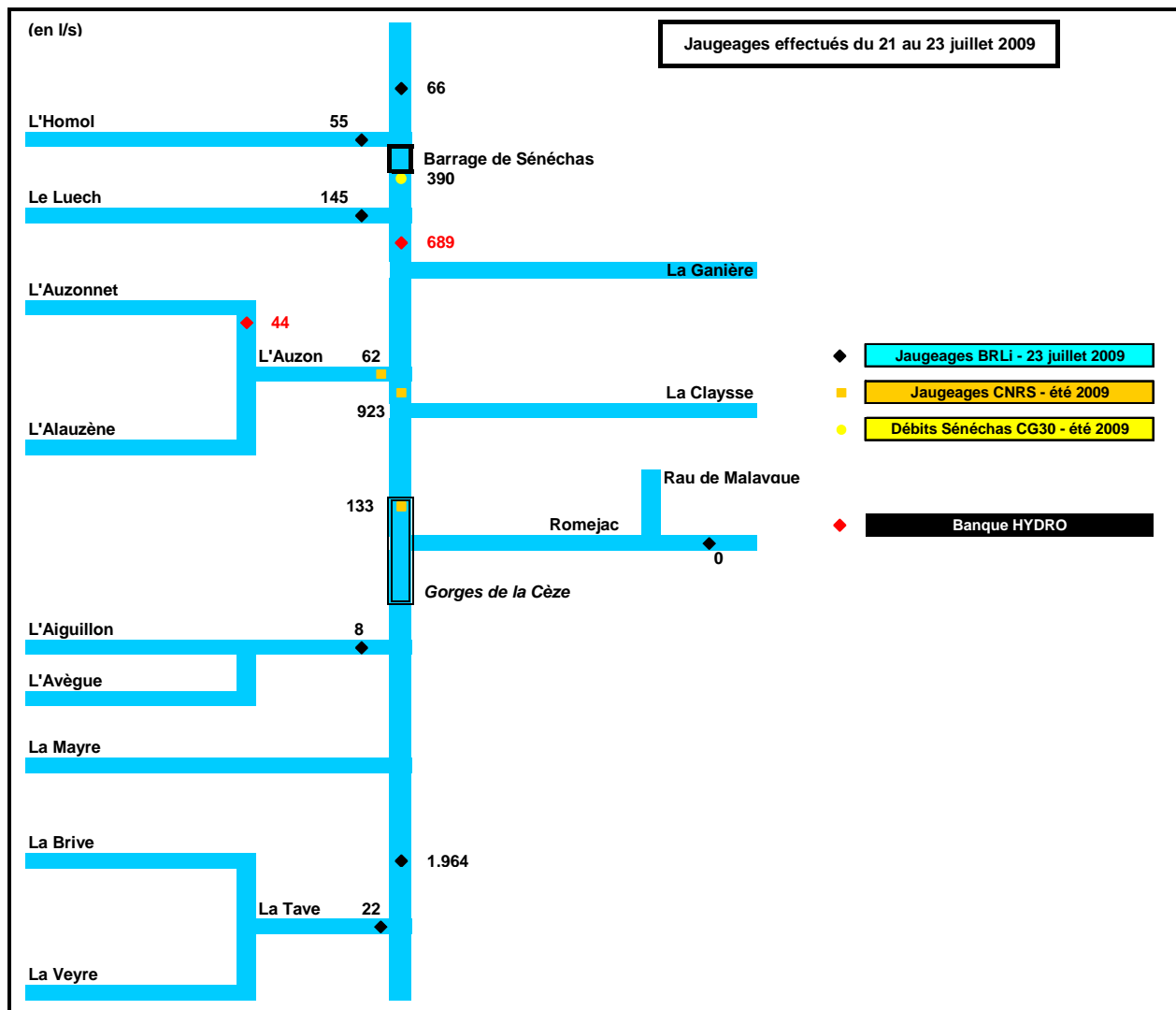
Tableau 7: Précipitations sur le bassin versant les jours de réalisation des jaugeages de juillet, août et septembre 2009 (en mm/jour).

Localisation	Chusclan	Génohac	Montclus
n°station	30081002	30130001	30175001
21/07/2009	0.0	0.2	0.0
22/07/2009	0.0	0.0	0.2
23/07/2009	0.0	0.0	0.0
25/08/2009	0.0	1.6	0.0
26/08/2009	6.6	0.4	3.8
27/08/2009	0.0	0.0	0.0
22/09/2009	0.0	0.0	0.2
23/09/2009	0.0	0.0	0.2

Source : Météo France (2009).

JAUGEAGES 21-23 JUILLET 2009

Figure 12 : Bilan des jaugeages 21-23 juillet 2009.



Source : BRLi.

Les mesures réalisées sur la Cèze à l'amont et à l'aval du barrage de Sénéchas, ainsi que sur l'Homol, mettent en évidence le soutien d'étiage réalisé par le barrage en septembre 2009. Cependant, ce soutien d'étiage n'atteignait pas les 500 l/s souhaités pour l'été 2009, à ces dates précises. Une fois de plus, le manque de flexibilité de gestion du débit restitué par le barrage ne permet pas de réaliser un objectif précis en débit restitué. La mesure du débit restitué par le barrage le 23 juillet 2009 (390 l/s) reste cependant très incertaine compte tenu de l'état de la station de mesure en aval du barrage.

Il est aussi surprenant de constater 390 l/s en aval de Sénéchas, 145 l/s en aval du Luech et 689 l/s à Bessèges ($390 + 145 = 535$ l/s, ce qui est très inférieur aux 690 l/s mesurés sur la Cèze à Bessèges). A nouveau, la précision des mesures (à la fois la mesure du débit restitué par le barrage de Sénéchas, mais aussi la mesure de la station de la Cèze à Bessèges¹⁶) peut être remise en cause. Dans le cas où la mesure de débit à Bessèges serait fiable, il est possible que le débit restitué par le barrage s'approchait en fait de 500 l/s.

¹⁶ Comme vu au §2.3.2, la station de Bessèges a pu être détarée récemment.

A l'amont des pertes karstiques de la Cèze, en entrée des gorges de la Cèze¹⁷, le débit a été mesuré à 923 l/s. Entre cette mesure et celle réalisée à l'aval des pertes, à l'entrée des gorges (133 l/s) seule l'ASA de Saint-Jean-de-Maruéjols prélève de l'eau dans la Cèze. Le droit de prélèvement de l'ASA est de 360 l/s mais en réalité les débits de pointe prélevés sont bien plus faibles (220 l/s au maximum instantané en 2009, et plutôt 130 l/s en moyenne journalière¹⁸). Les pertes dans la Cèze étaient donc au minimum de l'ordre de 500 l/s fin juillet 2009.

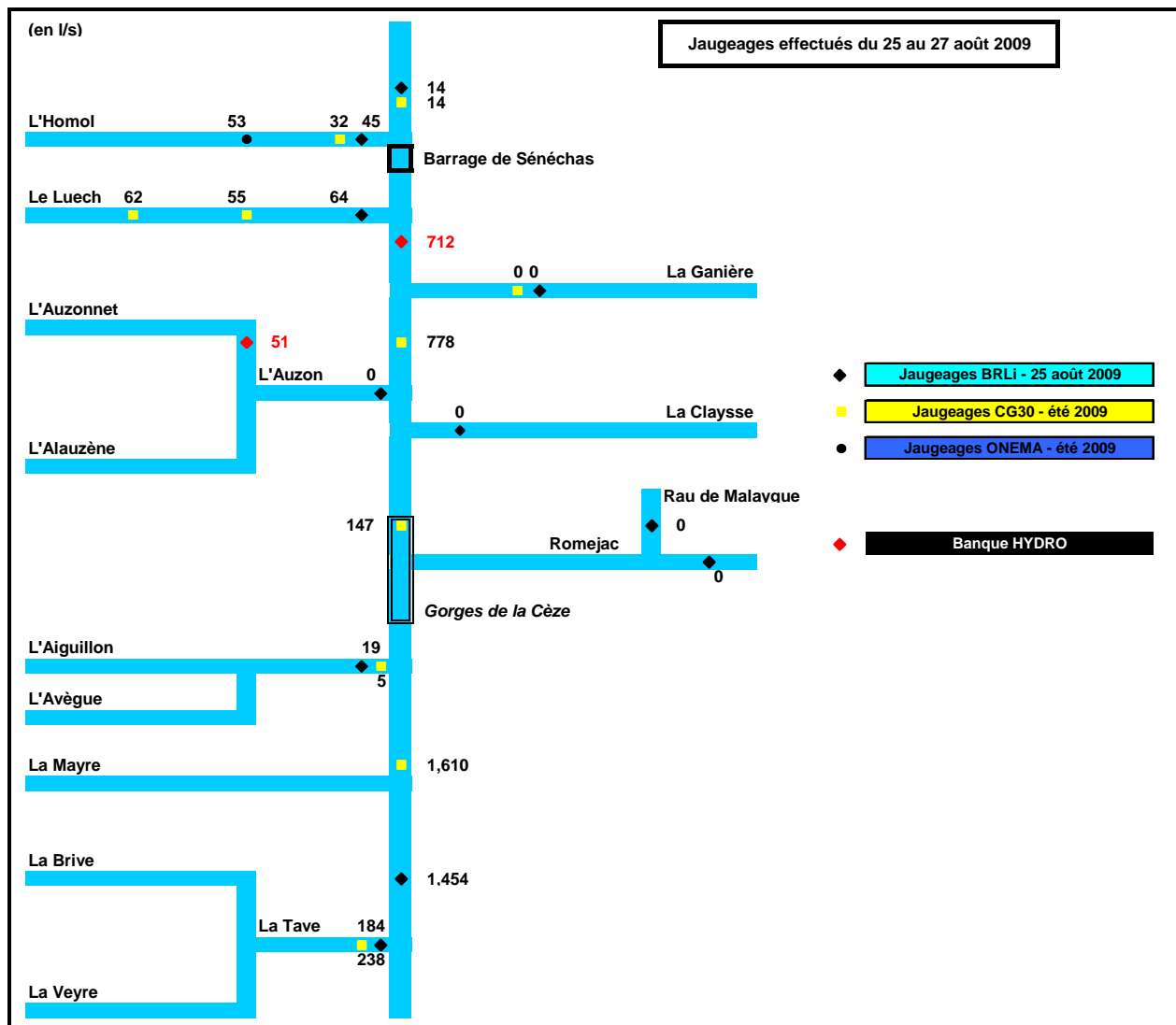
Compte-tenu de la faiblesse des apports des affluents de la Cèze entre l'amont des pertes et Chusclan, où le débit mesuré était de 1 964 l/s (des apports intermédiaires, comprenant le débit de la Mayre par exemple, n'ont pas été mesurés mais ne peuvent pas expliquer seuls les apports importants entre ces deux points), il est certain qu'à la période des mesures les nappes karstiques rejettent davantage d'eau que ce qui s'infiltré au même moment dans le karst au niveau des pertes à Tharoux. Cependant, ce phénomène de résurgence est particulièrement méconnu et il n'a pas été possible de modéliser un décalage dans le temps du retour des pertes karstiques dans la présente étude.

¹⁷ Voir BRLi (2007, 2008b et 2009), dans les rapports du PGCR Cèze, pour plus d'informations concernant les pertes karstiques.

¹⁸ Voir rapport de phase 1.

JAUGEAGES 23-27 AOUT 2009

Figure 13 : Bilan des jaugeages 23-27 juillet 2009.



Source : BRLi.

Les mesures de l'ONEMA et de BRLi ont été réalisées le 25 août et celles du Conseil Général entre le 25 et le 27 août. Il est possible qu'elles soient davantage influencées par les légères précipitations qui ont eut lieu à cette période (voir [Tableau 7](#)). Cela explique en partie (en plus des possibles imprécisions de mesures) le fait que le débit mesuré de la Cèze à Chusclan soit inférieur au débit à La-Roque-sur-Cèze (même chose pour les deux mesures en aval de la Tave) sur la Jaugeages 23-27 Août 2009

Figure 13 ci-dessus.

Plusieurs des affluents de la Cèze sont à sec. Les débits non régulés (affluents) sont beaucoup plus faibles que fin juillet.

Les pertes karstiques sur la Cèze à Tharoux sont à nouveau estimées supérieures à 500 l/s.

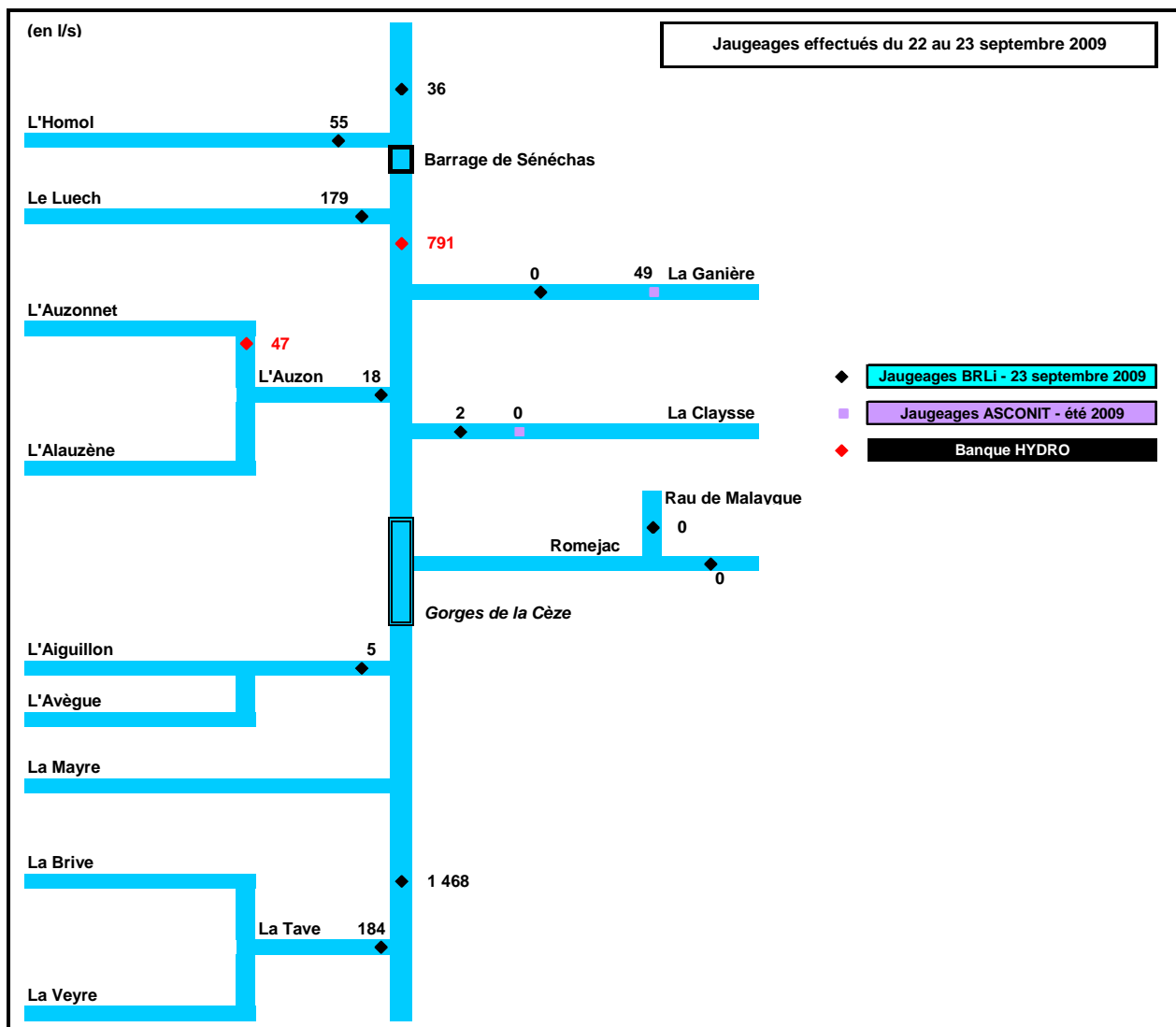
Le débit mesuré à l'amont des pertes (778 l/s) comparé à celui mesuré au niveau de Saint-Gervais (1 610 l/s) semble montrer qu'à cette période, comme au mois de juillet, les résurgences karstiques

restituent davantage que ce qui s'infiltre au même moment (environ + 800 l/s alors que les affluents sont presque tous à sec à cette période). Cette différence n'est pas explicable par le ruissellement de surface du aux précipitations ayant eut lieu à cette période (6.6 mm / jour au maximum à Chusclan, le 26 juillet). Cette différence est par contre explicable par l'important rôle de régulation joué par le karst.

On observe plus d'eau en amont de l'Auzon qu'en aval, ce qui peut être expliqué par les prélèvements de béals d'irrigation, ou encore par des légères pertes par infiltrations (même chose, dans une moindre mesure, sur l'Homol et le Luech).

JAUGEAGES 22-23 SEPTEMBRE 2009

Figure 14 : Bilan des jaugeages 22-23 septembre 2009.



Source : BRLi.

En plus des pertes sur le cour principal de la Cèze, il existe des pertes sur certains de ses affluents, notamment la Claysse et la Ganière. A la vue des jaugeages réalisés en septembre sur la Ganière, il semblerait que ces pertes puissent être de l'ordre de 50 l/s. Aucune autre source d'information n'étant disponible, cette valeur mesurée ponctuellement sera retenue pour l'évaluation des débits naturels (voir §3.2.6).

3. DETERMINATION DES DEBITS NATURELS AU DROIT DE POINTS DE REFERENCES DU BASSIN VERSANT DE LA CEZE

3.1 POINTS DE REFERENCE RETENUS PAR LE CONSULTANT

Les points de référence retenus correspondent aux points nodaux identifiés dans le PGCR. Ces points sont représentés sur la [Figure 15](#). Il s'agit de 4 points le long de la Cèze (numérotés de l'amont à l'aval de C1 à C4), et 6 points des affluents (numérotés de A1 à A6).

- ▶ C1 : point contrôlant le sous-bassin versant 7 (voir carte ci-dessous), ce bassin regroupe les sous-bassins de l'Homol et de la Cèze amont, ce point se situe au niveau du barrage de Sénéchas.
- ▶ A1 : point contrôlant le bassin versant du Luech.
- ▶ A2 : point contrôlant le bassin versant de la Gagnière.
- ▶ A3 : point contrôlant le bassin versant de l'Auzon.
- ▶ A4 : point contrôlant le bassin versant de la Claysse
- ▶ A5 : point contrôlant le bassin versant de l'Aiguillon
- ▶ A6 : point contrôlant le bassin versant de la Tave
- ▶ C2 : point situé sur la Cèze au pont de Tharoux, donc en aval de la Claysse qui se jette dans la Cèze entre la prise de l'ASA de Saint-Jean-de-Maruéjols et le pont de Tharoux ; d'importantes pertes karstiques ont lieu en amont du point C2 et viennent réduire de façon importante le débit ; le point C2 est un point de référence critique de gestion de l'eau sur le bassin versant de la Cèze car des assecs y sont souvent observés.
- ▶ C3 : point situé sur la Cèze à La-Roque-sur-Cèze, à l'aval immédiat du sous-bassin 2, au niveau de la station hydrométrique de La-Roque-sur-Cèze ; le point C2 contrôle donc l'ensemble des sous-bassins versant 2 à 8. ; en amont de ce point ont lieu d'importantes résurgences karstiques dans les Gorges de la Cèze.
- ▶ C4 : point situé au niveau de la station hydrométrique de Chusclan ; ce point contrôle l'ensemble du bassin versant de la Cèze, hormis le bassin versant de la Tave.

Tableau 8 : Point de référence sur le bassin versant de la Cèze retenus par le Consultant.

Nom point	Cours d'eau	BV	Surface (km ²)
A1	Luech	8	96
A2	Gagnière	6	88
A3	Auzon	5	162
A4	Claysse	3	81
A5	Aiguillon	2	124
A6	Tave	1	179
C1	Cèze Amont	7	117
C2	Cèze à Tharoux	4 à 8	656
C3	Cèze à La-Roque-sur-Cèze	2 à 8	1060
C4	Cèze à Chusclan	1 à 8	1180

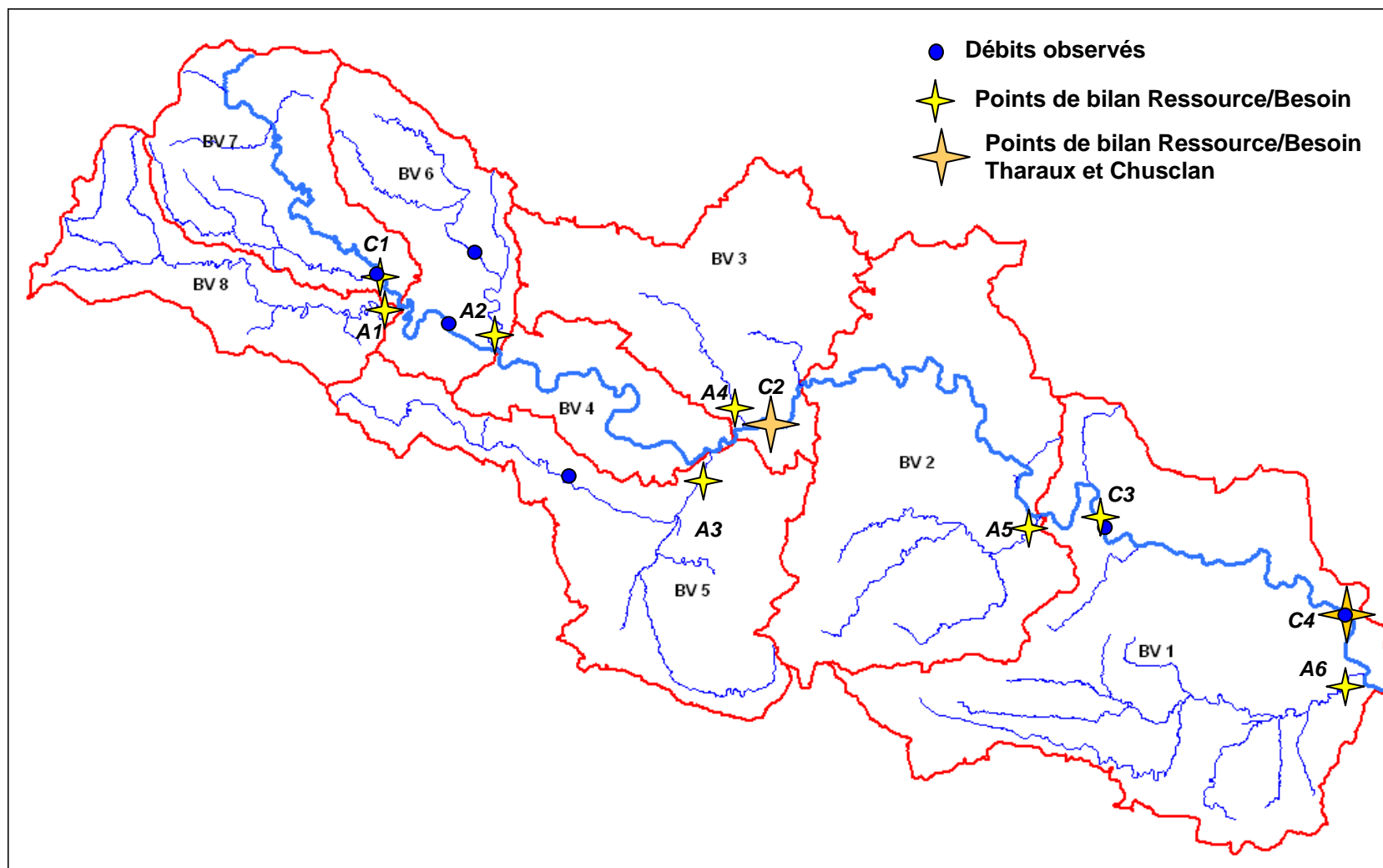
Source : BRLi.

Le point C3 (Cèze à La-Roque-sur-Cèze) a été rajouté à la liste des points de référence du PGCR, car il permettait le calage du modèle GR2M sur une partie non-négligeable du bassin versant (grâce à la station de mesure jugée fiable de La-Roque-sur-Cèze).

Ces points correspondent aux divisions en sous-bassins versants au niveau desquels ont été évalués les besoins en eau en phase 1 de l'étude, à l'exception des sous-bassins de l'Aiguillon et de la Tave, qui ne représentent respectivement qu'une partie des sous-bassins n°2 et n°1. La méconnaissance hydrologique des sous-bassins de l'Aiguillon et de la Tave ne nous avait en effet pas incité à les distinguer en sous-bassin (BV1 à BV8). Pourtant, leur relative importance (superficie) nous a tout de même incité à y placer des points nodaux et à essayer d'estimer la ressource en eau et ses usages¹⁹.

¹⁹ Pour les sous-bassins de l'Aiguillon et de la Tave, les besoins en eau pour l'irrigation ont été évalués par un ratio de surface, et les besoins en eau potable selon la localisation des forages utilisés pour l'alimentation en eau potable. Cette localisation des forages a été donnée dans les questionnaires envoyés aux acteurs lors de l'élaboration du PGCR Cèze, phase 2, par BRLi (2008c).

Figure 15 : Les différents points de bilan sur le bassin versant de la Cèze



Source : BRLi.

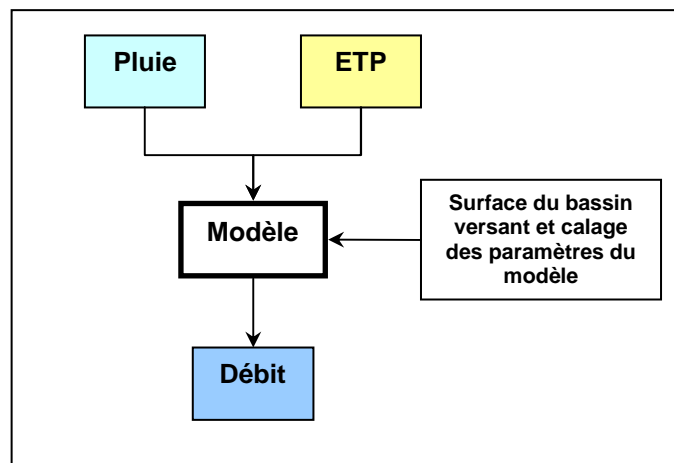
3.2 DETERMINATION DE DEBITS NATURELS

Les débits naturels ont été reconstitués sur la période 1974-2006 via l'utilisation d'outils de modélisation.

3.2.1 Présentation du modèle GR2M et naturalisation des débits

GR2M est un modèle pluie-ETP-débit. Cet outil est capable de transformer, à l'échelle d'un bassin versant donné, le signal « précipitations » et le signal « évapotranspiration » en un signal « débit à l'aval du sous-bassin versant ».

Figure 16 : Principe d'un modèle Pluie-ETP-Débit.



Source : BRLi.

Le croisement des données de pluie et d'évapotranspiration avec les données de débits naturels sur une courte période (en général au moins 2 ou 3 ans) peut permettre de caler les 2 paramètres du modèle GR2M pour le bassin versant considéré.

Le calage du modèle se fait de façon à maximiser le critère de Nash (Nash et Sutcliffe, 1970). Ce critère est sans dimension et est défini par :

$$Nash = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \hat{Q}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2} \right] \times 100$$

où Q_i et \hat{Q}_i sont respectivement les débits connus et simulés durant la période de calage; et où \bar{Q} est la moyenne des débits connus. Si le critère de Nash est de 100%, les n débits simulés sont égaux aux n débits connus. Par contre s'il est négatif, le débit calculé par le modèle est une plus mauvaise estimation que le simple débit moyen.

Un calage maximisant $Nash(\sqrt{Q})$ ou $Nash(\ln(Q))$ est aussi permis et permet de diminuer l'influence des forts débits et d'obtenir ainsi un meilleur calage en période d'étiage.

Enfin, un calage visuel (comparaison de la chronique simulée et de la chronique connue) permet de vérifier rapidement si les débits simulés sont satisfaisants. Ce calage visuel est en particulier utilisé pour choisir le critère de Nash à utiliser (Nash(Q), Nash(\sqrt{Q}) ou Nash(ln(Q))). Ce calage visuel est très important et peut parfois même nous inciter à choisir un critère de Nash plus faible pour satisfaire un meilleur calage visuel. Une attention particulière sera apportée au calage visuel en étiage (voir Figure 18 par exemple) car ce sont avant tout les étiage qui sont critiques pour la détermination des « Volumes Prélevables ».

Une fois les paramètres calés, les données de pluie et d'évapotranspiration permettent de modéliser les débits sur toute la période de disponibilité des pluies et de l'évapotranspiration. En règle générale, ces données sont disponibles sur de longues périodes, ce qui est rarement le cas des débits de toutes les stations considérées. L'utilisation d'un modèle pluie-ETP-débit permet donc d'étendre considérablement la période d'étude.

Ce modèle sera utilisé pour modéliser les débits naturels aux différents points du bassin versant où les débits influencés et les prélèvements/régulations amont sont connus sur une période de longueur suffisante pour le calage.

Une présentation détaillée des paramètres et du fonctionnement du modèle est disponible en Annexe 1.

VALIDATION DE L'UTILISATION DE GR2M

Le modèle GR2M est un modèle pluie-ETP-débit simplifié, qui se base sur le calage de 2 critères uniquement. Pour cette raison, il n'est pas toujours adapté à des systèmes hydrauliques complexes.

Par conséquent, nous validerons l'utilisation de GR2M grâce à une méthodologie systématique qui consistera à caler le modèle GR2M tous les 3 ans, en optimisant le critère de Nash choisi, et en vérifiant les trois critères de Nash sur toute la période des débits connus.

Le Tableau 9 suivant est un exemple de validation de l'utilisation de GR2M pour la station de l'Auzonnet aux Mages. Pour trois période de calage différentes, les trois critères de Nash sont pratiquement tous supérieurs à 80%.²⁰

Tableau 9 : Validation de l'utilisation de GR2M pour la station de l'Auzonnet aux Mages.

Validation du modèle sur la période 1997-2005			
Période de calage	1997	2000	2003
Optimisation du Nash(ln(Q))	1999	2002	2005
Nash(Q) %	82	80	80
Nash(VQ) %	87	83	87
Nash(ln(Q)) %	83	78	85

Source : BRLi.

DESINFLUENCEMENT DES DEBITS INFLUENCES

Le débit naturel correspond au débit qui coulerait dans la rivière en l'absence de régulations et de prélèvements humains.

On a : $Q_{nat} = Q_{inf} + \Delta S_{barrage} + \text{Prélèvement net}$.

Avec :

²⁰ On peut considérer, par expérience, que 80% est un bon critère de Nash. 90% un très bon. 70% un critère moyen.

- ▶ Qnat = le débit naturel,
- ▶ Qinf = le débit influencé,
- ▶ ΔS = la variation de stock d'eau à l'amont²¹ = Q sortant – Q entrant,
- ▶ Prélèvement net = le prélèvement net global à l'amont du point de référence.

Les débits naturels sont reconstitués à partir des prélèvements réels estimés au cours de la phase 1 de l'étude ainsi que grâce aux reconstitutions des débits entrants et sortants de Sénéchas. La période sur laquelle les débits naturels seront ainsi reconstitués sera la période de validation de l'utilisation du modèle GR2M. Au sein de cette période se trouvera la/les période(s) de calage.

Les paragraphes suivants détaillent la reconstitution des débits naturels aux différents points de référence retenus.

3.2.2 C1 : La Cèze en entrée du barrage de Sénéchas

Le barrage de Sénéchas contrôle le sous-bassin versant de l'Homol ainsi que le sous-bassin versant de la Cèze amont, soit le BV7.

Les débits naturels ont été reconstitués sur la période 1997-2005, à partir des prélèvements recensés en phase 1 sur le BV1, et à partir des débits influencés reconstitués en entrée du barrage de Sénéchas.

L'utilisation de GR2M est validée dans le Tableau 10 suivant ainsi que sur les Figure 17 et Figure 18 suivantes.

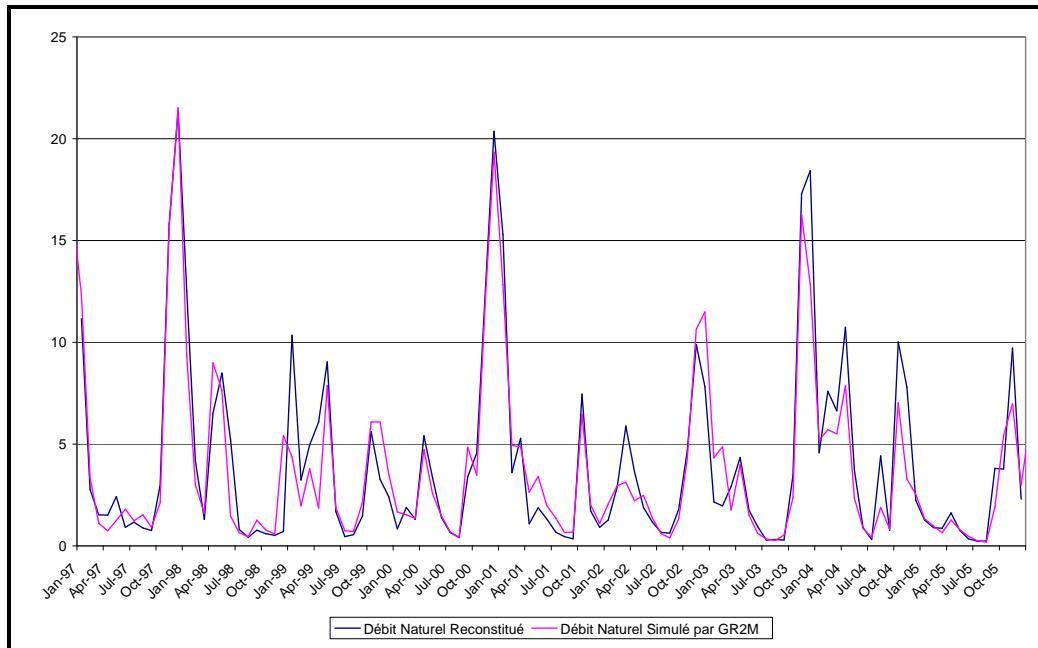
Tableau 10 : Validation de l'utilisation de GR2M pour la station C1 en entrée du barrage de Sénéchas.

Validation du modèle sur la période 1997-2005			
Période de calage pour optimisation du Nash(Q)	1997	2000	2003
	1999	2002	2005
Nash(Q)	87	88	85
Nash(VQ)	85	85	82
Nash(ln(Q))	83	84	78

Source : BRLi.

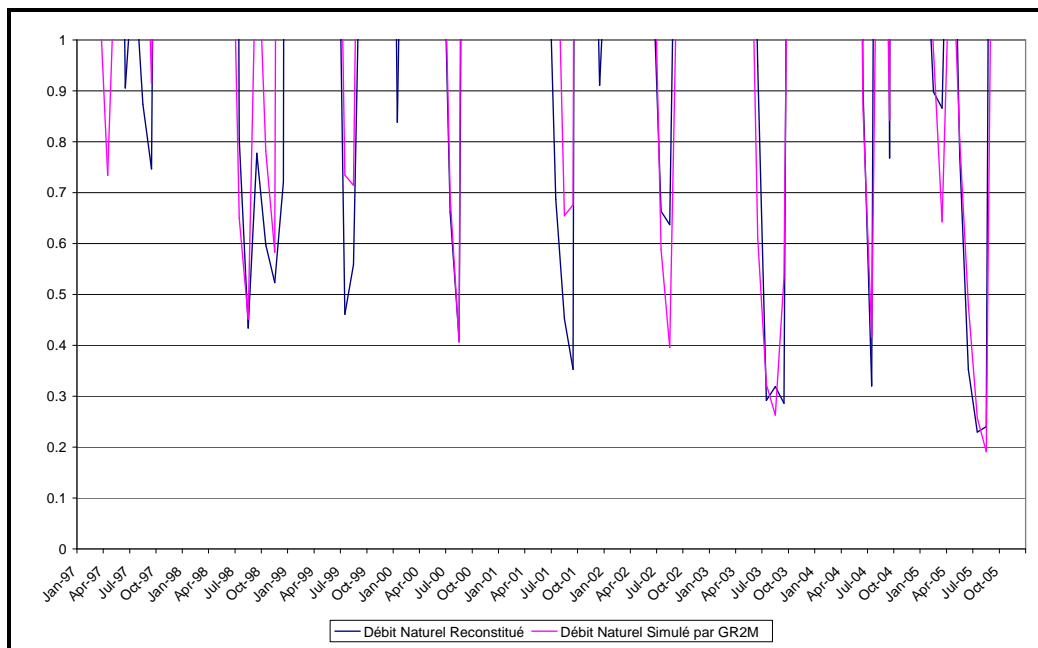
²¹ Rappel : nous considérons dans cette étude uniquement la régulation effectuée par le barrage de Sénéchas sur les points aval.

Figure 17 : Débit naturel reconstitué et débit naturel simulé par GR2M sur la période de validation (1997-2005) sur la Cèze en entrée du barrage de Sénéchas (en m³/s).



Source : BRLi.

Figure 18 : Débit d'étiage naturel reconstitué et naturel simulé sur la période de validation (1997-2005) sur la Cèze en entrée du barrage de Sénéchas (en m³/s).



Source : BRLi.

Les analyses statistiques des débits naturels simulés à partir de GR2M sont présentées page suivante.

Le débit naturel mensuel moyen est minimum aux mois de juillet et d'août. En mois moyens, le débit naturel reste supérieur au dixième du module. Par contre, en mois quinquennaux secs, les débits naturels d'août sont inférieurs au dixième du module.

Analyse statistique sur la période 1974-2008 (35 années simulées)

Cours d'eau : LA CEZE

Station : C1 Sénéchas

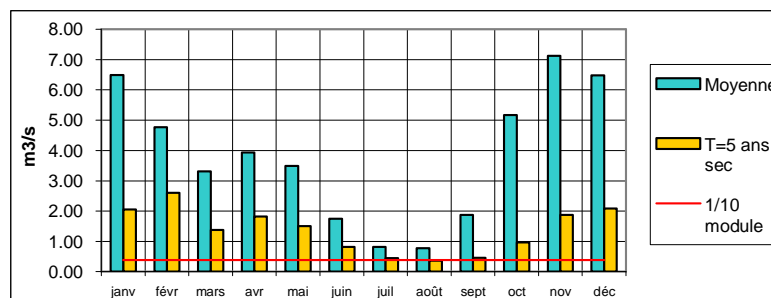
Superficie contrôlée : 117.0 km²

Type de débit : Naturel simulé

Débits (en m³/s ou l/s/km²)

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod m ³ /s	1/20 mod m ³ /s
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	l/s/km ²			
Moyenne	6.48	4.77	3.31	3.93	3.49	1.74	0.82	0.77	1.88	5.17	7.12	6.47	3.83	33	0.383	0.191
T=10 ans sec	1.64	1.80	1.31	1.32	1.27	0.63	0.36	0.27	0.27	0.44	0.71	1.71	1.99	17		
T=5 ans sec	2.05	2.60	1.37	1.82	1.50	0.81	0.45	0.36	0.46	0.96	1.86	2.08	2.59	22		
T=2 ans	4.63	3.64	2.70	2.64	2.89	1.47	0.69	0.48	0.94	3.47	4.82	4.32	3.58	31		
T= 5 ans humide	9.62	7.20	5.25	5.66	4.58	2.14	1.24	1.00	2.14	8.30	14.29	11.52	4.70	40		
T=10 ans humide	12.63	8.49	6.07	8.42	7.10	3.34	1.36	1.41	5.51	14.86	15.53	15.00	6.03	52		

	QMNA	
	m ³ /s	l/s/km ²
Moyenne	0.476	4.1
T=10 ans sec	0.230	2.0
T=5 ans sec	0.273	2.3
T=2 ans	0.434	3.7
T= 5 ans humide	0.662	5.7
T=10 ans humide	0.735	6.3



Apports en Mm3

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	17.36	11.53	8.86	10.18	9.34	4.52	2.20	2.07	4.87	13.84	18.45	17.33	120.6	13.66
T=10 ans sec	4.40	4.35	3.52	3.42	3.40	1.64	0.95	0.72	0.70	1.19	1.85	4.57	62.7	4.02
T=5 ans sec	5.49	6.29	3.67	4.71	4.02	2.10	1.20	0.97	1.20	2.56	4.83	5.57	81.7	5.47
T=2 ans	12.40	8.81	7.24	6.83	7.73	3.80	1.85	1.30	2.44	9.29	12.50	11.58	112.9	9.39
T= 5 ans humide	25.77	17.43	14.07	14.67	12.27	5.55	3.33	2.67	5.53	22.24	37.05	30.85	148.1	17.08
T=10 ans humide	33.83	20.55	16.27	21.82	19.02	8.66	3.64	3.78	14.27	39.79	40.25	40.17	190.1	30.34

3.2.3 A2 : La Ganière

La station hydrométrique installée sur la Ganière à Banne contrôle un bassin versant d'un peu plus de 55 km², soit 54 % de la surface totale du BV6.

Les débits naturels ont été reconstitués sur la Ganière à Banne sur la période 1997-2005, à partir des prélèvements recensés en phase 1 sur le BV6.

Les prélèvements agricoles recensés sur le BV6 ont été considérés comme étant tous situés en amont de la station de Banne. Les prélèvements en eau potable ont été répartis grâce aux enquêtes auprès des communes des affluents de la Cèze sur le bassin amont, réalisées par BRLi (2008c), pendant l'été 2007. 9% des prélèvements AEP du BV6 ont ainsi été considérés comme étant en amont de la station de Banne. Ce ratio est estimé à partir des débits de pointe du Tableau 11 suivant.

Tableau 11 : Prélèvements en AEP sur le BV6.

Nom de l'unité de gestion	Commune d'implantation	Nom du captage	Débit de pointe	Type	Amont Banne ?
BONNEVAUX ET NOJARET	BONNEVAUX	SOURCE DE LA MARO	0,1 l/s	Source	OUI
BONNEVAUX ET NOJARET	BONNEVAUX	SOURCE DE CHABANNE	0,3 l/s	Source	OUI
BORDEZAC	BORDEZAC	SOURCES DE ROCHOULE	1,8 l/s	Source	NON
SYNDICAT DE GAGNIERES-COURRY	GAGNIERES	CAPTAGE DE LA VIGIERE	4,4 l/s	Nappe alluviale	NON
MALONS ET ELZE	MALONS ET ELZE	SOURCE DE LA VACHASSIDE	0,2 l/s	Source	OUI
MALONS ET ELZE	MALONS ET ELZE	SOURCE DU FRONTAL	0,1 l/s	Source	OUI
GAGNIERES ET HAMEAUX	SAINT-PAUL-LE-JEUNE	SOURCE DE LA VERNADELLE	1,9 l/s	Source	NON

Source : BRLi (2008c).

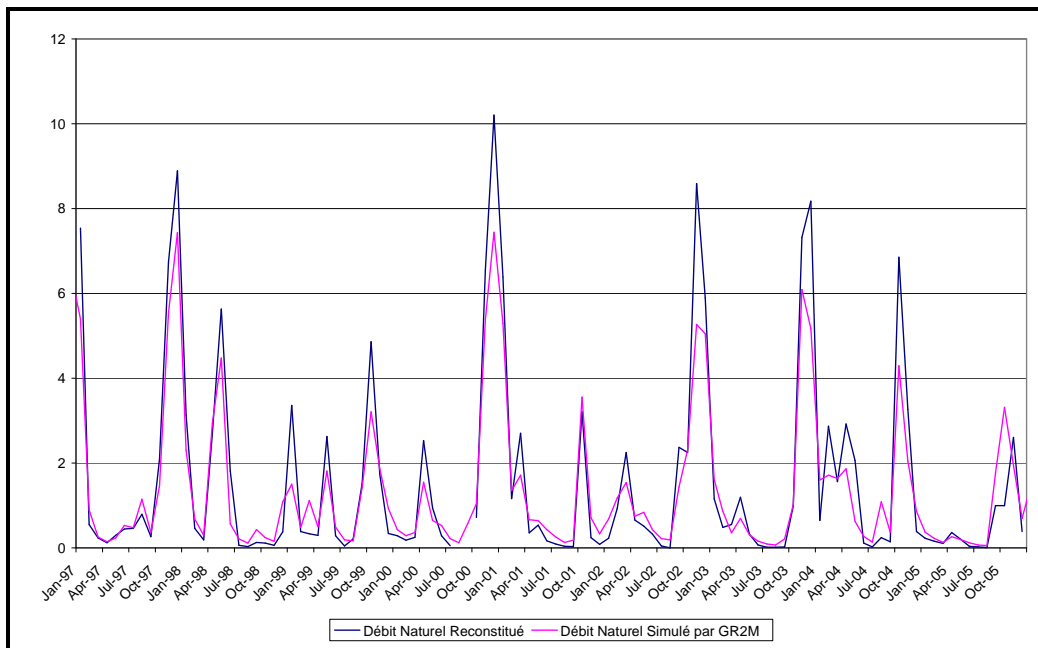
L'utilisation de GR2M est validée dans le Tableau 12 suivant ainsi que sur les Figure 19 et Figure 20 suivantes. On peut remarquer sur la Figure 19 qu'un calage des étiages a été privilégié par rapport à un calage des crues (souvent sous-estimées).

Tableau 12 : Validation de l'utilisation de GR2M pour la station A2 de la Ganière à Banne.

Validation du modèle sur la période 1997-2005			
Période de calage	1997	2000	2003
Optimisation du Nash(VQ)	1999	2002	2005
Nash(Q) %	88	87	85
Nash(VQ) %	88	87	87
Nash(ln(Q)) %	80	81	81

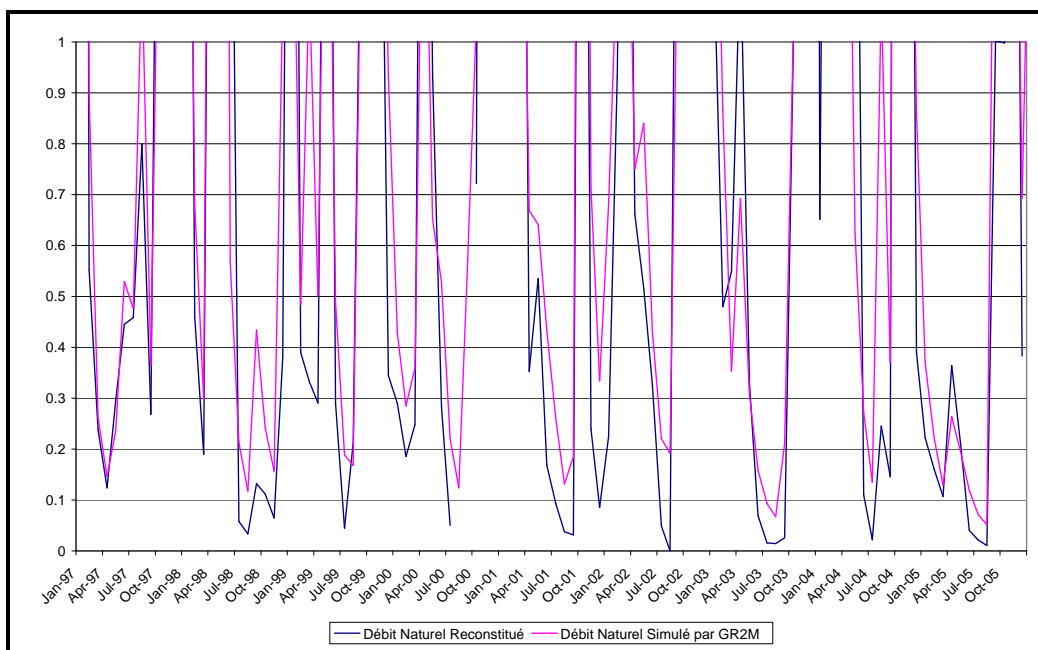
Source : BRLi.

Figure 19 : Débit naturel reconstitué et débit naturel simulé sur la période de validation (1997-2005) sur la Ganière à Banne (en m³/s).



Source : BRLi.

Figure 20 : Débit d'étiage naturel reconstitué et naturel simulé sur la période de validation (1997-2005) sur la Ganière à Banne (en m³/s).



Source : BRLi.

La station de Banne est pratiquement représentative du bassin versant global de la Ganière, si l'on exclue les pertes aval. Pour estimer la ressource apportée entre Banne et l'aval immédiat de la confluence avec la Ganière, on calcule donc comme suit les débits naturels :

$$Q_{nat_{BV}} = Q_{nat_{Banne}} * (Surf_{BV} / Surf_{Banne})^{0.9}$$

Si l'on élève le rapport ($\text{Surf}_{\text{BV}}/\text{Surf}_{\text{station}}$) à la puissance 0.9, c'est afin de prendre en compte le fait que l'amont du bassin de la Ganière a un module spécifique plus fort que le bassin de la Ganière tout entier (hors pertes). Avec ce calcul, pour exemple, un débit de 200 l/s à Banne donne un débit de 223 l/s à l'exutoire du bassin de la Ganière (point A2), fermeture du BV6.

Des pertes ont aussi lieu sur la Ganière en aval de la station de mesure (voir §3.2.6). Aucune campagne de mesure n'a été réalisée pour quantifier ces pertes. Etant donné les résultats des jaugeages de septembre 2009 (voir [Figure 14](#)) On considère très approximativement qu'elles s'élèvent à 50 l/s (ou à 100% de la ressource si les écoulements sont inférieurs à 50 l/s).

Les analyses statistiques des débits naturels simulés à la fermeture du BV6 à partir de GR2M et de ratios de superficies sont présentées page suivante.

En année quinquennale sèche, les débits mensuels obtenus en aval de la Ganière sont très faibles en été. Le bassin versant de la Ganière ne représente pas la totalité du sous-bassin entre Bessèges et l'aval du sous-bassin versant 6. Un secteur d'un peu moins de 10 km² est à intégrer en complément. Les apports de ce secteur ont été estimés proportionnel à ceux de la Ganière hors pertes karstiques.

Analyse statistique sur la période 1974-2008 (35 années simulées)

Cours d'eau : LA GANIERE

Station : A2

Fermeture du BV6

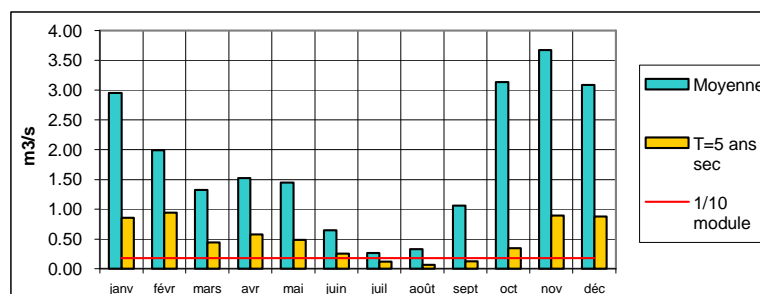
Superficie contrôlée : 78.0 km²

Type de débit : Naturel simulé

Débits (en m3/s ou l/s/km²)

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	2.95	1.99	1.32	1.52	1.44	0.65	0.27	0.33	1.06	3.13	3.67	3.09	1.79	23	0.179	0.089
T=10 ans sec	0.54	0.56	0.36	0.44	0.32	0.19	0.09	0.05	0.05	0.12	0.21	0.54	0.49	6		
T=5 ans sec	0.86	0.94	0.44	0.58	0.48	0.25	0.12	0.07	0.13	0.35	0.89	0.88	0.66	9		
T=2 ans	2.00	1.56	0.90	0.97	0.90	0.54	0.23	0.15	0.33	2.29	2.60	1.82	0.87	11		
T= 5 ans humide	4.85	3.04	2.07	2.51	2.00	0.95	0.37	0.35	1.89	5.76	7.16	5.65	1.30	17		
T=10 ans humide	6.48	4.08	2.33	3.51	3.03	1.26	0.54	0.74	3.35	7.47	8.09	6.99	1.74	22		

	QMNA	
	m3/s	l/s/km ²
Moyenne	0.126	1.6
T=10 ans sec	0.034	0.4
T=5 ans sec	0.052	0.7
T=2 ans	0.118	1.5
T= 5 ans humide	0.181	2.3
T=10 ans humide	0.274	3.5



Apports en Mm3

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	7.91	4.81	3.54	3.95	3.86	1.67	0.71	0.89	2.75	8.39	9.52	8.27	56.3	6.02
T=10 ans sec	1.44	1.36	0.95	1.15	0.85	0.49	0.24	0.14	0.14	0.33	0.54	1.45	15.5	1.01
T=5 ans sec	2.30	2.28	1.18	1.49	1.29	0.66	0.32	0.18	0.33	0.93	2.31	2.35	20.9	1.49
T=2 ans	5.37	3.77	2.41	2.52	2.41	1.39	0.61	0.40	0.86	6.14	6.75	4.87	27.4	3.26
T= 5 ans humide	13.00	7.35	5.54	6.51	5.35	2.47	1.00	0.93	4.90	15.42	18.56	15.13	41.1	9.30
T=10 ans humide	17.36	9.87	6.23	9.11	8.11	3.26	1.44	1.98	8.69	20.00	20.97	18.71	55.0	15.37

3.2.4 A1 : Le Luech

Le Luech rejoint la Cèze entre Bessèges et le barrage de Sénéchas.

Connaissant le débit influencé de la Cèze à Bessèges (station hydro) ainsi que les prélèvements/régulation en amont de Bessèges, il est possible de reconstituer le débit naturel de la Cèze à Bessèges.

Connaissant alors le débit naturel de la Cèze à Sénéchas et le débit naturel de la Cèze à Bessèges, il est possible de reconstituer le débit naturel à la fermeture du bassin du Luech (BV8).

DEBITS NATURELS A LA STATION DE LA CEZE A BESSEGES

Les débits observés à la station de Bessèges ont été désinfluencés, tous les mois de 1997 à 2005, des prélèvements amont et du stockage du barrage de Sénéchas.

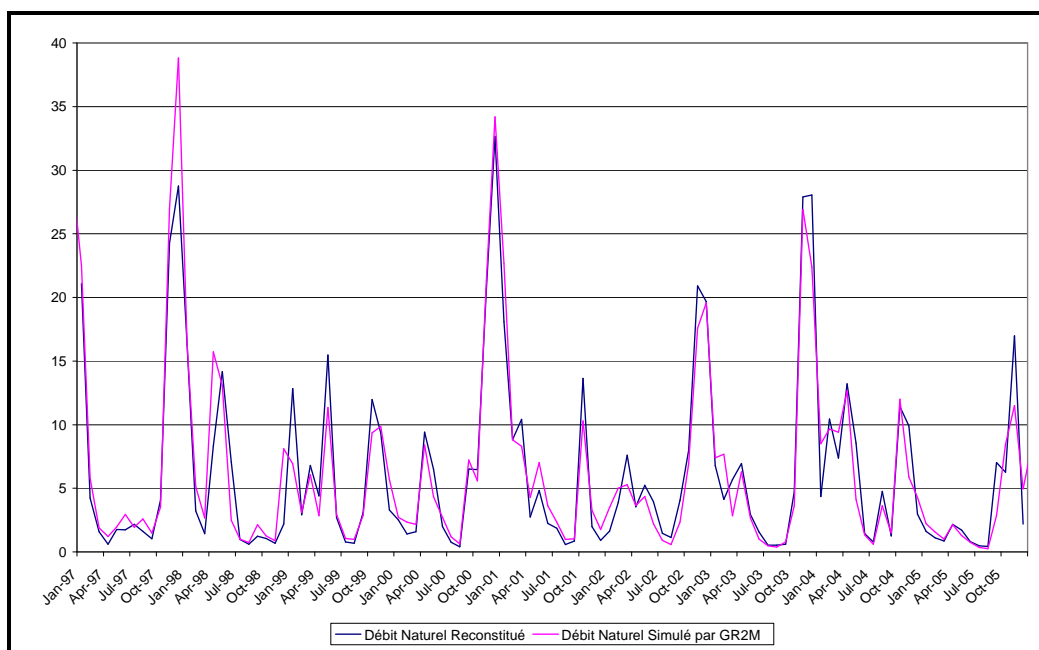
L'utilisation de GR2M pour ces débits naturels reconstitués de la Cèze à Bessèges est validée dans le Tableau 13 suivant ainsi que sur les Figure 21 et Figure 22 suivantes.

Tableau 13 : Validation de l'utilisation de GR2M pour la station de la Cèze à Bessèges.

Validation du modèle sur la période 1997-2005			
Période de calage	1997	2000	2003
Optimisation du Nash(ln(Q))	1999	2002	2005
Nash(Q) %	90	87	86
Nash(VQ) %	89	89	88
Nash(ln(Q)) %	88	88	88

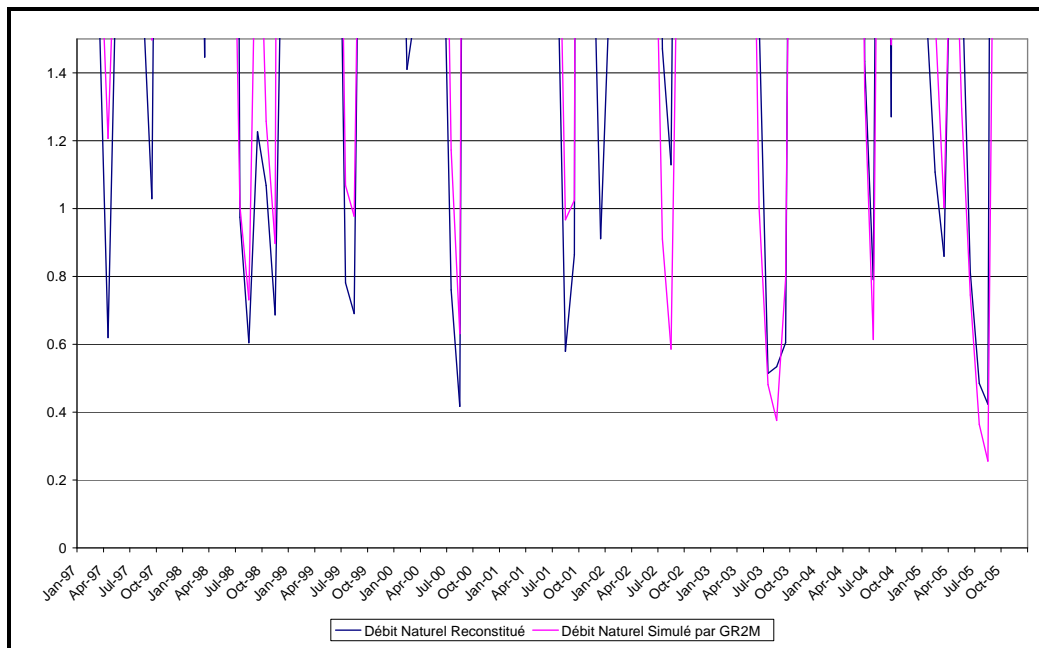
Source : BRLi.

Figure 21 : Débit naturel reconstitué et débit naturel simulé sur la période de validation (1997-2005) sur la Cèze à Bessèges (en m³/s).



Source : BRLi.

Figure 22 : Débit d'étiage naturel reconstitué et naturel simulé sur la période de validation (1997-2005) sur la Cèze à Bessèges (en m³/s).



Source : BRLi.

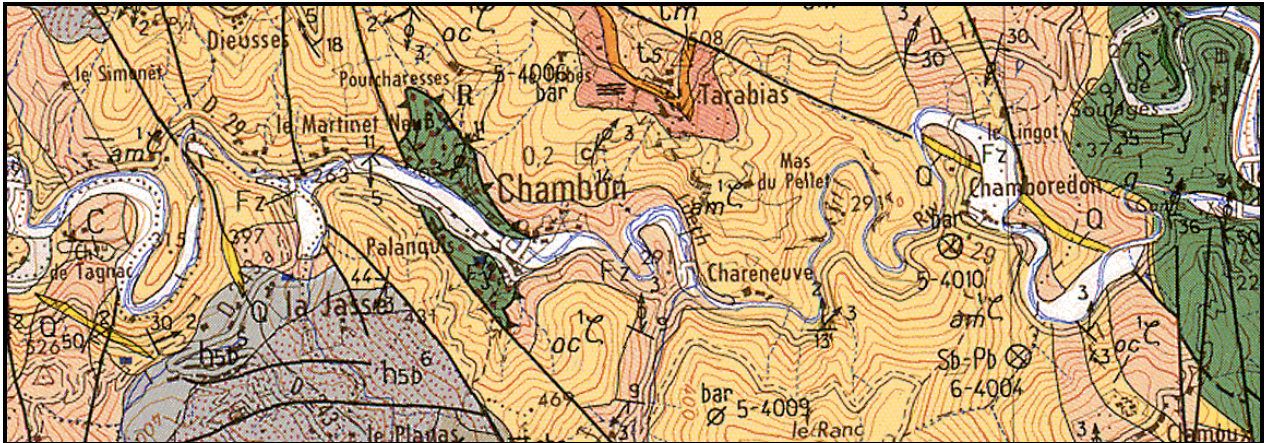
DEBITS NATURELS A LA FERMETURE DU LUECH (BV8)

En faisant la différence entre le débit naturel de la Cèze à Bessèges et le débit naturel de la Cèze au droit du barrage de Sénéchas, on obtient en fermeture du bassin versant du Luech (BV8) les statistiques de débits (que l'on appellera aussi « débits simulés ») présentées page suivante.

Les bassins du Luech et de la Ganière ont des superficies proches. Les étiages du Luech sont aussi très faibles, voir nuls en année très sèche. Le module du bassin du Luech est très proche de celui de la Ganière, tout deux étant plus faibles que celui de la Cèze amont (BV7).

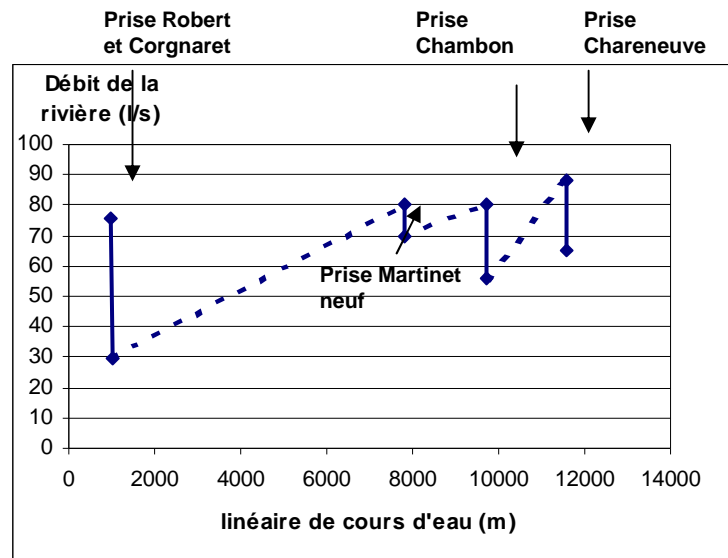
De plus, nous pensons que des pertes, résurgences (karstiques ou non) et/ou écoulement souterrains existent aussi en aval du bassin du Luech (voir la présence de faille en Figure 23 ci-dessous). En effet, des apports positifs pourraient notamment expliquer l'augmentation régulière de débits le long du Luech malgré les prélèvements de béals et la situation encaissée du bassin (voir Figure 24). Cependant, aucune mesure de transferts souterrains n'a été réalisée, à notre connaissance, sur le bassin versant du Luech, et aucune estimation n'est possible (par manque de mesures de débits fiables sur le bassin). Ces transferts seront donc négligés.

Figure 23 : Présence de failles géologiques (traits noirs) à l'aval du bassin versant du Luech.



Source : Carte géologique de la France au 1/50000 (1978).

Figure 24 : Mesure du débit du Luech et estimation des retours au cours d'eau (mesure été 2009, l/s).



Source : ONEMA & ABCèze (2009). Figure présentée aussi dans le rapport de phase 1 de la présente étude « Volumes prélevables »)

Analyse statistique sur la période 1974-2008 (35 années simulées)

Cours d'eau : LE LUECH

Station : A1

Fermeture du BV8

Superficie contrôlée : 96.4 km²

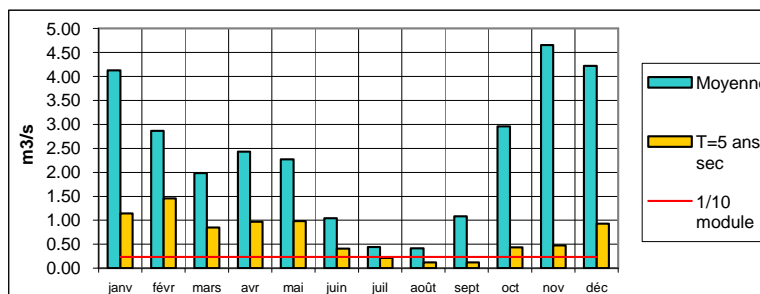
Type de débit : Naturel simulé

Débits (en m³/s ou l/s/km²)

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s	m ³ /s
Moyenne	4.13	2.87	1.98	2.43	2.27	1.04	0.44	0.41	1.08	2.96	4.65	4.22	2.37	25	0.237	0.119
T=10 ans sec	0.92	1.08	0.79	0.79	0.68	0.35	0.15	0.11	0.07	0.11	0.15	0.60	1.03	11		
T=5 ans sec	1.14	1.45	0.85	0.97	0.98	0.41	0.22	0.12	0.12	0.44	0.47	0.93	1.22	13		
T=2 ans	2.54	2.32	1.58	1.64	1.78	0.94	0.35	0.23	0.43	2.10	2.95	2.67	2.36	25		
T= 5 ans humide	6.81	3.99	2.99	3.35	3.22	1.40	0.71	0.56	0.98	5.07	9.60	7.05	3.21	33		
T=10 ans humide	8.83	5.54	3.69	5.26	3.88	1.68	0.90	1.08	2.91	8.46	10.57	10.15	3.81	39		

QMNA

	QMNA	
	m ³ /s	l/s/km ²
Moyenne	0.20	2.1
T=10 ans sec	0.04	0.4
T=5 ans sec	0.07	0.7
T=2 ans	0.17	1.7
T= 5 ans humide	0.32	3.3
T=10 ans humide	0.44	4.5

Apports en Mm³

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
	Moyenne	11.05	6.94	5.31	6.30	6.09	2.71	1.18	1.11	2.81	7.92	12.05	11.30	74.8
T=10 ans sec	2.45	2.62	2.11	2.04	1.83	0.90	0.41	0.29	0.18	0.30	0.40	1.61	32.5	1.77
T=5 ans sec	3.05	3.52	2.27	2.51	2.63	1.05	0.58	0.33	0.31	1.17	1.22	2.49	38.3	2.28
T=2 ans	6.80	5.62	4.24	4.25	4.77	2.44	0.94	0.63	1.12	5.63	7.64	7.14	74.6	5.11
T= 5 ans humide	18.23	9.65	8.00	8.67	8.63	3.64	1.91	1.49	2.54	13.59	24.88	18.88	101.4	9.58
T=10 ans humide	23.65	13.40	9.89	13.64	10.39	4.35	2.40	2.89	7.54	22.66	27.39	27.20	120.0	17.19

3.2.5 C3 : La Cèze à La-Roque-sur-Cèze

La station de La-Roque-sur-Cèze est située peu après la fermeture du BV2. Elle contrôle un bassin versant d'une surface totale de 1 060 km².

Les débits observés à la station de La-Roque-sur-Cèze ont été désinfluencés, tous les mois de janvier 1997 à juillet 2002, des prélèvements amont (BV2 à 8) et du stockage du barrage de Sénéchas.

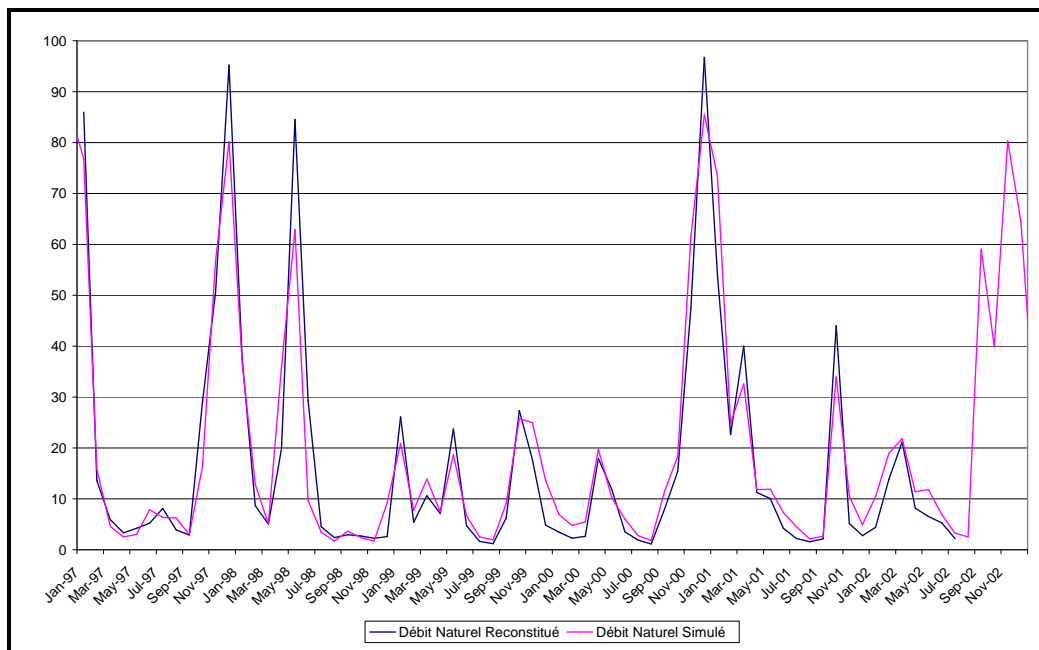
L'utilisation de GR2M est validée dans le Tableau 14 suivant ainsi que sur les Figure 21 et Figure 22 suivantes.

Tableau 14 : Validation de l'utilisation de GR2M pour la station de la Cèze à La-Roque-sur-Cèze.

Validation du modèle sur la période 1997-2005			
Période de calage	1997	2000	2003
Optimisation du Nash(VQ)	1999	2002	2005
Nash(Q) %	92	89	-
Nash(VQ) %	91	91	-
Nash(ln(Q)) %	86	87	-

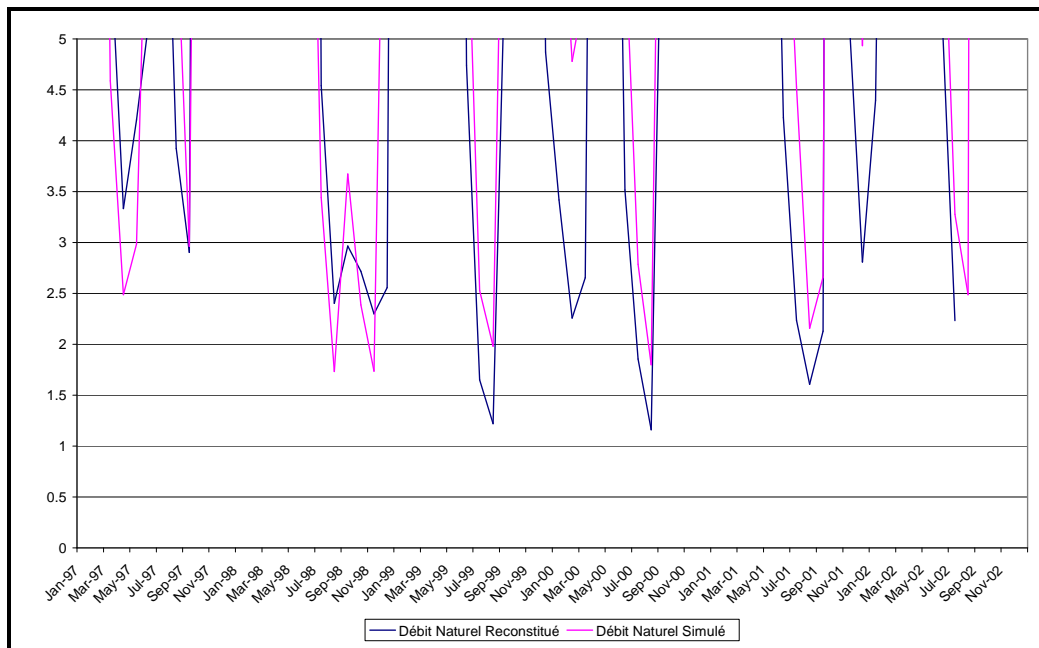
Source : BRLi.

Figure 25 : Débit naturel reconstitué et débit naturel simulé sur la période de validation (1997-2002) sur la Cèze à La-Roque-sur Cèze (en m³/s).



Source : BRLi.

Figure 26 : Débit d'étiage naturel reconstitué et naturel simulé sur la période de validation (1997-2002) sur la Cèze à La-Roque-sur Cèze (en m³/s).



Source : BRLi.

L'analyse statistique des débits naturels reconstitués à partir de GR2M est présentée page suivante.

Analyse statistique sur la période 1974-2008 (35 années simulées)

Cours d'eau : LA CEZE

Station : C3

La-Roque-sur-Cèze

Superficie contrôlée : 1060 km²

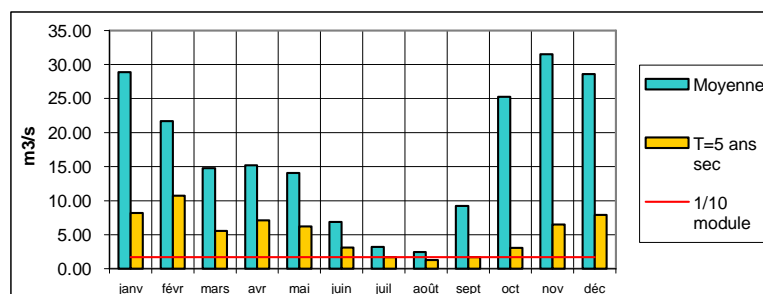
Type de débit : Naturel simulé

Débits (en m³/s ou l/s/km²)

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s	m ³ /s
Moyenne	28.89	21.68	14.81	15.24	14.06	6.85	3.24	2.48	9.21	25.31	31.53	28.62	16.83	16	1.683	0.841
T=10 ans sec	7.27	6.96	5.05	5.56	4.42	2.42	1.44	1.05	0.92	1.45	2.59	4.86	7.75	7		
T=5 ans sec	8.22	10.72	5.60	7.12	6.20	3.11	1.70	1.29	1.69	3.09	6.53	7.90	8.76	8		
T=2 ans	20.89	15.97	11.76	11.85	10.93	6.03	2.77	1.82	3.13	18.37	23.95	17.91	16.79	16		
T= 5 ans humide	38.08	29.42	22.24	23.24	18.91	9.69	4.60	3.55	11.49	46.25	62.45	54.96	22.06	21		
T=10 ans humide	68.11	46.85	30.28	30.34	25.11	10.97	5.72	4.66	25.92	56.14	65.30	73.41	27.17	26		

QMNA

	QMNA	
	m ³ /s	l/s/km ²
Moyenne	1.72	1.6
T=10 ans sec	0.67	0.6
T=5 ans sec	0.97	0.9
T=2 ans	1.58	1.5
T= 5 ans humide	2.49	2.3
T=10 ans humide	3.03	2.9

Apports en Mm³

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	77.37	52.46	39.67	39.51	37.67	17.76	8.68	6.65	23.87	67.78	81.73	76.65	529.8	56.96
T=10 ans sec	19.47	16.84	13.52	14.42	11.83	6.29	3.85	2.81	2.40	3.89	6.71	13.02	244.5	15.34
T=5 ans sec	22.02	25.93	15.01	18.45	16.62	8.05	4.56	3.47	4.37	8.28	16.92	21.16	276.1	20.45
T=2 ans	55.94	38.64	31.49	30.73	29.28	15.62	7.43	4.89	8.12	49.20	62.07	47.98	529.6	36.06
T= 5 ans humide	102.01	71.18	59.56	60.23	50.65	25.11	12.32	9.51	29.78	123.88	161.87	147.20	695.7	76.72
T=10 ans humide	182.43	113.35	81.11	78.63	67.26	28.42	15.33	12.47	67.18	150.36	169.26	196.62	856.9	123.40

3.2.6 Méthode pour la détermination des débits sur les points intermédiaires entre Bessèges et La-Roque-sur-Cèze

Il n'existe pas de station hydrométrique fiable en étiage sur la Cèze située entre Bessèges et La-Roque-sur-Cèze. Cela rend difficile la détermination des débits naturels entre ces deux points. La station placée sur l'Auzonnet aux Mages est située très en amont sur le BV5 et représente déjà mal l'ensemble du bassin versant de l'Auzon.

La démarche adoptée pour la détermination des débits naturel aux points A3, A4, A5, et C2 est donc présentée dans l'encadré suivant.

REPARTITION DES APPORTS ENTRE L'ARRIVEE DE LA GANIERE ET LA-ROQUE-SUR-CEZE

La connaissance des débits naturels sur la Cèze à La-Roque-sur-Cèze et à l'aval de la confluence avec la Ganière (débit naturel simulés de la Cèze à Bessèges + apports naturels simulés de la Ganière) permet de déterminer une production globale pour le secteur situé entre ces deux points. Le module spécifique de ce secteur de 740 km² (55% du bassin de la Cèze) est de 11.7 l/s/km². Pour évaluer la répartition des apports entre les différents sous-bassins (cours principal de la Cèze et affluents de l'Auzon à l'Aiguillon), on attribue à chacun un module spécifique. Les facteurs pouvant influencer la productivité d'un bassin versant donné sont les suivants :

- ▶ les modules spécifiques sont a priori décroissants de l'amont (bassins recevant plus de pluies) vers l'aval ;
- ▶ le module spécifique est proportionnel aux précipitations reçues, à géologie et couvert végétal constants (un bassin plus arrosé aura alors un modulé spécifique plus élevé) ;
- ▶ la productivité d'un bassin versant est influencée par sa morphologie, son couvert végétal et sa géologie.

On choisi finalement d'affecter des modules spécifiques de 12.12, 11.87, 11.62 et 11.37 l/s/km² au BV5, BV4, BV3 et BV2 respectivement (aussi 11.37 l/s/km² à la part de BV1 en amont de La-Roque-sur-Cèze, soit environ 52 km²).²²

A partir des modules spécifiques affectés à chacun des bassins intermédiaires entre l'aval de la confluence avec la Ganière et La-Roque-sur-Cèze ; on évalue la contribution de ces bassins.

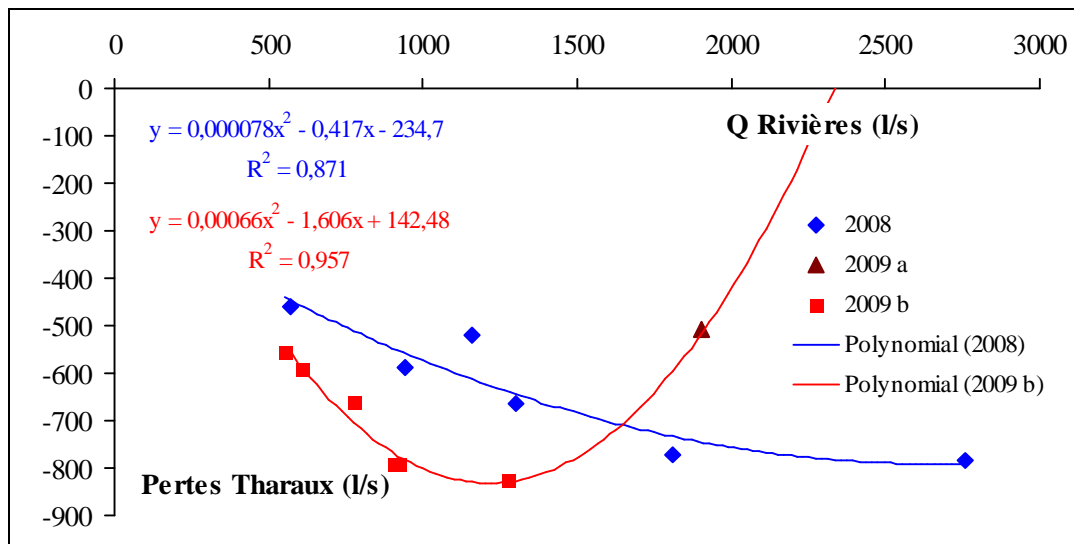
PERTES KARSTIQUES

Le CNRS travaille actuellement sur les pertes karstiques de la Cèze et a été consulté à ce sujet.

²² Ces valeurs ont été choisies pour retomber sur un total de 12,3 l/s/km² pour l'ensemble du secteur intermédiaire du bassin versant de la Cèze entre la confluence avec la Ganière et La-Roque-sur-Cèze, tout en imposant une différence de débit spécifique de 0.25 l/s/km² entre les BV5, BV4, BV3 et BV2.

Il s'avère que, **suivant les années, le comportement des pertes karstiques peut être très différent** (voir [Figure 27](#)). Les quantités d'eau perdues par infiltration dans le karst restent donc un point d'ombre de la gestion de l'eau sur le bassin versant de la Cèze. L'influence du karst sur les débits reste difficile à appréhender. Selon le CNRS, ce sont les données de 2009 qui caractérisent le mieux le comportement des pertes en situation d'étiage (année 2008 particulièrement humide). C'est donc le comportement en 2009 qui servira de base à l'évaluation des pertes karstiques sur la Cèze dans la présente étude.

Figure 27 : Diminution du débit de la Cèze entre Rivières et Tharoux en relation avec le débit de la Cèze à Rivières lors des étiages 2008 et 2009 (CNRS, 2009)



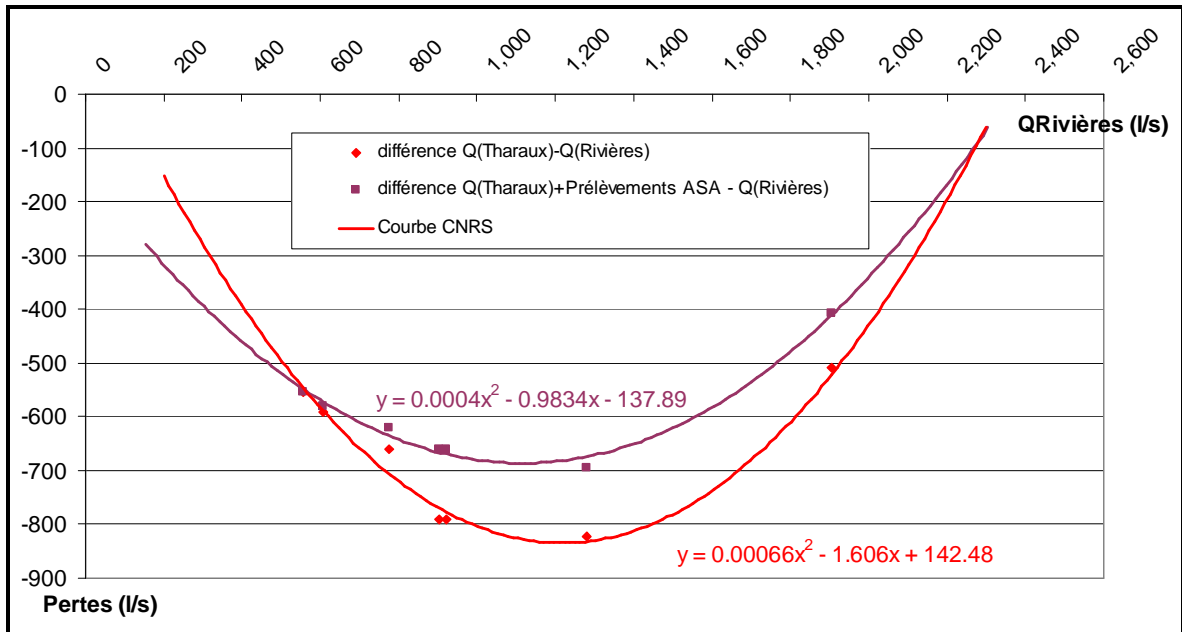
Source : Martin C. (2009).

Le travail du CNRS présenté ici n'intègre pas les prélèvements de l'ASA de Saint-Jean-de-Maruéjols dans son bilan. En réalité, la différence mesurée entre le pont de Rivières et Tharoux s'explique en partie par les pertes, et en partie par les prélèvements de l'ASA.

Le président de l'ASA de Saint-Jean-de-Maruéjols a été contacté pour savoir si des données journalières de débit les jours des jaugeages effectués par le CNRS étaient disponibles. Celles-ci étant régulièrement effacées, elles ne sont plus disponibles. Par contre l'ASA conserve les données de prélèvements hebdomadaires qui permettraient d'avoir une idée des débits prélevés les jours de jaugeages, tout en sachant que les débits prélevés par pompage peuvent varier fortement au cours d'une journée et/ou d'une semaine. Dans l'attente de ces données, les mesures réalisées par le CNRS ont été reprises en considérant que les débits prélevés par l'ASA les jours de mesures étaient égaux à ceux (mensuels) estimés dans le cadre de la phase 1 de l'étude.

La [Figure 28](#) ci-dessous présente les résultats obtenus par le CNRS (courbe rouge) et les valeurs des débits mesurés par le CNRS auquel on a ajouté l'estimation des prélèvements à prendre en compte les jours de mesure (courbe violette).

Figure 28 : Diminution des débits de la Cèze entre Rivières et Tharoux, parts des prélèvements et des pertes (CNRS, BRLi)



Comme on peut le voir sur le graphique ci-dessus, les pertes varient en fonction du débit au niveau de Rivières (amont des pertes, aval de la confluence avec l'Auzon) et peuvent presque atteindre 700 l/s.

Un chercheur du CNRS contacté estime que ces pertes sont réparties approximativement comme suit : 50% entre le pont de Rivières et la confluence avec la Claysse, 50 % entre la confluence avec la Claysse et l'amont des Gorges (pont de Tharoux).

Photo 1 : Remous provoqués par des pertes karstiques en amont de la confluence avec le Claysse.



Source : BRLi (2007).

Des pertes existent également sur la Ganière et la Claysse mais aucune mesure ne permet de les quantifier. La Claysse, qui est un plus petit cours d'eau, est le premier affluent de la Cèze à se tarir en condition de sécheresse. Au cours de l'année 2009, la Claysse a connu des assècs la majeure partie de l'été. La Ganière ayant des débits plus conséquents, elle subit des volumes de pertes plus importants que la Claysse.

Concernant les pertes karstiques, les hypothèses suivantes seront prises pour la présente étude.

- ▶ Les pertes sur la Ganière sont de l'ordre de 50 l/s (voir §2.5).
- ▶ Les pertes sur la Claysse sont de l'ordre de 40 l/s (ce débit est le débit minimal, à 10 l/s près, permettant de simuler des assècs sur la Claysse en année quinquennale sèche).
- ▶ Le comportement des pertes suit celui constaté par le CNRS en 2009, corrigé des prélèvements de l'ASA de Saint-Jean-de-Maruéjols, soit
$$Q_{\text{pertes}} = 0.0004 * QR_{\text{rivières}}^2 - 0.9834 * Q_{\text{rivières}} + 137.89.$$
Cette formule sera utilisée sur la gamme de débit 500 l/s – 2 400 l/s. Au dessus de 2 400 l/s, on considèrera que les pertes sont nulles. En dessous de 500 l/s on considèrera que les pertes absorbent la totalité du débit.
- ▶ Le débit restitué par l'aquifère karstique est égal au volume infiltré au niveau des pertes et ces résurgences ont lieu en amont de La-Roque-sur-Cèze.

Cette dernière hypothèse est une hypothèse forte, que l'on pense fausse la plupart du temps (voir par exemple jaugeages de 2009, [Figure 12](#), [Figure 13](#) ou [Figure 14](#)). La localisation des résurgences karstiques et les volumes restitués restent une inconnue importante dans la connaissance du fonctionnement du bassin versant de la Cèze.

Mais si cette hypothèse est tout de même prise, c'est parce qu'elle n'aura pas de conséquence importante sur les bilans réalisés dans le cadre de cette étude. En effet, les erreurs faites dans l'estimation des résurgences karstiques pourront être corrigées par l'utilisation du modèle GR2M à La-Roque-sur-Cèze, afin d'y reconstituer les débits naturels. GR2M intégrera alors, sans pour autant le distinguer, le comportement du karst entre Tharoux et La-Roque-sur-Cèze (résurgences). Les possibles résurgences des pertes karstiques sur la Ganière et la Claysse y seront même théoriquement prises en compte.

Les résurgences liées aux pertes sur la Ganière peuvent éventuellement avoir une influence sur les débits intermédiaires entre la confluence entre la Cèze et la Ganière et la station hydrométrique de La-Roque-sur-Cèze. En fonction du lieu de restitution réel de ces pertes karstiques sur la Ganière, certains débits intermédiaires (Auzon, Claysse ou Aiguillon par exemple) auront été légèrement surestimés dans cette étude (erreur cependant négligeable en période d'étiage).

3.2.7 A3 : L'Auzon

On a considéré que l'ensemble du bassin avait un module spécifique de 11.62 l/s/km² (avec la modélisation GR2M effectuée sur la partie amont de l'Auzonnet, à la station des Mages, on trouve un débit spécifique de 13.10 l/s/km²). Le bassin versant de l'Auzon représente ainsi 26 % des apports qui ont lieu entre l'aval de la confluence avec la Ganière et La-Roque-sur-Cèze.

Les résultats obtenus pour le bassin versant de l'Auzon sont résumés page suivante.

Analyse statistique sur la période 1974-2008 (35 années simulées)

Cours d'eau : L'AUZON

Station : A3

Fermeture du BV5

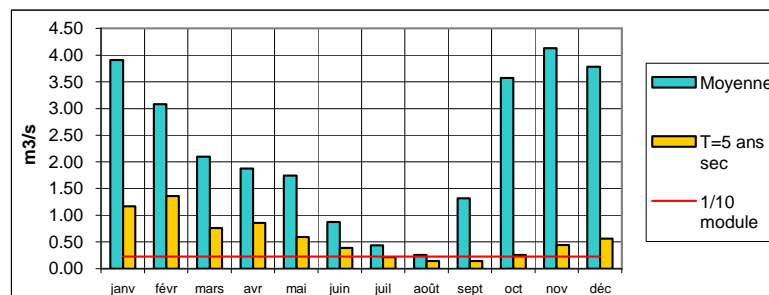
Superficie contrôlée : 186 km²

Type de débit : Naturel simulé

Débits (en m3/s ou l/s/km²)

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	3.91	3.08	2.10	1.87	1.75	0.87	0.44	0.26	1.32	3.57	4.13	3.78	2.26	12	0.226	0.113
T=10 ans sec	0.95	0.86	0.62	0.74	0.53	0.31	0.20	0.12	0.08	0.09	0.10	0.35	0.95	5		
T=5 ans sec	1.16	1.36	0.76	0.86	0.59	0.39	0.21	0.14	0.15	0.26	0.44	0.56	1.13	6		
T=2 ans	3.01	2.18	1.67	1.56	1.29	0.79	0.35	0.23	0.37	2.28	3.21	2.32	2.28	12		
T= 5 ans humide	4.80	4.27	3.28	2.49	2.03	1.14	0.56	0.40	1.01	6.94	7.67	7.40	2.98	16		
T=10 ans humide	9.80	6.87	4.06	3.29	2.80	1.56	0.81	0.48	3.25	8.09	8.36	8.99	3.80	20		

	QMNA	
	m3/s	l/s/km ²
Moyenne	0.19	1.0
T=10 ans sec	0.05	0.3
T=5 ans sec	0.08	0.4
T=2 ans	0.18	1.0
T= 5 ans humide	0.27	1.5
T=10 ans humide	0.36	1.9



Apports en Mm3

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	10.47	7.46	5.62	4.86	4.68	2.26	1.17	0.69	3.42	9.56	10.72	10.13	71.0	7.54
T=10 ans sec	2.53	2.09	1.65	1.91	1.41	0.81	0.53	0.31	0.20	0.24	0.27	0.93	29.9	1.85
T=5 ans sec	3.12	3.29	2.03	2.22	1.57	1.00	0.57	0.38	0.38	0.70	1.14	1.50	35.7	2.32
T=2 ans	8.05	5.28	4.46	4.03	3.45	2.04	0.93	0.61	0.95	6.11	8.33	6.21	72.0	4.52
T= 5 ans humide	12.87	10.33	8.80	6.46	5.44	2.95	1.50	1.07	2.61	18.58	19.88	19.81	93.9	8.14
T=10 ans humide	26.25	16.62	10.87	8.52	7.51	4.04	2.16	1.30	8.41	21.68	21.66	24.08	119.8	15.91

3.2.8 A4 : La Claysse

Les débits de la Claysse sont particulièrement difficiles à estimer. Ce cours d'eau subit des pertes au niveau du calcaire jurassique assez en amont mais ces pertes n'ont pas été étudiées/quantifiées. Ainsi au cours de l'année 2009 la Claysse a été à sec la majeure partie de l'été.

Le bassin de la Claysse fait partie du BV3. Il représente en superficie environ 50 % de ce bassin versant. La participation du BV3 aux apports entre la confluence avec la Ganière et La-Roque-sur-Cèze est de l'ordre de 22%.

Les débits naturels au niveau du bassin versant de la Claysse ont été estimés proportionnellement au ratio de surface $\text{Surf}_{\text{BVClaysse}}/\text{Surf}_{\text{BV3}}$. On a ensuite appliqué des pertes karstiques de 40 l/s en aval de la Claysse voir §4.6).

Les résultats obtenus pour le sous-bassin versant de la Claysse sont présentés page suivante.

Analyse statistique sur la période 1974-2008 (35 années simulées)

Cours d'eau : LA CLAYSSE

Station : A4

Fermeture du bassin de la Claysse

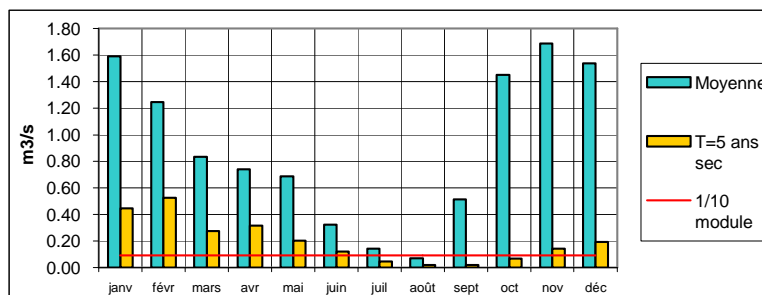
Superficie contrôlée : 81 km²

Type de débit : Naturel simulé

Débits (en m³/s ou l/s/km²)

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s	m ³ /s
Moyenne	1.59	1.25	0.83	0.74	0.69	0.32	0.14	0.07	0.51	1.45	1.69	1.54	0.90	11	0.090	0.045
T=10 ans sec	0.35	0.32	0.22	0.27	0.18	0.09	0.04	0.01	0.00	0.00	0.01	0.11	0.41	5		
T=5 ans sec	0.45	0.53	0.28	0.32	0.20	0.12	0.05	0.02	0.02	0.07	0.14	0.19	0.44	5		
T=2 ans	1.21	0.87	0.65	0.61	0.50	0.29	0.10	0.05	0.11	0.91	1.30	0.93	0.91	11		
T= 5 ans humide	1.96	1.74	1.33	1.00	0.81	0.44	0.19	0.13	0.38	2.85	3.16	3.04	1.18	15		
T=10 ans humide	4.05	2.82	1.65	1.33	1.13	0.61	0.30	0.16	1.31	3.34	3.44	3.71	1.55	19		

	QMNA	
	m ³ /s	l/s/km ²
Moyenne	0.04	0.5
T=10 ans sec	0.00	0.0
T=5 ans sec	0.00	0.0
T=2 ans	0.02	0.3
T= 5 ans humide	0.07	0.9
T=10 ans humide	0.11	1.4



Apports en Mm3

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	4.26	3.02	2.24	1.92	1.84	0.84	0.38	0.19	1.33	3.88	4.37	4.12	28.4	2.74
T=10 ans sec	0.95	0.77	0.58	0.69	0.48	0.23	0.11	0.02	0.00	0.00	0.03	0.28	12.9	0.37
T=5 ans sec	1.19	1.27	0.74	0.82	0.55	0.31	0.13	0.05	0.05	0.18	0.37	0.52	13.8	0.55
T=2 ans	3.25	2.11	1.75	1.58	1.33	0.75	0.28	0.15	0.29	2.44	3.37	2.48	28.8	1.46
T= 5 ans humide	5.26	4.21	3.56	2.59	2.16	1.13	0.52	0.34	0.99	7.64	8.19	8.15	37.3	2.97
T=10 ans humide	10.84	6.83	4.42	3.45	3.02	1.58	0.79	0.43	3.41	8.93	8.93	9.93	48.8	6.21

3.2.9 C2 : La Cèze à Tharau

Le débit à Tharau est égal au débit à l'aval de la confluence avec la Ganière, auxquels se sont ajoutés les apports du BV4 (qui représentent 10 % des apports ayant lieu entre la confluence avec la Ganière et La-Roque-sur-Cèze), de l'Auzon (26%) et de la Claysse (11%). Il faut aussi retrancher à ce total les pertes karstiques importantes sur la Cèze, qui ont lieu juste en amont de Tharau.

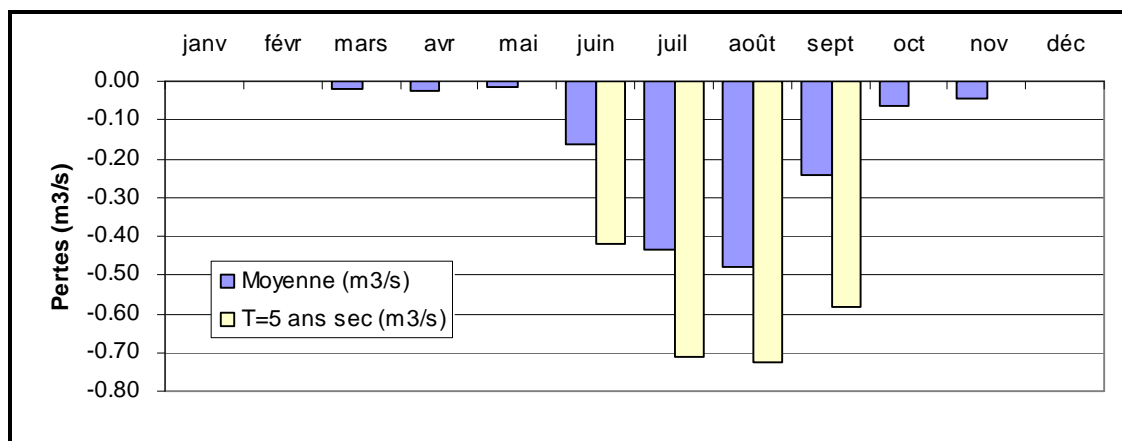
CALCULS DES PERTES

Un point intermédiaire a été utilisé pour le calcul des pertes : la Cèze à l'amont des pertes, au niveau du pont de Rivières ($Q_{\text{amont des pertes}} = Q_{\text{pont de Rivières}} = Q_{\text{aval confluence Ganière}} + \text{Apports BV4} + Q_{\text{Auzon}}$).

On applique à ces débits la relation établie par le CNRS²³ entre le débit au pont de Rivières et le débit de perte (débits en m³/s): $Q_{\text{perte}} = 0.0004 * Q_{\text{Rivières}}^2 - 0.9834 * Q_{\text{Rivières}} - 137.89$.

On obtient alors les résultats présentés dans la [Figure 29](#) suivante.

Figure 29 : Débits mensuels « perdus » par la Cèze à Tharau, dans l'aquifère karstique, en année moyenne et en année quinquennale sèche (m³/s).



Source : BRLi, d'après une estimation de la formule des pertes par le CNRS.

En année quinquennale sèche, les pertes en période estivales sont considérables et dépassent 700 l/s.

DEBITS NATURELS A THARAU

Le débit naturel à Tharau a été calculé tel que :

$$Q_{\text{Tharau}} = Q_{\text{aval confluence Ganière}} + \text{Apports BV4} + Q_{\text{Auzon}} + Q_{\text{Claysse}} - Q_{\text{pertes karstiques}}$$

On obtiens les résultats présentés dans le tableau suivant.

²³ Cette formule est utilisée sur la gamme de débit 500 l/s – 2 400 l/s. Au dessus de 2 400 l/s, on considère que les pertes sont nulles. En dessous de 500 l/s on considère que les pertes absorbent la totalité du débit.

En année moyenne, les débits naturels simulés pour la Cèze au niveau de Tharoux le mois le plus sec (août) sont de l'ordre $1.4 \text{ m}^3/\text{s}$. En année quinquennale sèche ils sont de l'ordre de 120 l/s , ce qui est une valeur extrêmement basse et confirme le constat visuel d'assec parfois fait à Tharoux en année sèche.

Analyse statistique sur la période 1974-2008 (35 années simulées)

Cours d'eau : LA CEZE

Station : C2 Tharoux

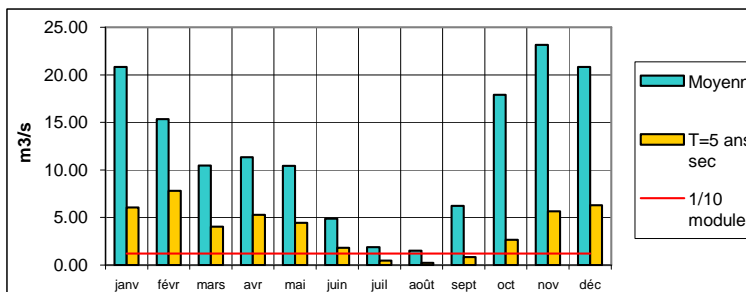
Superficie contrôlée : 656 km²

Type de débit : Naturel simulé

Débits (en m3/s ou l/s/km²)

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	20.85	15.33	10.46	11.34	10.44	4.87	1.87	1.50	6.23	17.89	23.16	20.85	12.07	18	1.207	0.603
T=10 ans sec	5.11	5.15	3.78	3.92	3.28	1.09	0.27	0.09	0.24	0.88	1.11	3.72	5.67	9		
T=5 ans sec	6.05	7.79	4.06	5.29	4.42	1.83	0.47	0.23	0.86	2.65	5.65	6.31	6.33	10		
T=2 ans	14.58	12.03	8.23	8.28	8.29	4.56	1.46	0.65	2.04	12.32	18.36	12.67	12.09	18		
T= 5 ans humide	29.14	20.40	15.71	17.47	14.78	6.97	3.43	2.65	8.79	31.64	45.91	40.83	15.93	24		
T=10 ans humide	47.19	32.75	20.03	24.51	17.87	8.56	4.16	4.63	19.68	42.76	48.39	49.65	19.26	29		

	QMNA	
	m3/s	l/s/km ²
Moyenne	0.68	1.0
T=10 ans sec	0.04	0.1
T=5 ans sec	0.09	0.1
T=2 ans	0.43	0.7
T= 5 ans humide	1.06	1.6
T=10 ans humide	1.60	2.4



Apports en Mm3

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
	Moyenne	55.83	37.08	28.01	29.40	27.95	12.62	5.01	4.03	16.15	47.92	60.04	55.85	379.9
T=10 ans sec	13.69	12.46	10.12	10.16	8.78	2.83	0.72	0.24	0.61	2.36	2.89	9.96	178.7	4.41
T=5 ans sec	16.20	18.83	10.87	13.71	11.84	4.73	1.27	0.63	2.23	7.10	14.64	16.90	199.5	8.86
T=2 ans	39.04	29.10	22.04	21.46	22.20	11.83	3.90	1.73	5.29	33.00	47.59	33.92	381.3	22.75
T= 5 ans humide	78.04	49.34	42.07	45.28	39.60	18.07	9.19	7.10	22.79	84.75	118.99	109.36	502.5	57.16
T=10 ans humide	126.40	79.23	53.64	63.52	47.86	22.19	11.15	12.39	51.01	114.53	125.42	132.97	607.4	96.74

3.2.10 A5 : L'Aiguillon

On procède comme pour la Claysse. La participation du sous-bassin n°2 aux apports entre l'aval du sous-bassin n°6 et La-Roque-sur-Cèze est de 36 %.

Le bassin versant de l'Aiguillon représente 46 % du sous-bassin n°2. Les débits naturels au niveau de ce bassin versant ont été estimés proportionnels au ratio de surface $\text{Surf}_{\text{BVaiguillon}}/\text{Surf}_{\text{BV2}}$.

Analyse statistique sur la période 1974-2008 (35 années simulées)

Cours d'eau : L'AIGUILLON

Station : A5

Fermeture du bassin de l'Aiguillon

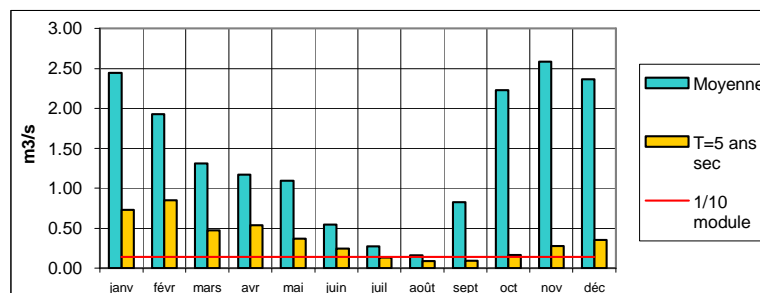
Superficie contrôlée : 124 km²

Type de débit : Naturel simulé

Débits (en m³/s ou l/s/km²)

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	l/s/km ²	m ³ /s	m ³ /s
Moyenne	2.44	1.93	1.31	1.17	1.09	0.54	0.27	0.16	0.83	2.23	2.58	2.36	1.41	11	0.141	0.071
T=10 ans sec	0.59	0.54	0.39	0.46	0.33	0.20	0.12	0.07	0.05	0.06	0.06	0.22	0.59	5		
T=5 ans sec	0.73	0.85	0.47	0.54	0.37	0.24	0.13	0.09	0.09	0.16	0.27	0.35	0.71	6		
T=2 ans	1.88	1.36	1.04	0.97	0.81	0.49	0.22	0.14	0.23	1.42	2.01	1.45	1.43	11		
T= 5 ans humide	3.00	2.67	2.05	1.56	1.27	0.71	0.35	0.25	0.63	4.33	4.79	4.62	1.86	15		
T=10 ans humide	6.12	4.29	2.53	2.05	1.75	0.97	0.50	0.30	2.03	5.06	5.22	5.62	2.37	19		

	QMNA	
	m ³ /s	l/s/km ²
Moyenne	0.11	0.9
T=10 ans sec	0.00	0.0
T=5 ans sec	0.04	0.3
T=2 ans	0.09	0.7
T= 5 ans humide	0.17	1.4
T=10 ans humide	0.22	1.8



Apports en Mm3

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	6.54	4.66	3.51	3.04	2.92	1.41	0.73	0.43	2.14	5.98	6.69	6.33	44.4	4.71
T=10 ans sec	1.58	1.31	1.03	1.19	0.88	0.51	0.33	0.19	0.12	0.15	0.17	0.58	18.7	1.16
T=5 ans sec	1.95	2.05	1.27	1.39	0.98	0.63	0.35	0.24	0.24	0.43	0.71	0.94	22.3	1.45
T=2 ans	5.03	3.30	2.79	2.52	2.16	1.27	0.58	0.38	0.59	3.81	5.20	3.88	45.0	2.82
T= 5 ans humide	8.04	6.46	5.50	4.04	3.40	1.84	0.94	0.67	1.63	11.61	12.42	12.38	58.7	5.08
T=10 ans humide	16.40	10.38	6.79	5.33	4.69	2.52	1.35	0.81	5.26	13.54	13.53	15.04	74.9	9.94

3.2.11 C4 : La Cèze à Chusclan

La station de Chusclan est située à l'aval du bassin versant de la Cèze, mais elle n'inclut tout de même pas le sous-bassin versant de la Tave qui afflue en rive gauche de la Cèze, plus en aval.

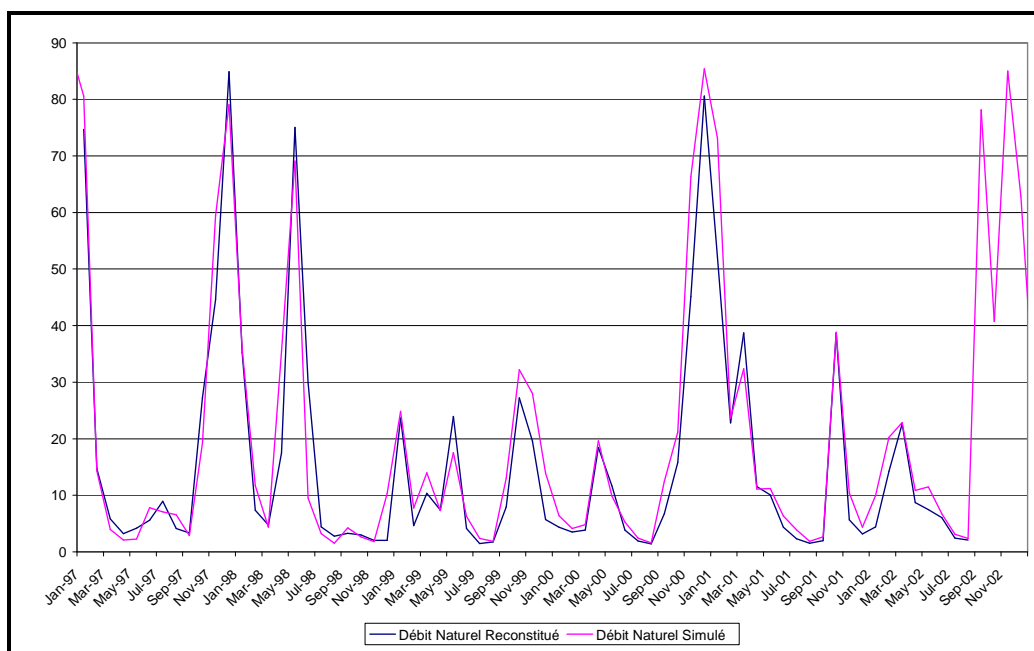
L'utilisation de GR2M est validée dans le Tableau 15 suivant ainsi que sur les Figure 30 et Figure 31 suivantes.

Tableau 15 : Validation de l'utilisation de GR2M pour la station de la Cèze à Chusclan.

Validation du modèle sur la période 1997-2002			
Période de calage	1997	2000	2003
Optimisation du Nash(VQ)	1999	2002	2005
Nash(Q) %	91	92	-
Nash(VQ) %	90	91	-
Nash(ln(Q)) %	88	88	-

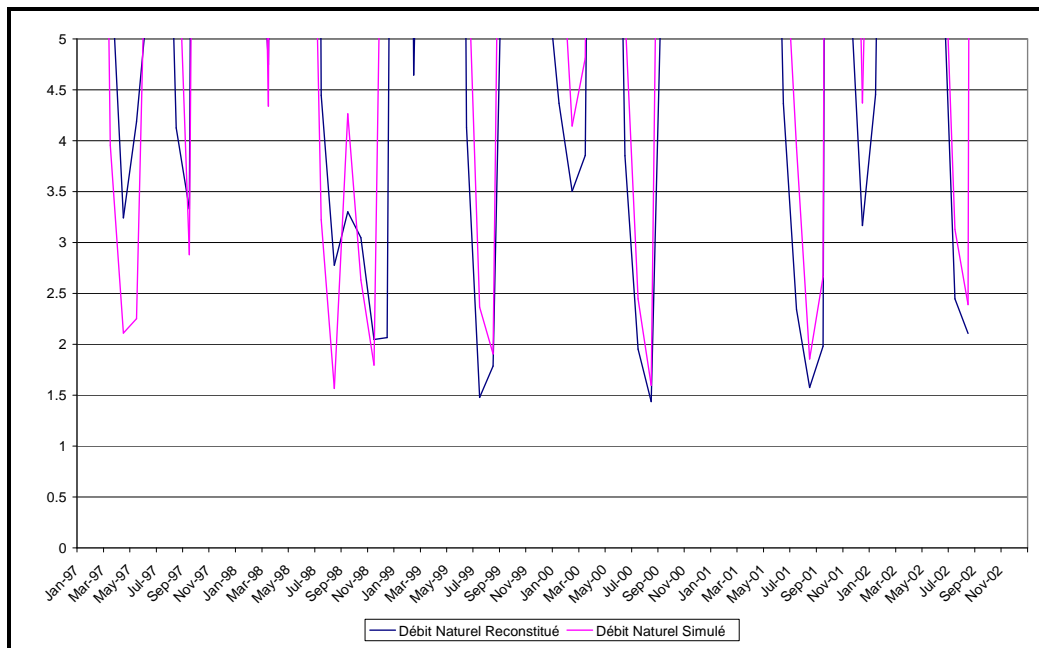
Source : BRLi.

Figure 30 : Débit naturel reconstitué et débit naturel simulé sur la période de validation (1997-2002) sur la Cèze à Chusclan (en m³/s).



Source : BRLi.

Figure 31 : Débit d'étiage naturel reconstitué et naturel simulé sur la période de validation (1997-2002) sur la Cèze à Chusclan (en m³/s).



Source : BRLi.

L'analyse statistique des débits naturels reconstitués à partir de GR2M est présentée page suivante. Comme vu précédemment avec les débits observés, les débits naturels simulés à Chusclan peuvent être légèrement plus faibles que les débits naturels simulés à La-Roque-sur-Cèze.

On remarque que le débit spécifique moyen naturel simulé, de la Cèze à Chusclan est de 15 l/s/km², alors qu'il était de 17 l/s/km² sur la Figure 11, en débit observé. Cette différence peut s'expliquer par le fait que la Figure 11, tout comme les observations faites à Chusclan, ne concerne que la période 1994-2001, alors que les statistiques sur le débit naturel simulé se font sur 35 années. Ces 35 années sont en effet bien plus sèches que les 9 années observées à Chusclan (1079 mm de pluie annuelle entre 1974 et 2008 contre 1262 mm entre 1994 et 2001).

Analyse statistique sur la période 1974-2008 (35 années simulées)

Cours d'eau : LA CEZE

Station : C4 Chusclan

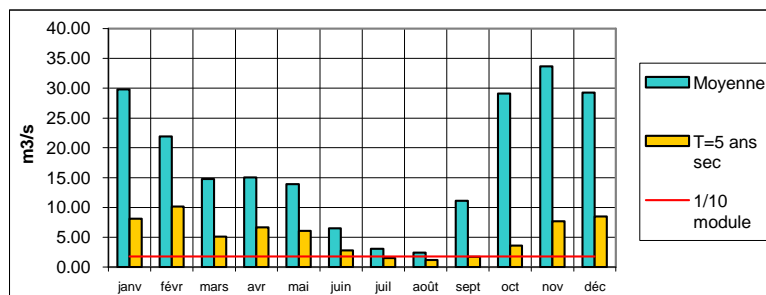
Superficie contrôlée : 1180 km²

Type de débit : Naturel simulé

Débits (en m3/s ou l/s/km²)

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	29.78	21.90	14.77	15.02	13.91	6.50	3.03	2.41	11.08	29.06	33.65	29.24	17.53	15	1.753	0.876
T=10 ans sec	6.82	6.49	4.37	5.08	4.11	2.16	1.26	0.91	0.81	1.58	3.01	4.87	7.95	7		
T=5 ans sec	8.11	10.13	5.12	6.64	6.06	2.81	1.50	1.18	1.73	3.61	7.65	8.52	9.43	8		
T=2 ans	22.96	16.55	11.72	11.11	10.58	5.55	2.45	1.79	3.21	20.10	26.95	17.37	17.24	15		
T= 5 ans humide	42.09	30.63	23.44	22.92	17.90	9.52	4.08	3.37	14.03	52.22	65.72	52.93	23.85	20		
T=10 ans humide	67.89	48.91	30.39	29.83	26.00	10.53	5.14	4.72	31.87	62.12	71.86	72.60	28.44	24		

	QMNA	
	m3/s	l/s/km ²
Moyenne	1.58	1.3
T=10 ans sec	0.59	0.5
T=5 ans sec	0.82	0.7
T=2 ans	1.45	1.2
T= 5 ans humide	2.17	1.8
T=10 ans humide	2.83	2.4



Apports en Mm3

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	79.76	52.97	39.57	38.92	37.25	16.84	8.12	6.44	28.72	77.82	87.22	78.33	552.0	60.13
T=10 ans sec	18.27	15.69	11.71	13.18	11.02	5.59	3.38	2.44	2.10	4.23	7.80	13.05	250.7	13.51
T=5 ans sec	21.73	24.50	13.71	17.20	16.23	7.29	4.01	3.15	4.50	9.67	19.82	22.81	297.5	18.94
T=2 ans	61.51	40.03	31.40	28.81	28.33	14.39	6.55	4.80	8.33	53.84	69.86	46.52	543.8	34.07
T= 5 ans humide	112.74	74.10	62.78	59.42	47.94	24.67	10.92	9.03	36.37	139.86	170.36	141.78	752.2	81.00
T=10 ans humide	181.83	118.33	81.39	77.32	69.64	27.29	13.76	12.64	82.62	166.38	186.25	194.44	896.9	136.30

3.2.12 A6 : La Tave

La Tave afflue en rive droite de la Cèze, en aval de Chusclan. Le bassin versant connu (avec station de mesure) le plus proche de celui de la Tave est le bassin versant l'Auzon. On a donc supposé que le comportement de ces deux bassins versants était similaire. Le débit de la Tave est donc supposé lié à celui de l'Auzon. Et compte-tenu de leur différence de surface et des différences de précipitations qui ont lieu sur les bassins, on aura pour une année données n :

$$Q_{Tave} = Q_{Auzon} * (Surf_{Tave}/Surf_{Auzon}) * (Pluies n_{Tave} / Pluies n_{Auzon})$$

Avec Pluies n = les précipitations annuelles de l'année n.

Analyse statistique sur la période 1974-2008 (35 années simulées)

Cours d'eau : LA TAVE

Station : A6

Fermeture du bassin de la Tave

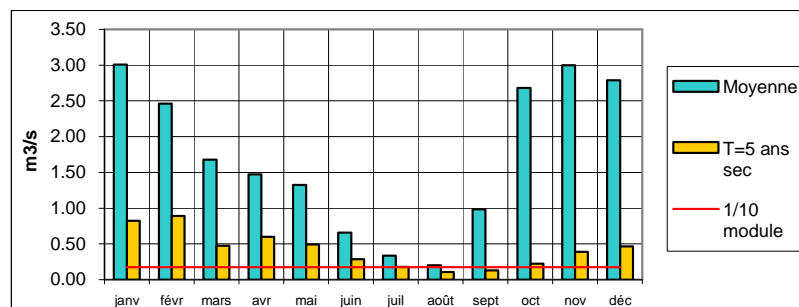
Superficie contrôlée : 180 km²

Type de débit : Naturel simulé

Débits (en m3/s ou l/s/km²)

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel		1/10 mod	1/20 mod
	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	l/s/km ²	m3/s	m3/s
Moyenne	3.01	2.46	1.68	1.47	1.32	0.66	0.33	0.20	0.98	2.68	3.00	2.79	1.72	10	0.172	0.086
T=10 ans sec	0.69	0.54	0.43	0.49	0.37	0.25	0.14	0.08	0.07	0.08	0.09	0.28	0.72	4		
T=5 ans sec	0.82	0.89	0.47	0.60	0.49	0.28	0.18	0.11	0.12	0.22	0.39	0.46	0.90	5		
T=2 ans	2.01	1.64	1.24	1.12	1.18	0.62	0.29	0.18	0.27	1.72	2.45	1.82	1.66	9		
T= 5 ans humide	3.94	3.67	2.89	2.11	1.47	0.87	0.41	0.27	0.86	4.82	5.31	4.81	2.22	12		
T=10 ans humide	7.48	5.91	3.53	2.68	1.69	1.03	0.55	0.36	2.56	6.44	6.32	6.67	2.91	16		

	QMNA	
	m3/s	l/s/km ²
Moyenne	0.14	0.8
T=10 ans sec	0.05	0.3
T=5 ans sec	0.06	0.3
T=2 ans	0.13	0.7
T= 5 ans humide	0.20	1.1
T=10 ans humide	0.25	1.4



Apports en Mm3

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	annuel	Total juin à sept
Moyenne	8.06	5.95	4.50	3.82	3.54	1.71	0.89	0.53	2.55	7.18	7.77	7.47	54.0	5.68
T=10 ans sec	1.86	1.31	1.14	1.27	1.00	0.64	0.38	0.21	0.17	0.21	0.22	0.76	22.8	1.40
T=5 ans sec	2.21	2.14	1.27	1.56	1.31	0.74	0.47	0.28	0.32	0.60	1.00	1.24	28.3	1.82
T=2 ans	5.38	3.98	3.32	2.89	3.16	1.60	0.78	0.47	0.69	4.62	6.34	4.87	52.4	3.54
T= 5 ans humide	10.55	8.87	7.74	5.47	3.94	2.26	1.11	0.72	2.23	12.92	13.77	12.89	70.0	6.31
T=10 ans humide	20.03	14.31	9.46	6.95	4.51	2.67	1.47	0.98	6.63	17.26	16.38	17.88	91.9	11.75

3.2.13 Bilan des résultats obtenus aux différents points de références

Le [Tableau 16](#) ci-dessous récapitule les débits naturels reconstitués obtenus pour les différents points de référence.

Le schéma qui suit ([Figure 36](#)) reprend le module et les débits moyens et quinquennaux secs pour le mois d'août, mois généralement le plus contraignant.

Tableau 16: Tableau bilan des débits naturels reconstitués aux différents points de référence (valeurs de débits en m³/s)

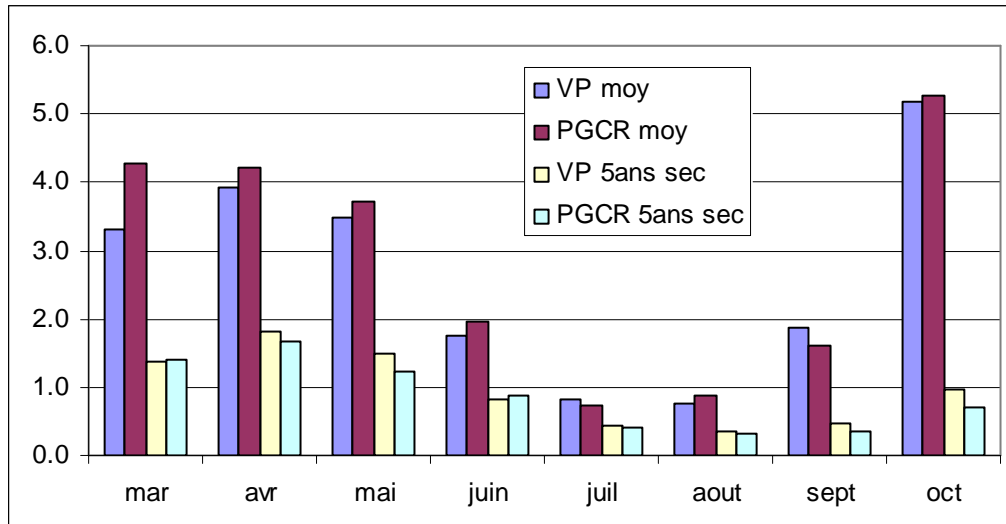
(m3/s)	Point	Surface (km ²)	Module	1/10 Mod		Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	QMNA
Amont de la Cèze et Homol (Sénéchas)	C1	117	3.83	0.38	Qnat moyen	6.5	4.8	3.3	3.9	3.5	1.7	0.8	0.8	1.9	5.2	7.1	6.5	0.48
					Qnat 5 ans sec	2.1	2.6	1.4	1.8	1.5	0.8	0.4	0.4	0.5	1.0	1.9	2.1	0.27
					Qnat 10 ans sec	1.6	1.8	1.3	1.3	1.3	0.6	0.4	0.3	0.3	0.4	0.7	1.7	0.23
Luech	A1	96	2.37	0.24	Qnat moyen	4.1	2.9	2.0	2.4	2.3	1.0	0.4	0.4	1.1	3.0	4.7	4.2	0.20
					Qnat 5 ans sec	1.1	1.5	0.8	1.0	1.0	0.4	0.2	0.1	0.1	0.4	0.5	0.9	0.07
					Qnat 10 ans sec	0.9	1.1	0.8	0.8	0.7	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6	0.04
Gagnière	A2	78	1.79	0.18	Qnat moyen	3.0	2.0	1.3	1.5	1.4	0.6	0.3	0.3	1.1	3.1	3.7	3.1	0.13
					Qnat 5 ans sec	0.9	0.9	0.4	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1	0.1	0.3	0.9	0.9	0.05
					Qnat 10 ans sec	0.5	0.6	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	0.03
Auzon	A3	186	168	16.80	Qnat moyen	3.9	3.1	2.1	1.9	1.7	0.9	0.4	0.3	1.3	3.6	4.1	3.8	0.19
					Qnat 5 ans sec	1.2	1.4	0.8	0.9	0.6	0.4	0.2	0.1	0.1	0.3	0.4	0.6	0.08
					Qnat 10 ans sec	0.9	0.9	0.6	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.05
Claysse	A4	81	0.90	0.09	Qnat moyen	1.6	1.2	0.8	0.7	0.7	0.3	0.1	0.1	0.5	1.5	1.7	1.5	0.04
					Qnat 5 ans sec	0.4	0.5	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.00
					Qnat 10 ans sec	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.00
Cèze à Tharoux	C2	656	12.07	1.21	Qnat moyen	20.8	15.3	10.5	11.3	10.4	4.9	1.9	1.5	6.2	17.9	23.2	20.9	0.68
					Qnat 5 ans sec	6.0	7.8	4.1	5.3	4.4	1.8	0.5	0.2	0.9	2.6	5.6	6.3	0.09
					Qnat 10 ans sec	5.1	5.2	3.8	3.9	3.3	1.1	0.3	0.1	0.2	0.9	1.1	3.7	0.04
Cèze à La Roque sur Cèze	C3	1060	16.83	1.68	Qnat moyen	28.9	21.7	14.8	15.2	14.1	6.9	3.2	2.5	9.2	25.3	31.5	28.6	1.72
					Qnat 5 ans sec	8.2	10.7	5.6	7.1	6.2	3.1	1.7	1.3	1.7	3.1	6.5	7.9	0.97
					Qnat 10 ans sec	7.3	7.0	5.0	5.6	4.4	2.4	1.4	1.0	0.9	1.5	2.6	4.9	0.67
Aiguillon	A5	124	1.41	0.14	Qnat moyen	2.4	1.9	1.3	1.2	1.1	0.5	0.3	0.2	0.8	2.2	2.6	2.4	0.11
					Qnat 5 ans sec	0.7	0.8	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.04
					Qnat 10 ans sec	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.00
Cèze à Chusclan	C4	1180	17.53	1.75	Qnat moyen	29.8	21.9	14.8	15.0	13.9	6.5	3.0	2.4	11.1	29.1	33.6	29.2	1.58
					Qnat 5 ans sec	8.1	10.1	5.1	6.6	6.1	2.8	1.5	1.2	1.7	3.6	7.6	8.5	0.82
					Qnat 10 ans sec	6.8	6.5	4.4	5.1	4.1	2.2	1.3	0.9	0.8	1.6	3.0	4.9	0.59
Tave	A6	180	1.72	0.17	Qnat moyen	3.0	2.5	1.7	1.5	1.3	0.7	0.3	0.2	1.0	2.7	3.0	2.8	0.14
					Qnat 5 ans sec	0.8	0.9	0.5	0.6	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.06
					Qnat 10 ans sec	0.7	0.5	0.4	0.5	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.05

Source : BRLi.

Les résultats trouvés dans le cadre de la présente étude « Volumes Prélevables » peuvent être comparés aux résultats précédemment obtenus lors de la réalisation du PGCR²⁴.

Les valeurs de débit naturels reconstitués dans le cadre du PGCR et de l'étude Volumes Prélevables au niveau du barrage de Sénéchas sont similaires (voir [Figure 32](#) ci dessous)

Figure 32 : Comparaison des débits naturels reconstitués dans la présente étude (VP) et le PGCR au niveau du barrage de Sénéchas (Homol + Cèze Amont), en m³/s.



Source : BRLi.

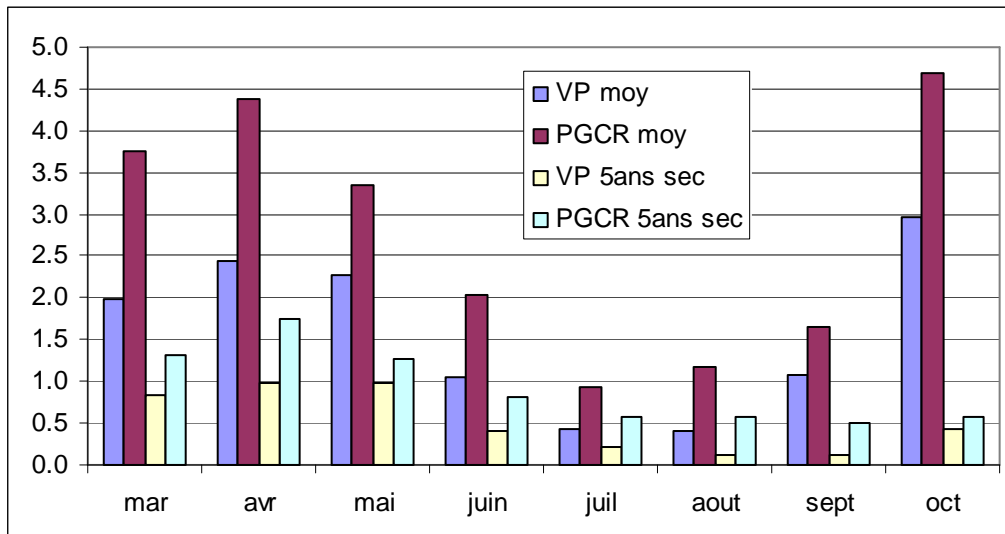
Aux autres points de référence, les débits naturels reconstitués obtenus dans la présente étude sont souvent inférieurs à ceux évalués au moment du PGCR. Le plus souvent ces différences sont mineures (Gagnière par exemple) et cette tendance se retrouve principalement les mois d'automne et d'hiver, mais moins en été (ex La-Roque-sur-Cèze, [Figure 34](#)). Au niveau de certains points par contre, comme sur le Luech ([Figure 33](#)), ces différences peuvent être plus importantes.

Elles s'expliquent par plusieurs facteurs.

- ▶ Légère surestimation des besoins dans le cadre du PGCR : une surestimation des prélèvements en eau entraîne une surestimation des débits naturels reconstitués. Pour le PGCR les besoins avaient été évalués plus grossièrement, notamment au niveau des béals amont, de la haute vallée de la Cèze, de l'Homol et du Luech. Sur ces béals, le PGCR avait considéré des restitutions moins importantes, et donc des prélèvements nets plus importants.
- ▶ Aucune pertes n'avaient été prises en compte sur les affluents de la Cèze (Gagnière et Claysse) dans le cadre du PGCR, contrairement à ce qui a été fait ici. Les pertes sur la Cèze prises en compte pour la présente étude volumes prélevables ont bénéficié de l'avancement récent des connaissances et des travaux du CNRS sur les pertes karstiques.
- ▶ Au niveau de certains points, les méthodes de reconstitution des débits naturels ont été différentes. C'est par exemple le cas sur le Luech. Dans le cadre du PGCR, la station du Luech à Chambon avait été utilisée. Cette station ne possède que 12 années de mesures parmi lesquelles seulement 8 années sont complètes, sur une période ancienne (1960-1972). Pour l'étude volumes prélevables, le débit du Luech a été estimé à partir du débit au niveau de Sénéchas, et du débit reconstitué à partir de la station Bessèges, qui possède plus de 35 années de mesures et qui est une station relativement bien suivie. Cette méthode a des avantages (périodes de mesures, s'affranchir des méconnaissances des transferts d'eau souterraine sur le Luech...) et des inconvénients (faible fiabilité des mesures à Sénéchas...).

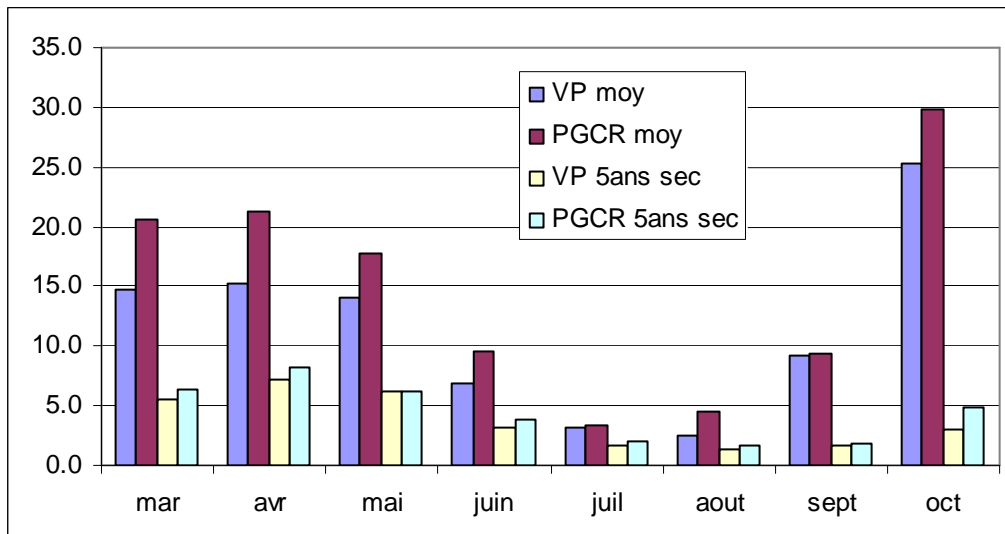
²⁴ BRLi (2007, 2008 et 2009).

Figure 33 : Comparaison des débits naturels reconstitués dans l'étude Volumes Prélevables (VP) et le PGCR, BV du Luech, en m³/s.



Source : BRLi.

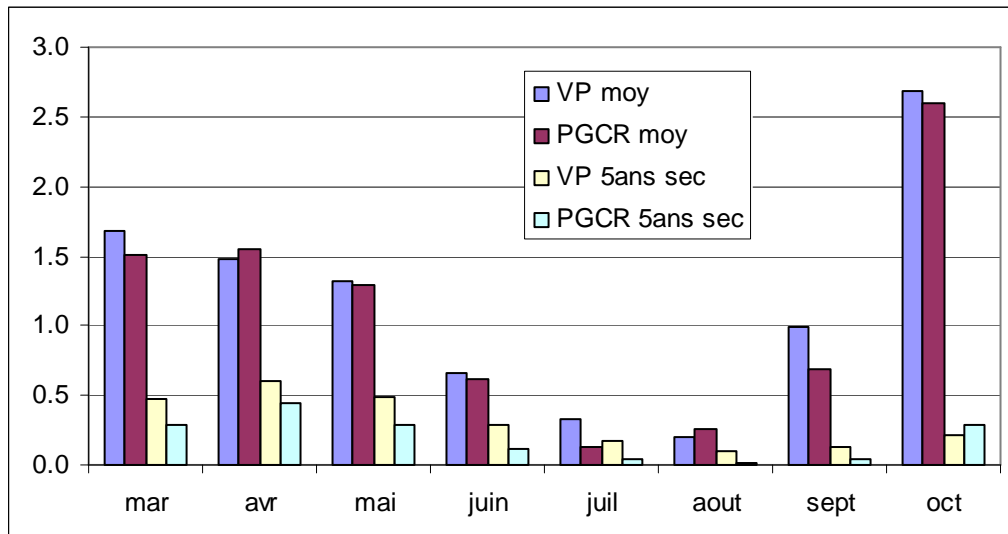
Figure 34 : Comparaison des débits naturels reconstitués dans l'étude Volumes Prélevables (VP) et le PGCR, Cèze à La-Roque-sur-Cèze, en m³/s.



Source : BRLi.

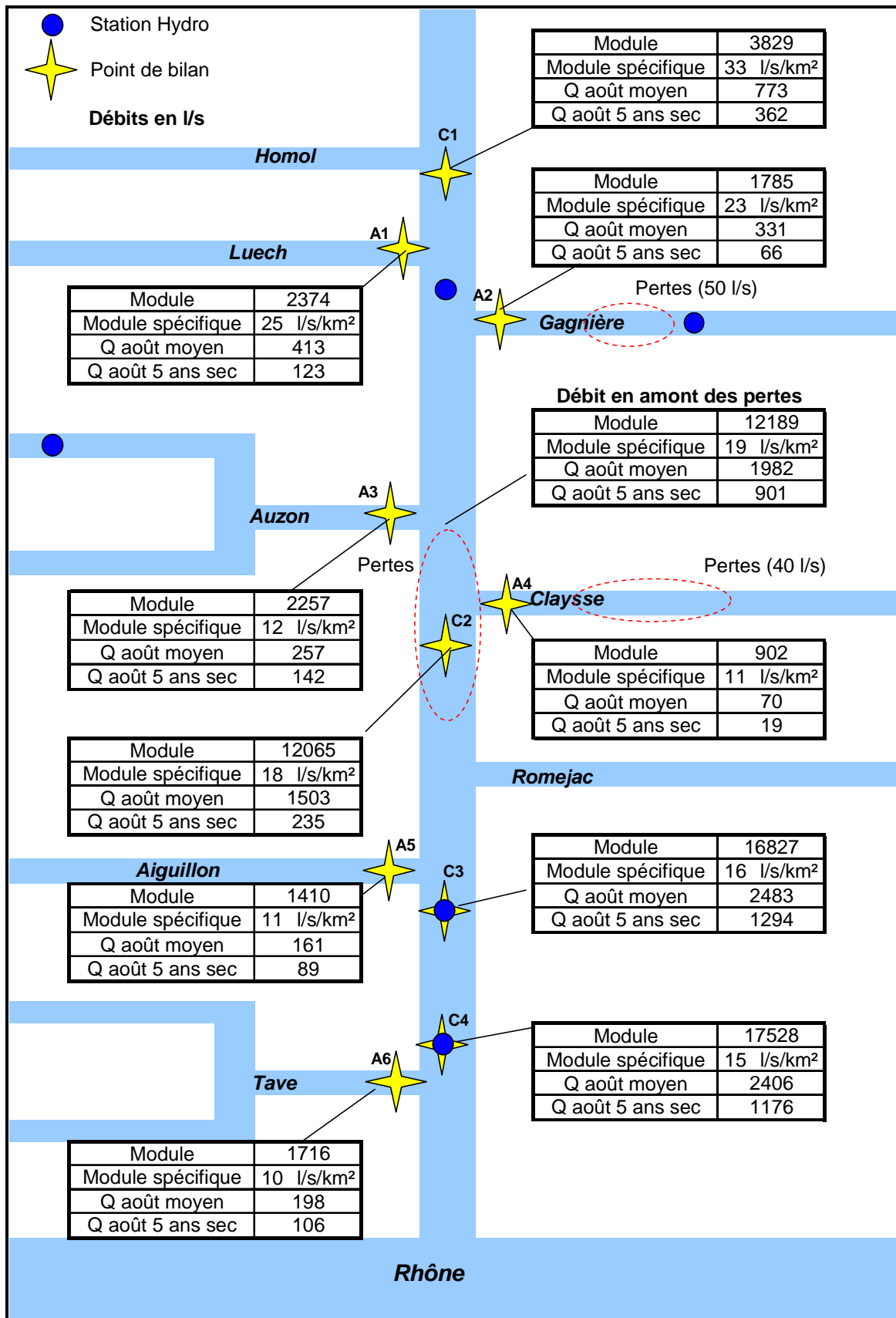
Le point de référence à l'aval de la Tave est le seul point où les débits naturels reconstitués en année sèche lors de la présente étude volumes prélevables sont supérieurs à ceux estimés dans le cadre du PGCR. Mis à part dans les mois d'automne cette différence est mineure (voir [Figure 35](#)).

Figure 35 : Comparaison des débits naturels reconstitués dans l'étude Volumes Prélevables (VP) et le PGCR, BV de la Tave, en m³/s.



Source : BRLi.

Figure 36 : Schéma bilan des débits naturels simulés aux différents points de référence (en l/s).



Source : BRLi.

4. MISE EN PERSPECTIVE DES PRELEVEMENTS NETS ET DE LA RESSOURCE

Au niveau de chaque point de référence, on compare pour chaque mois quinquennal sec :

- ▶ la ressource naturelle disponible (courbe bleu),
- ▶ le débit influencé (courbe orange) par les prélèvements nets amont,
- ▶ les besoins en eau agricoles,
- ▶ les besoins en eau pour l'alimentation en eau potable,
- ▶ les besoins en eau pour l'industrie.

De plus, les graphiques suivant présentent aussi un indicateur de la pression exercée sur le milieu qui correspond au pourcentage de ressource mobilisée pour la satisfaction des besoins.

Comme cela a été remarqué dans le rapport de phase 1, le fait de calculer les besoins en eau d'irrigation à partir du besoin des plantes entraîne une légère surestimation des prélèvement ayant un impact sur la Cèze. En effet, on a considéré que l'ensemble du besoin des plantes était satisfait à partir d'eau de la Cèze, de ses affluents ou de nappe ayant un impact direct sur ces cours d'eau. Cependant il est possible que certaines cultures soient irriguées à partir de forage dans des nappes profondes et dont le prélèvement n'influe pas directement sur le régime de la Cèze.

Il est aussi important de rappeler ici que l'année représentée dans les graphiques ci-dessous est une année fictive beaucoup plus sèche qu'une année quinquennale sèche, car cette année fictive est ici une succession de mois quinquennaux secs.

Enfin, il est aussi important de rappeler que les raisonnements tenus au niveau des points de référence ne permettent pas de tirer des conclusions locales. Par exemple, certains prélèvements bruts peuvent avoir des impacts locaux très importants, mais des impacts globaux négligeables si le taux de retour de l'eau prélevée est très élevé.

Les Tableau 17 et Tableau 18 suivant permettent de comparer pour chaque point de référence, pour les mois de juillet et août :

- ▶ les prélèvements en amont de ce point (extraits des analyses de la Phase 1),
- ▶ les débits naturels au niveau de ce point.

Sur ces deux tableaux et dans les paragraphes suivants, les valeurs quinquennales présentées sont les valeurs basses pour les débits naturels et hautes pour les prélèvements, afin de pouvoir comparer des valeurs d'années sèches.

Tableau 17 : Comparaison entre les débits naturels et les prélèvements amont, en juillet (en l/s).

Points de référence		Valeurs mensuelles (mois de pointe : juillet, l/s)			
		Valeurs moyennes		Valeurs quinquennales	
		Débit naturel	Prélèvements amont	Débit naturel	Prélèvements amont
C1	Cèze amont de Sénéchas (Homol compris)	822	143	447	143
A1	Luech, fermeture	439	72	217	72
A2	Ganière, fermeture	265	17	120	19
A3	Auzon, fermeture	438	110	211	135
A4	Claysse, fermeture	143	9	48	9
C2	Cèze à Tharoux (aval des pertes)	1872	657	475	744
C3	Cèze à La-Roque-sur-Cèze	3241	699	1703	791
A5	Aiguillon, fermeture	274	12	132	14
C4	Cèze à Chusclan	3032	794	1495	897
A6	Tave, fermeture	333	59	177	73

Source : BRLi.

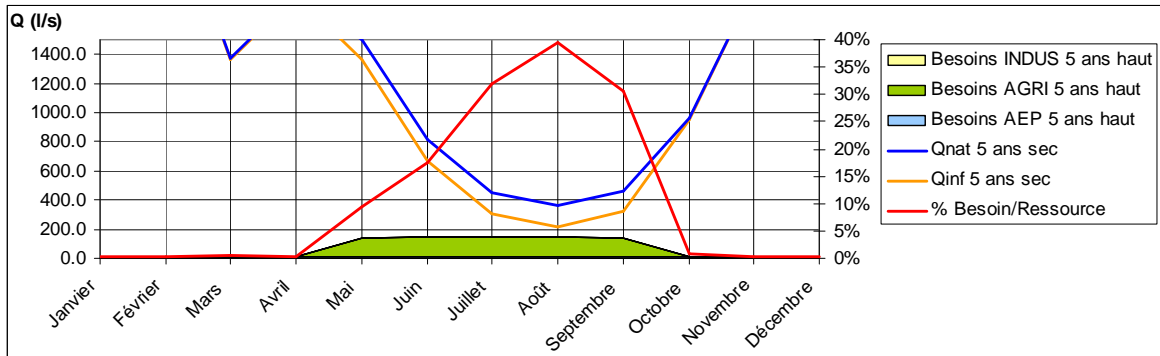
Tableau 18 : Comparaison entre les débits naturels et les prélèvements amont, en août (en l/s).

Points de référence		Valeurs mensuelles (mois de pointe : août, l/s)			
		Valeurs moyennes		Valeurs quinquennales	
		Débit naturel	Prélèvements amont	Débit naturel	Prélèvements amont
C1	Cèze amont de Sénéchas (Homol compris)	773	143	362	143
A1	Luech, fermeture	413	72	123	72
A2	Ganière, fermeture	331	15	66	16
A3	Auzon, fermeture	257	63	142	73
A4	Claysse, fermeture	70	7	19	7
C2	Cèze à Tharoux (aval des pertes)	1503	443	235	463
C3	Cèze à La-Roque-sur-Cèze	2483	471	1294	494
A5	Aiguillon, fermeture	161	6	89	7
C4	Cèze à Chusclan	2406	547	1176	581
A6	Tave, fermeture	198	40	106	49

Source : BRLi.

4.1 BILAN PRELEVEMENTS / RESSOURCE A SENECHAS (C1)

Figure 37 : Bilan prélèvements nets / débit naturel reconstitué au niveau de Sénéchas, mois quinquennaux secs.

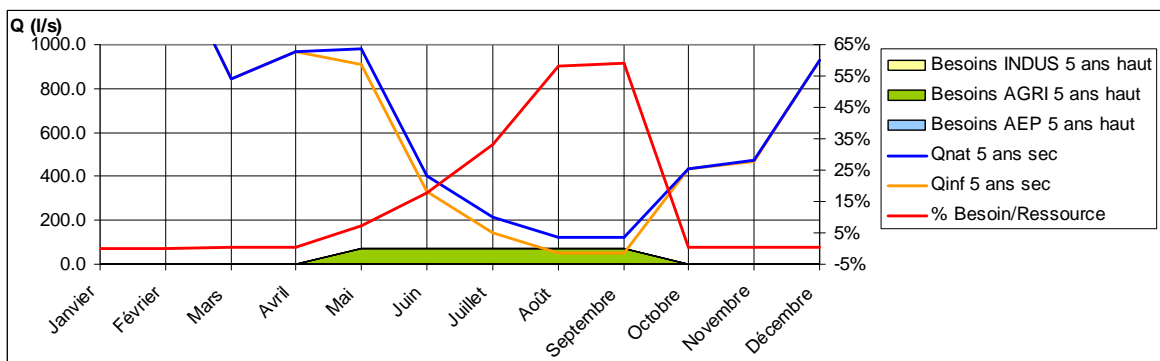


Source : BRLi.

En amont de Sénéchas, les prélèvements nets peuvent représenter 40% de la ressources en mois quinquennal sec (août). Ces prélèvements sont principalement les prélèvements agricoles des béals.

4.2 BILAN PRELEVEMENTS / RESSOURCE POUR LE BASSIN DU LUECH (A1)

Figure 38 : Bilan prélèvements nets / débit naturel reconstitué sur le bassin versant du Luech, mois quinquennaux secs.

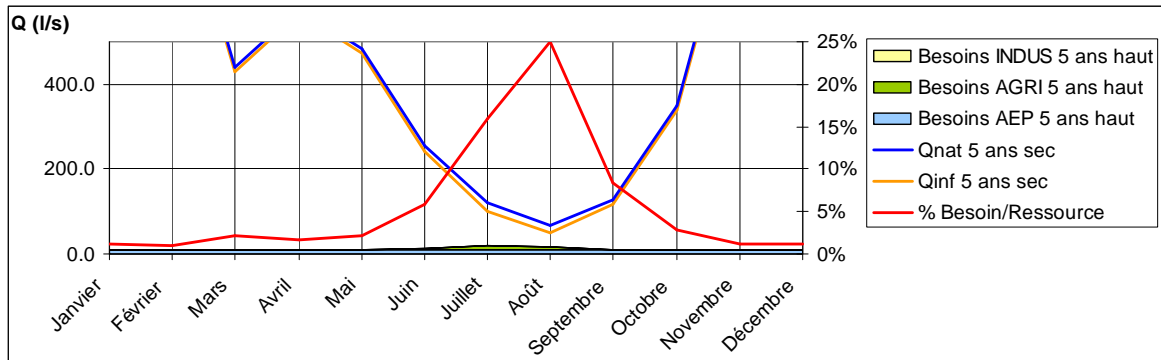


Source : BRLi.

Sur le bassin versant du Luech, les prélèvements nets peuvent représenter 60% de la ressources en mois quinquennal sec (août, septembre). Ces prélèvements sont principalement les prélèvements agricoles des béals.

4.3 BILAN PRELEVEMENTS / RESSOURCE POUR LE BASSIN DE LA GANIERE (A2)

Figure 39 Bilan prélèvements nets / débit naturel reconstitué sur le sous-bassin de la Ganière, mois quinquennaux secs.

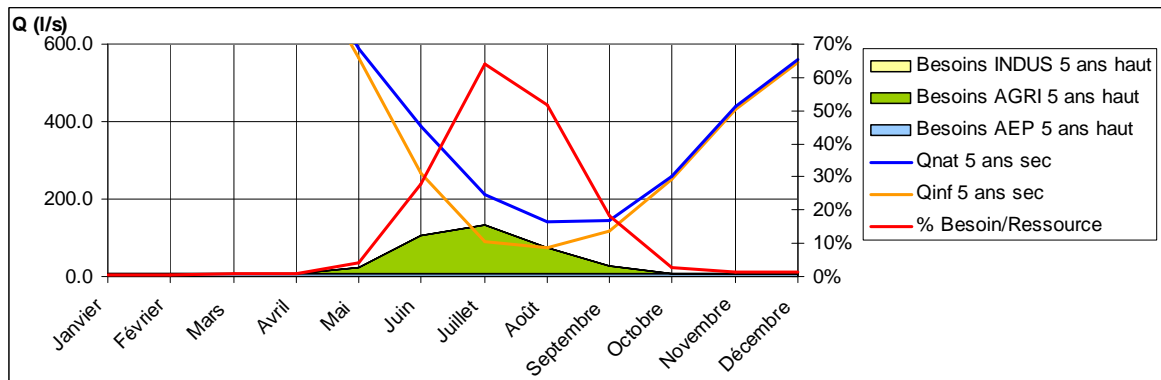


Source : BRLi.

Les prélèvements nets sur le bassin de la Ganière sont faibles et ne dépassent pas 20 l/s le mois de pointe. La majeure partie de ces prélèvements est destinée à l'alimentation en eau potable.

4.4 BILAN PRELEVEMENTS / RESSOURCE POUR LE BASSIN DE L'AUZON (A3)

Figure 40 : Bilan prélèvement nets / débit naturel reconstitué au niveau du bassin versant de l'Auzon, mois quinquennaux secs.

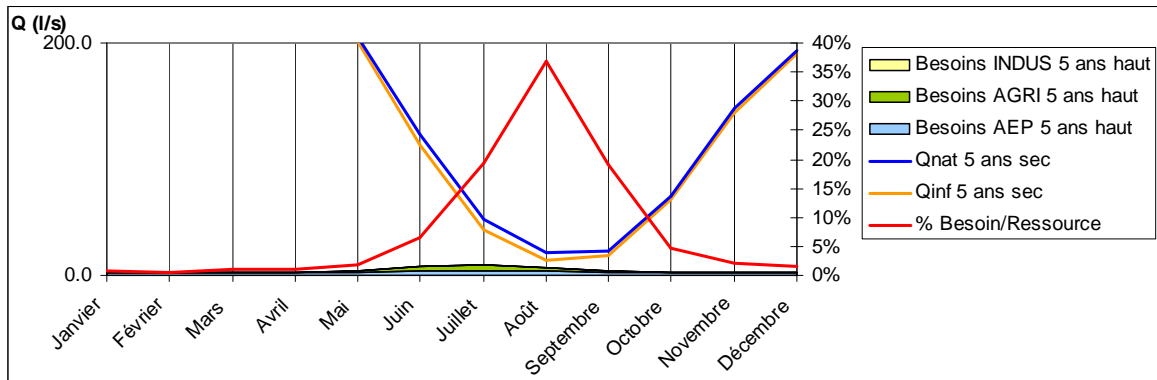


Source : BRLi.

Sur le sous-bassin versant de l'Auzon, le besoin net en eau peut représenter jusqu'à 65 % de la ressource en mois quinquennal sec (juillet).

4.5 BILAN PRELEVEMENTS / RESSOURCE POUR LE BASSIN DE LA CLAYSSE (A4)

Figure 41 : Bilan prélèvements nets / débit naturel reconstitué sur le bassin versant de la Claysse, mois quinquennaux secs.

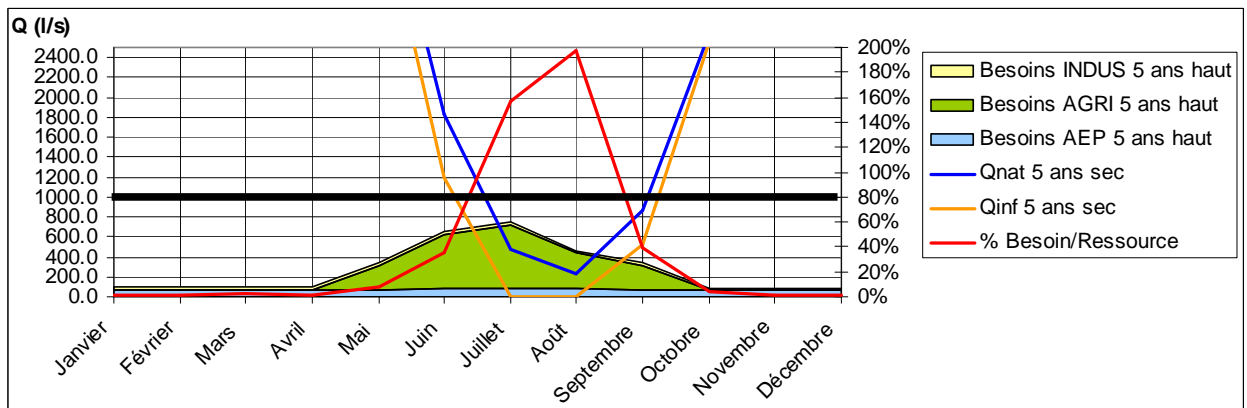


Source : BRLi.

Les prélèvements sont très faibles sur la Claysse (moins de 10 l/s) mais les débits étant eux aussi très faibles (pertes karstiques), les prélèvements peuvent atteindre 35% de la ressource en mois quinquennal sec (août).

4.6 BILAN PRELEVEMENTS / RESSOURCE A THARAUX (C2)

Figure 42 : Bilan prélèvements nets / débit naturel reconstitué au niveau du pont de Tharoux, mois quinquennaux secs.



Source : BRLi.

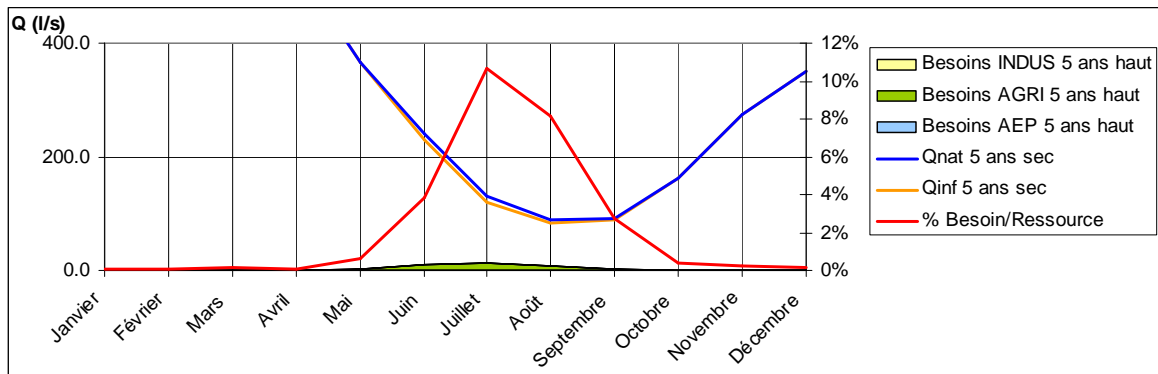
La Cèze sous le pont de Tharoux est un point critique de la gestion de l'eau car elle subit d'importantes pertes karstiques, juste en aval des principaux prélèvements sur le bassin versant. Les besoins nets de prélèvement amont peuvent ainsi dépasser la ressource naturelle disponible (en juillet et août quinquennaux secs).

Le barrage de Sénéchas est donc indispensable pour satisfaire à la fois les prélèvements et le maintien d'un débit réservé. En attendant de disposer des débits objectifs qui seront déterminés en phase 3 de cette étude, on a représenté sur la [Figure 42](#) la valeur de DOE retenue dans le cadre du PGCR (1000 l/s). Pour satisfaire ce débit objectif et les différents types d'usages préleveurs, le déficit constaté est alors de 1.3 Mm³ (différence entre la valeur du débit objectif et le débit influencé) pour l'année représentée sur la [Figure 42](#)²⁵.

Or, selon le règlement actuel, 4.2 Mm³ (voir PGCR phase 1) sont disponibles dans le barrage de Sénéchas pour le soutien d'étiage.

4.7 BILAN PRELEVEMENTS / RESSOURCE POUR LE BASSIN DE L'AIGUILLON (A5)

Figure 43 : Bilan prélèvement nets / débit naturel reconstitué sur le bassin versant de l'Aiguillon, mois quinquennaux secs.



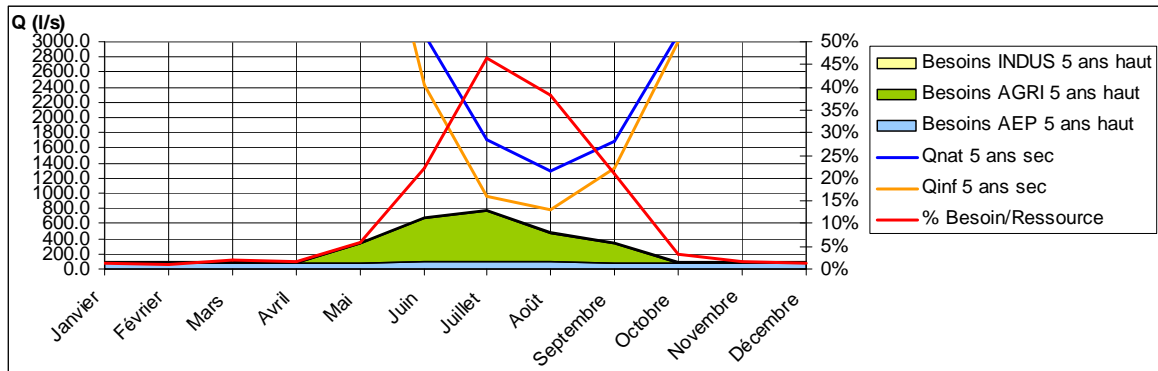
Source : BRLi.

Au niveau du bassin versant de l'Aiguillon, les besoins sont faibles (environ 10 l/s ou moins de 12% de la ressource).

²⁵ Comme mentionné précédemment, il ne s'agit pas d'une année sèche de fréquence 1/5 car on utilise ici une succession de mois quinquennaux secs. Cela réduit donc la fréquence d'occurrence de l'année en question (nous sommes ici légèrement pessimistes) car une année quinquennale sèche ne connaît pas que des mois quinquennaux secs.

4.8 BILAN PRELEVEMENTS / RESSOURCE A LA-ROQUE-SUR-CEZE (C3)

Figure 44 : Bilan prélèvements nets / débit naturel reconstitué à La-Roque-sur-Cèze, mois quinquennaux secs.



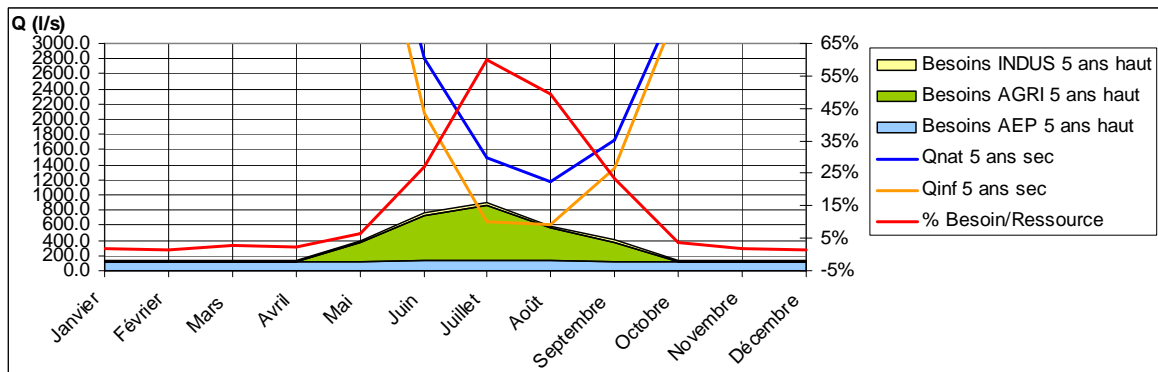
Source : BRLi.

En amont de La-Roque-sur-Cèze, des résurgences karstiques restituent de l'eau à la Cèze. La ressource disponible est donc plus importante qu'au niveau de Tharoux.

Les prélèvements amont représentent mois de 45 % de la ressource en mois quinquennal sec (juillet).

4.9 BILAN PRELEVEMENTS / RESSOURCE A CHUSCLAN (C4)

Figure 45 : Bilan Prélèvements nets / débit naturel reconstitué à Chusclan, mois quinquennaux secs.

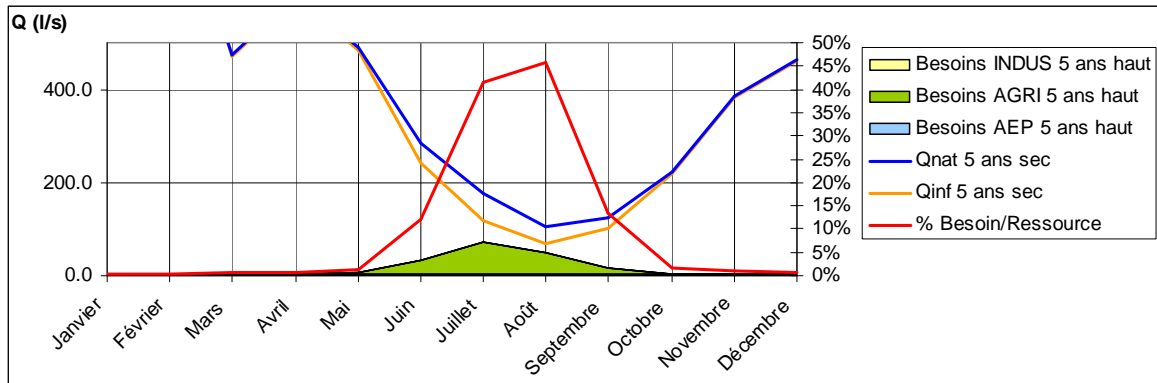


Source : BRLi.

Au niveau de Chusclan, les prélèvements peuvent représenter 60% (juillet) de la ressource disponible en mois quinquennal sec.

4.10 BILAN PRELEVEMENTS / RESSOURCE POUR LE BASSIN DE LA TAVE (A6)

Figure 46 : Bilan Prélèvements nets / débit naturel reconstitué sur le bassin versant de la Tave, mois quinquennaux secs.



Source : BRLi.

Sur le bassin versant de la Tave, les besoins peuvent représenter 45% de la ressource en mois quinquennal sec (août).

5. BIBLIOGRAPHIE

BRLi, Juillet 2007. Protocole de Gestion Concertée de la Ressource en Eau sur le Bassin Versant de la Cèze. Phase 1. Rapport Définitif.

BRLi, Octobre 2008a. Optimisation de la gestion du soutien d'étiage du barrage de Sénéchas. Rapport hydrologique de phase 1. Version définitive.

BRLi, Novembre 2008b. Protocole de Gestion Concertée de la Ressource en Eau sur le Bassin Versant de la Cèze. Phase 2. Rapport final. Rapport définitif de phase 2 (post Réunion du 26 septembre 2008).

BRLi, Novembre 2008c. Enquêtes auprès des communes des affluents de la Cèze, bassin amont, été 2007. Enquêtes réalisées par BRLi et le Syndicat ABCèze.

BRLi, Août 2009. Protocole de Gestion Concertée de la Ressource en Eau sur le Bassin Versant de la Cèze. Phase 3 & 4. Rapport final. Rapport de phases 3 et 4 : Protocole de gestion.

BRLi, 2010. Fichier EXCEL de synthèse des jaugeages sur la Cèze de l'été 2009.

CGAAER, IGE, Juin 2007. Préconisation pour la mise en œuvre du plan national de gestion de la rareté de l'eau. Etabli par Cheminaud M., Cros P., Fauré P. et Roux A. pour le CGAAER (Conseil Général de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Espaces Ruraux) et Gilot A., et Lafitte J-J. pour l'IGE (Inspection Générale de l'Environnement).

Chambre d'Agriculture du Gard, Décembre 2010. Inventaire des superficies agricoles irriguées sur la ZRE CEZE. Présentation Powerpoint.

MARTIN C., JOLIVET J., MARTIN P., 2009. Mesure des débits d'étiage estivaux sur le cours moyen de la Cèze (Gard). UMR 6012 "ESPACE", Rapport au Syndicat mixte d'aménagement de la Cèze, 10 p. + annexes.

MEEDDAT, 2008. Circulaire du 30/06/08 relative à la résorption des déficits quantitatifs en matière de prélèvement d'eau et gestion collective des prélèvements d'irrigation. (BO du MEEDDAT n° 2008/15 du 15 août 2008)

ONEMA, ABCèze, 2008. Enquête ONEMA/ABCèze sur les prélèvements des Béals de la Haute Vallée de la Cèze.

SAFEGE, 1999. Etude préalable à la gestion et au soutien des étiages de la Cèze.

SIEE, 2002. Schéma départemental d'alimentation en eau potable et d'assainissement du Gard. Commandé par le CG30.