



Suivis hydrologiques dans la Vallée Obscure (commune de Peyrolles, Gard)

Claude Martin, Jean-François Didon-Lescot, Jean-Marc Domergue, Joël Jolivet, Dominique Ray

► To cite this version:

Claude Martin, Jean-François Didon-Lescot, Jean-Marc Domergue, Joël Jolivet, Dominique Ray. Suivis hydrologiques dans la Vallée Obscure (commune de Peyrolles, Gard). 50 pages. 2008. <hal-00392671>

HAL Id: hal-00392671

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00392671>

Submitted on 8 Jun 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DE NICE-SOPHIA-ANTIPOLIS

SUIVIS HYDROLOGIQUES

DANS LA VALLÉE OBSCURE

(COMMUNE DE PEYROLLES, GARD)

Claude MARTIN (Responsable Scientifique)

**Jean-François DIDON-LESCOT, Jean-Marc DOMERGUE,
Joël JOLIVET et Dominique RAY**

Rapport final pour le SMAGE des Gardons

Décembre 2008

UMR 6012 "ESPACE" - composante niçoise

Contact : claud.e.martin0156@orange.fr

Sommaire :

	Pages
1 : Introduction	3
2 : Le dispositif d'observation	4
3 : Les Précipitations	6
4 : Les données hydrologiques 2006-07 et 2007-08	9
5 : Le rôle hydrologique des <i>tancats</i> et les effets des travaux de réhabilitation	24
6 : Conclusion	38
Annexe : Les précipitations à Saint-Jean-du-Gard depuis 1888	39
Références bibliographiques	49

1 : INTRODUCTION

Après la remise en état des stations hydrométriques de la Vallée Obscure endommagées lors de l'épisode exceptionnel du 18 au 20 octobre 2006, les mesures ont été menées en routine : jaugeages, récupération des données enregistrées (pluies, niveaux hydrométriques, humidité des sols...), traitement de l'information. Nous fournirons l'ensemble des données mensuelles et annuelles disponibles à ce jour.

Le rôle hydrologique des *tancats*⁽¹⁾ en étiage a donné lieu à de nouvelles investigations en septembre et en octobre 2007. Cette approche n'a pas été renouvelée en 2008, les conclusions pouvant être maintenant considérées comme acquises.

En revanche, une attention particulière a été portée aux écoulements d'étiage à la suite des travaux de défrichement en fonds de vallon et de réhabilitation des *tancats* réalisés en 2006 sur le bassin versant de la Bastide.

Enfin, dans le but de situer la période d'étude dans le contexte du climat local, les précipitations relevées à Saint-Jean-du-Gard depuis 1888 seront présentées et interprétées en annexe.

(1) : le terme *rascasse* serait sans doute préférable à *tancat*.

2 : LE DISPOSITIF D'OBSERVATION

Après l'épisode d'octobre 2006, l'UMR 6012 "ESPACE" a abandonné les suivis sur le bassin du Rouquet et a concentré ses efforts sur la Vallée Obscure. Le dispositif comprenait alors (Fig. 1) :

- Cinq stations hydrométriques : Valescure aval ($3,93 \text{ km}^2$; créée en août 2003), Abrits ($0,63 \text{ km}^2$; février 2003), Cartaou ($0,52 \text{ km}^2$; février 2003), ($0,27 \text{ km}^2$; mars 2004) et Valescure amont ($0,92 \text{ km}^2$; mars 2005). Chaque station est équipée d'une échelle limnimétrique et d'une sonde (généralement de pression) reliée à une centrale d'acquisition informatique des données (ALCYR).
- Deux postes pluviographiques : au Château de la Vallée Obscure, depuis janvier 2003, et à Valescure aval, depuis décembre de la même année. Les pluviographes (surface réceptrice de 400 cm^2 ; à double auget) sont asservis à une centrale d'acquisition informatique des données (ALCYR – résolution à la seconde au poste du Château et à la minute au poste de Valescure aval et à celui installé en doublon au Château depuis février 2007). Les eaux sont récupérées dans des bidons de 11 litres pour le contrôle au seuil, systématique, des enregistrements.
- Un thermographe (Château de la Vallée Obscure).
- Trois piézographes, installés en rive droite du Valescure amont, en bas de versant, à proximité de la station hydrométrique. Les tubes sont enfouis jusqu'à la base des formations superficielles, à des profondeurs atteignant 76 cm pour P1, 88 cm pour P2 et 64 cm pour P3. L'équipement est constitué de sondes de pression asservies à des centrales d'acquisition des données (ALCYR).
- Une station de mesure de l'humidité des sols par sondes TDR (matériel TRIME de la société IMKO) mise en place en mars 2003 sur les anciennes terrasses de culture près du Château. L'une des douze sondes ne fonctionne plus, mais les onze autres (réparties en quatre profils, avec des profondeurs allant de 25 à 143 cm) donnent entière satisfaction.
- Des parcelles de ruissellement et de mesure de l'érosion, mises en place dans le même secteur. La parcelle initialement binée n'est plus travaillée et est maintenue la plus propre possible à l'aide d'un désherbant chimique. La parcelle qui était initialement enherbée, est binée. La grande parcelle sur deux terrasses avec mur intermédiaire effondré est toujours laissée enherbée. Enfin, le dispositif de collecte des eaux à la base d'un mur de terrasse n'a pas non plus été modifié. Les parcelles sont reliées par un tuyau à des bidons de collecte des eaux de 215 litres. Pour la parcelle désherbée chimiquement, les écoulements dans le bidon sont enregistrés en continu à l'aide d'un limnigraphie (capteur de pression couplé à une centrale d'acquisition). Le dispositif de collecte des eaux à la base du mur de terrasse débouche sur un bidon de 120 litres.

Une seule modification a été apportée à ce dispositif : l'installation, en mars 2007, d'un piézographe (P4) en association avec la station de mesure d'humidité des sols par sondes TDR. Le tube descend dans l'arène jusqu'à une profondeur de 79 cm.

Les nombreux jaugeages réalisés après l'épisode d'octobre 2006 ont permis d'établir des courbes de tarage pour les trois stations endommagées : Valescure aval, Cartaou et Valescure amont. Cependant les résultats posent encore problème, les débits en hautes eaux étant, semble-t-il, sous-évalués pour le Valescure aval et surévalués pour le Cartaou et peut-être aussi le Valescure amont.

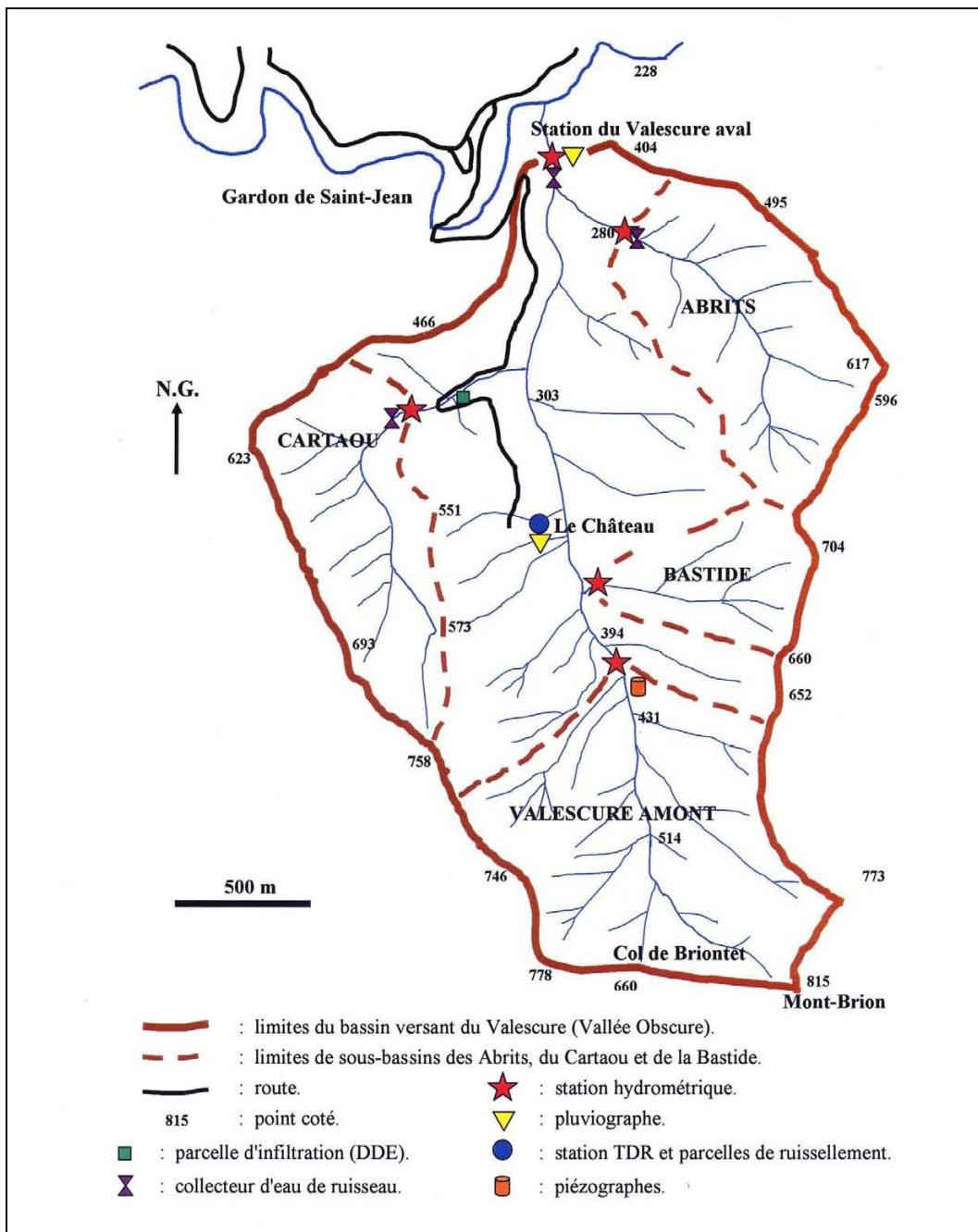


Figure 1 - Le dispositif de mesure de la Vallée Obscure.

3 : LES PRÉCIPITATIONS

Si les suivis n'avaient connu aucun problème en 2006, différents incidents se sont produits en 2007 et 2008 : pannes des centrales d'acquisition des données (postes du Château), perte d'un électro-aimant (poste du Château) et colmatages de l'évacuation des cônes récepteurs (poste de secours du Château et poste de Valescure aval). Au total, grâce aux deux appareils disponibles, aucune perte d'information n'est à déplorer au Château. Six jours de pluie n'ont pas été enregistrés au poste de Valescure aval, mais les précipitations journalières ont pu être reconstituées à partir des enregistrements au Château, en tenant compte des cumuls de pluie mesurés au seuil.

I - L'ANNÉE 2006-07

Les précipitations annuelles mesurées du 1^{er} septembre 2006 au 31 août 2007 au poste de Valescure aval (1493 mm – Tab. II) sont légèrement inférieures à la valeur moyenne sur les cinq années de suivi entre septembre 2003 et août 2008 (1581 mm). Mais l'année 2006-07 se singularise par un contraste saisonnier particulièrement marqué.

Les mois de septembre à novembre 2006 (Fig. 2) ont été très pluvieux (925 mm, soit 62 % du total annuel, dont 418 mm sont tombés du 18 au 20 octobre).

À l'inverse, la sécheresse estivale a commencé très tôt, la dernière pluie assez abondante s'étant produite le 15 juin (27,7 mm), et elle a été en outre très marquée. Du 16 juin au 31 août 2007, 28,6 mm de pluie seulement ont été enregistrés (1,9 % du total annuel). À titre de comparaison, le poste météorologique de Saint-Christol-lez-Alès a reçu 23 mm en juillet et août 2007. Sur 59 années d'observation, 2006-07 se place ici au quatrième rang des années ayant reçu le moins d'eau au cours de ces deux mois (minimum de 10 mm en 1961-62), juste avant 2004-05 (27 mm).

Du 16 juin au 31 août 2007, les précipitations journalières ont dépassé 1 mm à cinq reprises seulement, avec un maximum de 8,3 mm le 2 juillet.

II - L'ANNÉE 2007-08

Les précipitations ont été plus abondantes au cours de cette année (1898 mm). Elles sont pourtant restées très faibles jusqu'à la mi-novembre. 37,4 mm sont tombés les 17 et 18 septembre 2007, mais cet épisode n'a pas marqué la fin de la période sèche : au poste de Valescure aval, le total des précipitations s'établit à 115 mm seulement du 1^{er} septembre au 18 novembre. Un épisode de type cévenol, abondant (408 mm), mais assez peu violent, s'est ensuite produit du 19 au 23 novembre.

Du fait de leur abondance et de leur répartition dans l'année (Fig. 2), les précipitations n'ont pas été propices à un étiage sévère en 2007-08.

Tableau II - Précipitations (mm) au poste de Valescure aval sur la période 2002-2008.

	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08
Année	-	2283	765	1338	1499	1898
01/05 au 31/08	173	279	156	187	254	569
16/06 au 31/08	119	199	79	135	29	170
01/07 au 31/08	102	193	46	127	27	128
01/09 au 30/11	-	843	387	542	925	573
Pj max 16/06-31/08	59 (16/07)	65 (17/08)	33 (11/08)	50 (17/08)	8,3 (02/07)	40 (03/07)
Pj max année	-	192 (29/04)	119 (28/10)	176 (28/01)	348 (19/10)	247 (21/11)

Pj max : précipitations en 24 heures maximales (de 0 à 24 h – heures d'hiver).

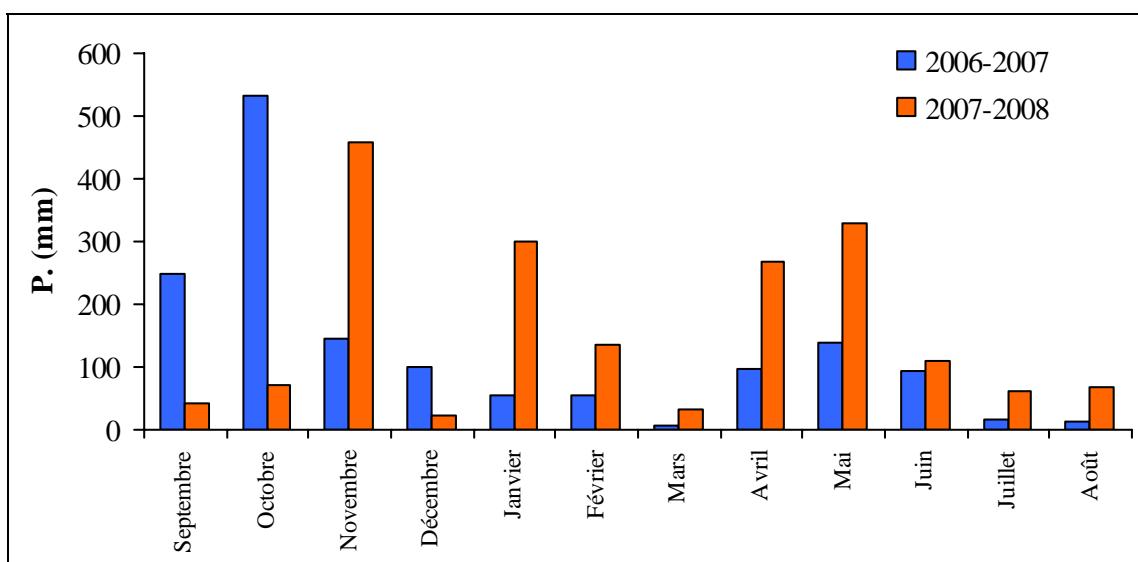


Figure 2 - Précipitations mensuelles au poste de Valescure aval en 2006-07 et 2007-08.

La période sèche s'est prolongée jusqu'au 19 octobre 2008 (82 mm de pluie depuis le 1^{er} septembre). Elle a alors été interrompue par les précipitations du 20 au 22 octobre.

III - CONSIDÉRATIONS SUR LA REPRÉSENTATIVITÉ SPATIALE DES PLUIES MESURÉES

À l'échelle annuelle, les différences sont faibles entre les postes du Château et de Valescure aval (Tab. III). Elles dépassent tout de même 6 % de la moyenne des valeurs mesurées aux deux postes en 2004-05 et 2005-06. Sur l'ensemble de la période d'observation, les précipitations au Château (7915 mm) sont légèrement supérieures à celles au poste de Valescure aval (7915 mm) : l'écart représente 1,7 % de la moyenne des deux valeurs. Les précipitations les plus fortes ont cependant été enregistrées à Valescure aval en 2003-04 et 2006-07.

La régression linéaire entre les précipitations mensuelles aux deux postes est de bonne qualité (Fig. 3), ce qui n'exclut pas des différences parfois assez fortes, surtout en valeurs relatives (Fig. 4). L'installation d'un troisième poste pluviographique, près du Mont-Brion, permettrait sans doute d'améliorer la connaissance des pluies sur la Vallée Obscure.

Tableau III - Précipitations annuelles (en mm) aux postes de Valescure aval (Val. aval) et du Château de 2003-04 à 2007-08.

	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08
P. Val. aval	2283	765	1338	1499	1898
P. Château	2244	813	1425	1497	1936
Écart (%)	1,7	6,1	6,3	0,2	2,0

Écart : écart entre les précipitations aux deux postes exprimé en pourcentage de la moyenne des deux valeurs.

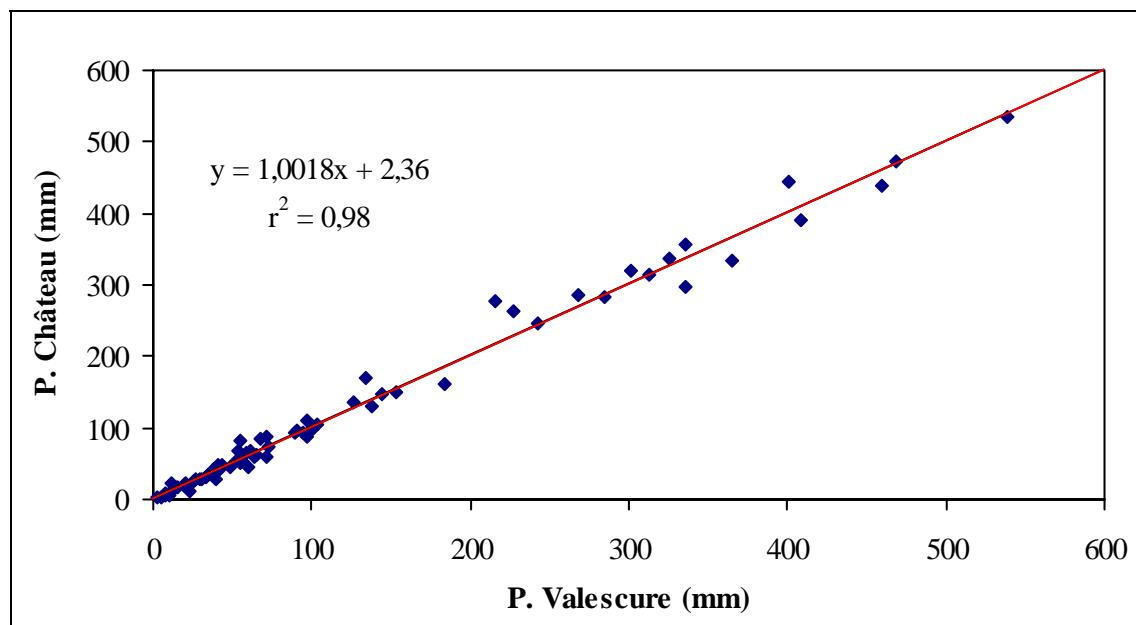


Figure 3 - Relation entre les précipitations mensuelles aux postes de Valescure aval et du Château.

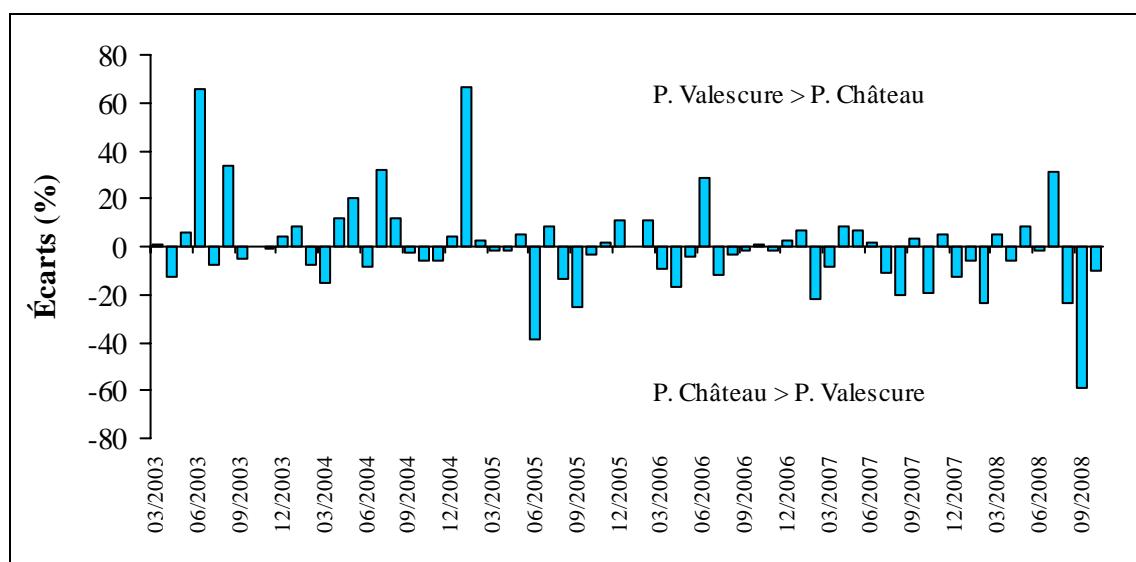


Figure 4 - Écarts relatifs entre les précipitations mensuelles aux postes de Valescure aval et du Château (exprimés en % de la moyenne des deux valeurs).

4 : LES DONNÉES HYDROLOGIQUES 2006-07 ET 2007-08

L'année 2006-07 a été décrite dans le rapport intermédiaire 2007 (J.F. DIDON-LESCOT *et al.*, 2007). Elle a été marquée par deux phénomènes hydrologiques majeurs :

- D'une part, l'épisode cévenol du 18 au 20 octobre 2006. Une description en a été faite dans le rapport 2006 (C. MARTIN *et al.*, 2006) qui a servi de base à une communication aux 6^{èmes} Journées d'Etude de l'OHM-CV (C. MARTIN *et al.*, 2007).
- D'autre part, un étage estival particulièrement long, qui a débordé largement sur l'automne de l'année hydrologique 2007-08.

I - LES ÉCOULEMENTS MENSUELS ET ANNUELS

Les lames d'eau écoulées mensuelles déterminées pour les années 2006-07 et 2007-08 sont présentées sur les figures 5 et 6. Pour toutes les stations, les données journalières manquantes ont été reconstituées à partir des relations avec d'autres ruisseaux. Cela a été notamment le cas pour les stations endommagées lors de l'épisode d'octobre 2006, qui n'a été totalement enregistré que sur les ruisseaux des Abrits et de la Bastide.

La comparaison entre les lames d'eau écoulées et les précipitations ne fait pas ressortir de gros problème en 2006-07.

En 2007-08, en revanche, certaines lames d'eau mensuelles peuvent apparaître comme particulièrement fortes : celles du Valescure amont en novembre et en mai, et celles du Cartaou en janvier, en avril et en mai.

Quoi qu'il en soit, en relation avec les précipitations, les écoulements abondants se sont concentrés en octobre en 2006-07, alors qu'ils se sont produits sur quatre mois (novembre, janvier, avril et mai) en 2007-08.

Les données des années 2006-07 et 2007-08 sont portées dans les tableaux IV et V et celles des années antérieures dans le tableau VI.

En 2007-08, année humide au cours de laquelle – comme nous le verrons plus loin – les débits ont été parfois très forts, les bassins du Cartaou et du Valescure amont présentent les déficits d'écoulement les plus faibles et celui du Valescure aval, un déficit d'écoulement relativement élevé. Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, les courbes de tarage des stations réaménagées après la crue d'octobre 2006 posent encore question.

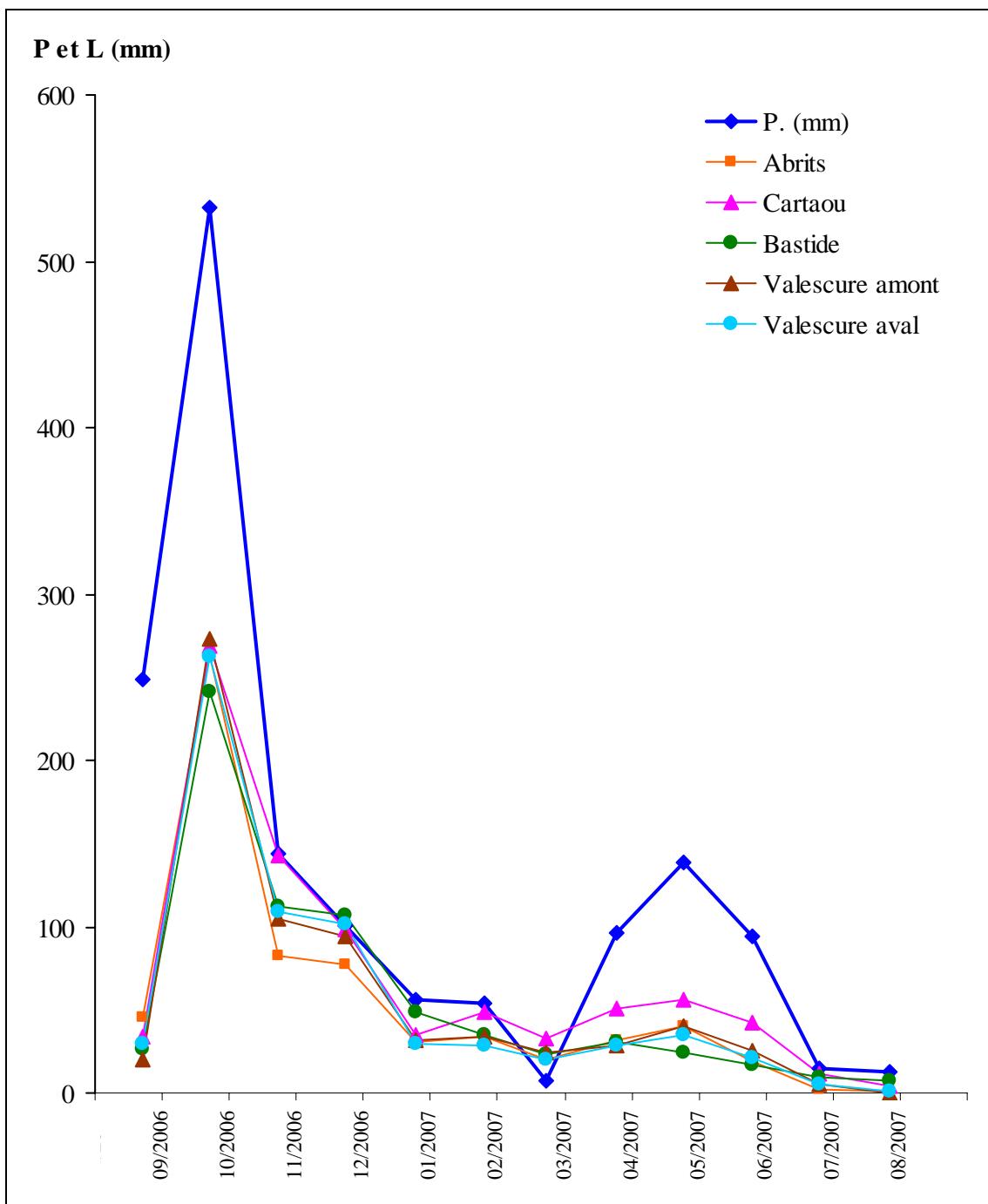


Figure 5 - Valeurs mensuelles des précipitations au poste de Valescure aval (P) et des lames d'eau écoulées par les ruisseaux (L) en 2006-07.

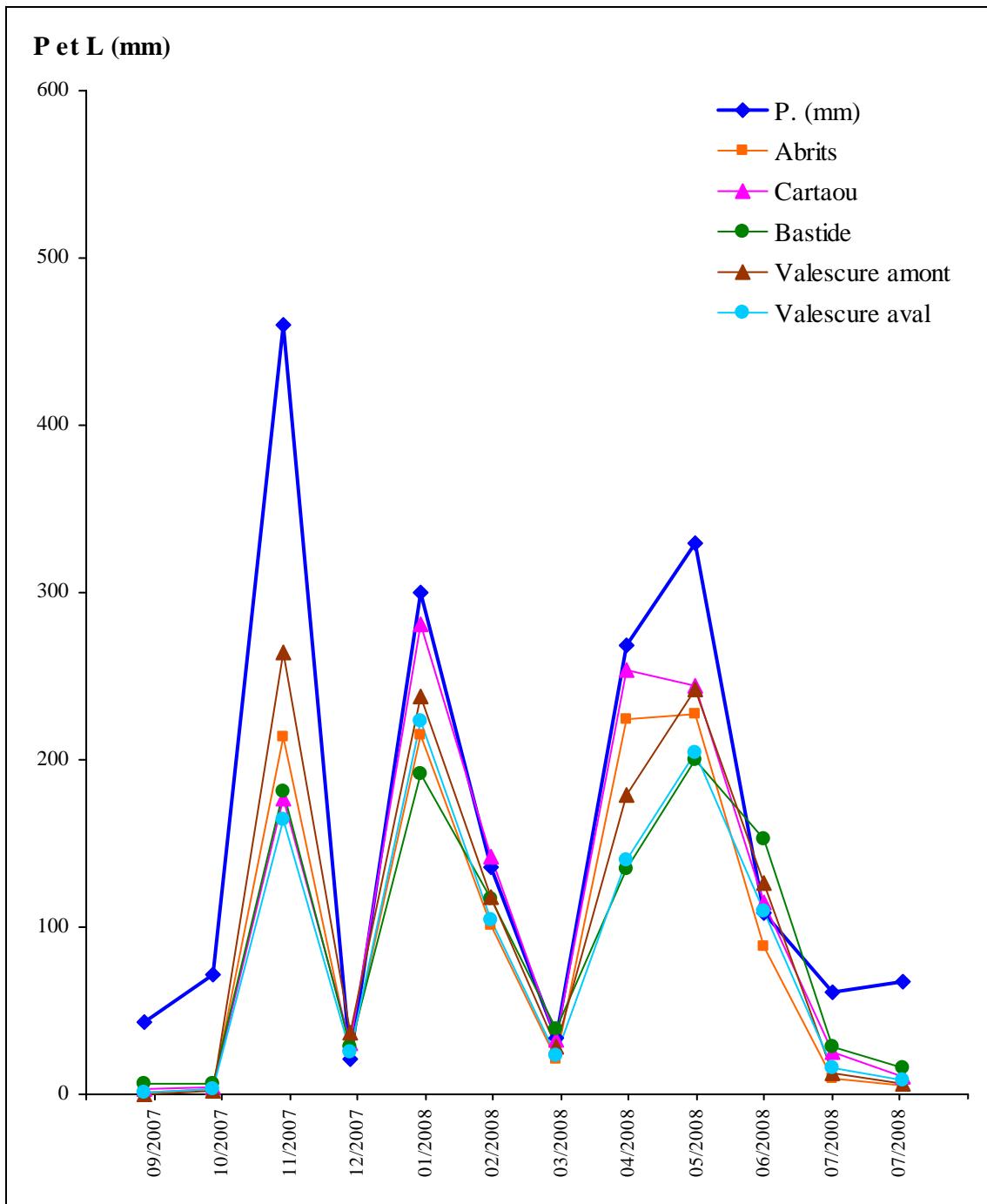


Figure 6 - Valeurs mensuelles des précipitations au poste de Valescure aval (P) et des lames d'eau écoulées par les ruisseaux (L) en 2007-08.

Tableau IV - Précipitations, lames d'eau écoulées et déficits d'écoulement annuels des ruisseaux de la Vallée Obscure en 2006-07.

	Abrits	Cartaou	Bastide	Val. amont	Val. aval
P (mm)	1499	1497	1497	1497	1497
L (mm)	647	825	684	681	673
P - L (mm)	853	672	813	816	824

P : précipitations. L : lame d'eau écoulée. P - L : déficit d'écoulement. Val. amont : Valescure amont. Val. aval : Valescure aval. Précipitations sur le bassin versant des Abrits : P. au poste de Valescure aval. Précipitations sur les bassins versants du Cartaou, de la Bastide et du Valescure amont : P. au poste du Château. P. sur l'ensemble de la Vallée Obscure : $(0,75 \times P. \text{ Château}) + (0,25 \times P. \text{ Valescure aval})$.

Tableau V - Précipitations, lames d'eau écoulées et déficits d'écoulement annuels des ruisseaux de la Vallée Obscure en 2007-08.

	Abrits	Cartaou	Bastide	Val. amont	Val. aval
P (mm)	1898	1936	1936	1936	1926
L (mm)	1126	1319	1105	1255	1021
P - L (mm)	772	617	831	681	905

Légende : voir tableau II.

Tableau VI - Précipitations, lames d'eau écoulées et déficits d'écoulement annuels des ruisseaux de la Vallée Obscure de 2002-03 à 2005-06.

	Abrits	Cartaou	Bastide	Val. amont	Val. aval
2003-04					
P (mm)	2283	2244	2244	2244	2252
L (mm)	1727	1701	-	-	1431
P - L (mm)	556	543	-	-	821
2004-05					
P (mm)	765	813	813	813	801
L (mm)	205	322	190	-	218
P - L (mm)	560	491	623	-	583
2005-06					
P (mm)	1338	1425	1425	1425	1401
L (mm)	788	755	821	779	818
P - L (mm)	549	671	605	646	582

Légende : voir tableau II. - : absence de mesures.

II - LES ÉPISODES DE CRUE EN 2006-07

Comme nous l'avons déjà souligné (C. MARTIN *et al.*, 2006 ; J.F. DIDON-LESCOT *et al.*, 2007), l'épisode cévenol du 18 au 20 octobre 2006 apparaît comme un épisode majeur. Il a du reste été bien plus violent dans la Vallée Obscure que celui du 8 septembre 2002.

Les précipitations sur la Vallée Obscure ont avoisiné de 63 mm le 18 octobre, 345 mm le 19 octobre et une dizaine de mm le 20 octobre. Alors que les bassins étaient déjà en grande partie saturés, la journée du 19 octobre s'est achevée par un violent orage déversant 110 mm en deux heures (les intensités de la pluie ont atteint jusqu'à 246 mm/h sur 5 mn). Les réponses hydrologiques ont été d'une extrême violence, avec un accroissement brutal des débits suivi

d'une diminution très rapide (Fig. 7).

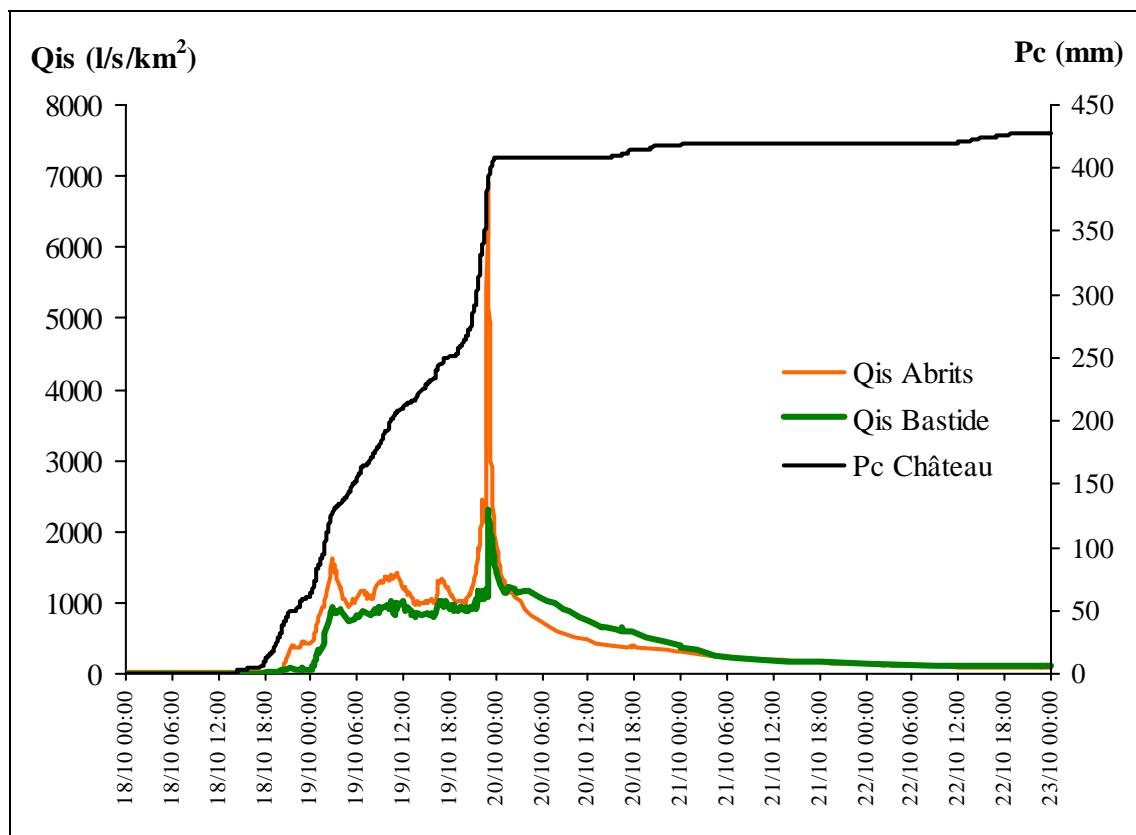


Figure 7 - Débits instantanés spécifiques des ruisseaux des Abrits et de la Bastide et précipitations cumulées au Château de la Vallée Obscure du 18 au 23 octobre 2006.
(heures en heures d'hiver)

À la station des Abrits, en réponse aux intensités de la pluie les plus fortes (71 mm à Valescure aval le 19 octobre entre 22h00 et 23h00), le débit qui était de 1357 l/s (2142 l/s/km^2) à 22h43 (en décrue), est passé à une valeur estimée à près de 4400 l/s ($\approx 7000 \text{ l/s/km}^2$) à 22h55, en pic de crue. La montée de crue correspond à l'averse très intense de 26 mm enregistrée au poste de Valescure aval entre 22h50 et 22h59. Le débit est ensuite redescendu à 1278 l/s (2018 l/s/km^2) à 23h43. Pour autant, la lame d'eau écoulée en presque une heure, de 22h43 à 23h41, jusqu'au retour à un débit de 1357 l/s, atteint seulement 14 mm, alors que 49 mm sont tombés dans le même laps de temps au pluviographe de Valescure aval.

La hauteur d'eau en pic de crue atteinte par le ruisseau des Abrits le 19 octobre (98,9 cm) dépasse largement la hauteur maximale jaugée (54 cm). L'équation de type polynomial d'ordre 2 que nous avons adoptée pour la partie supérieure de la courbe sous-estime vraisemblablement beaucoup les débits extrapolés les plus forts. Dans le cas de la Bastide, la différence entre la hauteur maximale enregistrée le 19 octobre (66,6 cm à 23h01) et la hauteur maximale jaugée (41,5 cm) est moindre, mais l'équation linéaire établie avec les trois débits jaugés les plus forts n'en donne pas moins une extrapolation douteuse.

Quoi qu'il en soit, la figure 7 fait ressortir la différence de comportement entre les ruisseaux des Abrits et de la Bastide. Le ruisseau des Abrits réagit plus violemment, mais celui de la Bastide a des décrues plus lentes. Ainsi, pour la période du 18 au 21 octobre, trouve-t-on des lames d'eau écoulées assez proches pour les ruisseaux des Abrits et de la Bastide, soit

respectivement 187 mm et 166 mm.

Les réponses des ruisseaux aux précipitations très violentes tombées en fin de journée le 19 octobre, se sont accompagnées d'une mise en fonctionnement des ravines et de ruissellements sur les versants qui ont engendré des transports solides considérables (C. MARTIN *et al.*, 2006). L'ampleur des phénomènes d'érosion vers la fin de l'épisode s'explique à la fois par la saturation en eau des sols sur certaines parties au moins des bassins versants et par l'intensité exceptionnelle des pluies pendant deux heures, et tout particulièrement au cours de certaines averses. Les ruissellements ont pu ainsi s'étendre et devenir très abondants.

Les données de la station de mesure de l'humidité des sols par sonde TDR exploitée près du Château de la Vallée Obscure mettent en évidence le rôle de l'intensité des pluies dans la saturation des profils pédologiques (Fig. 8).

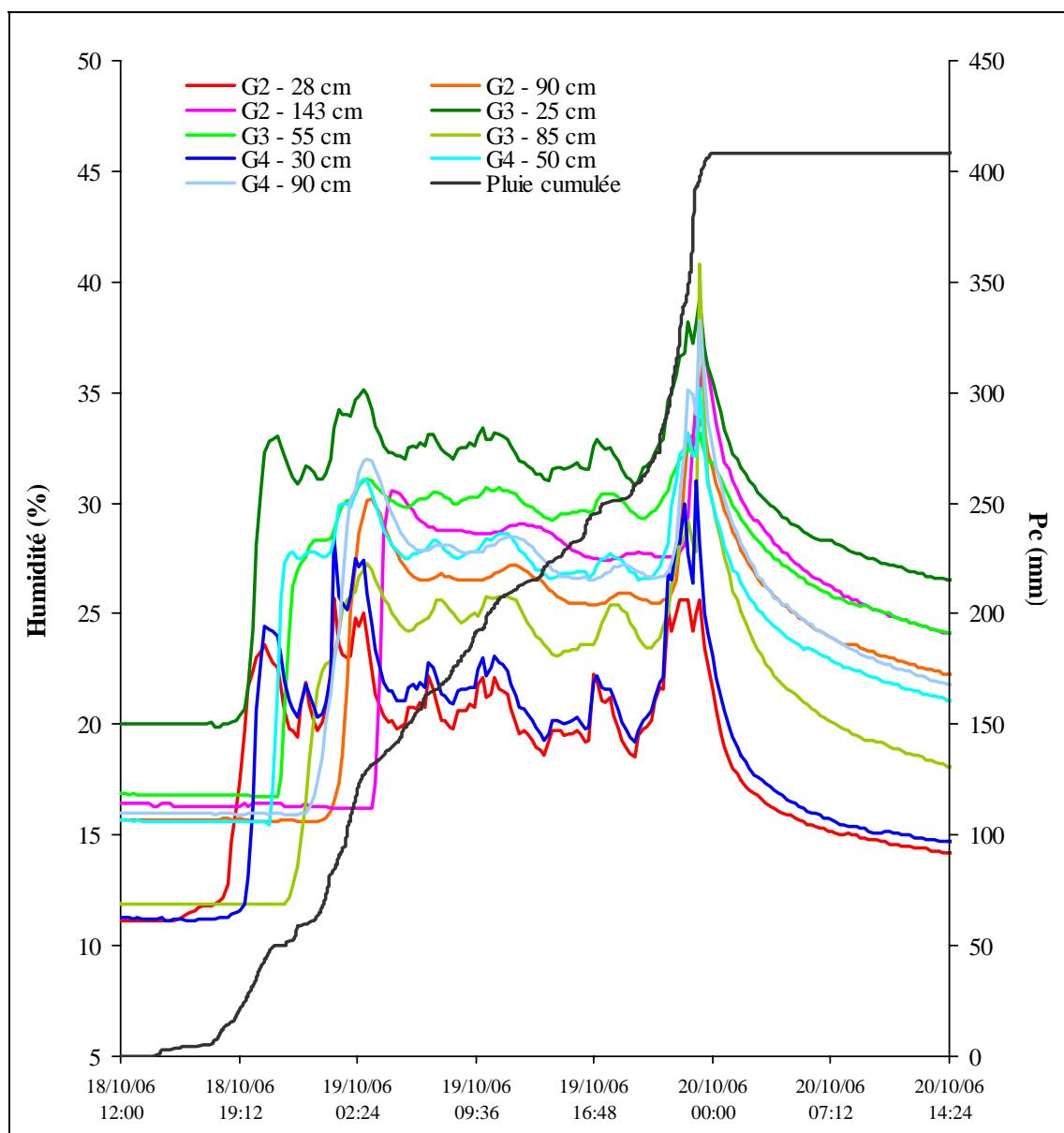


Figure 8 - Taux d'humidité volumique des sols des profils G2, G3 et G4 à la station TDR du Château de la Vallée Obscure et pluie cumulée lors de l'épisode du 18 au 20 octobre 2006.
(heures en heures d'hiver)

Les piézographes installés en bas de versant de rive droite un peu en amont de la station hydrométrique du Valescure amont témoignent également de cette relation étroite entre l'engorgement des sols et l'intensité des pluies (Fig. 9).

Dans ces conditions, il n'est pas étonnant que l'amorce des montées de crue brutales de la fin de journée du 19 octobre aient été pratiquement concomitantes du début des abats d'eau les plus violents (Fig. 9).

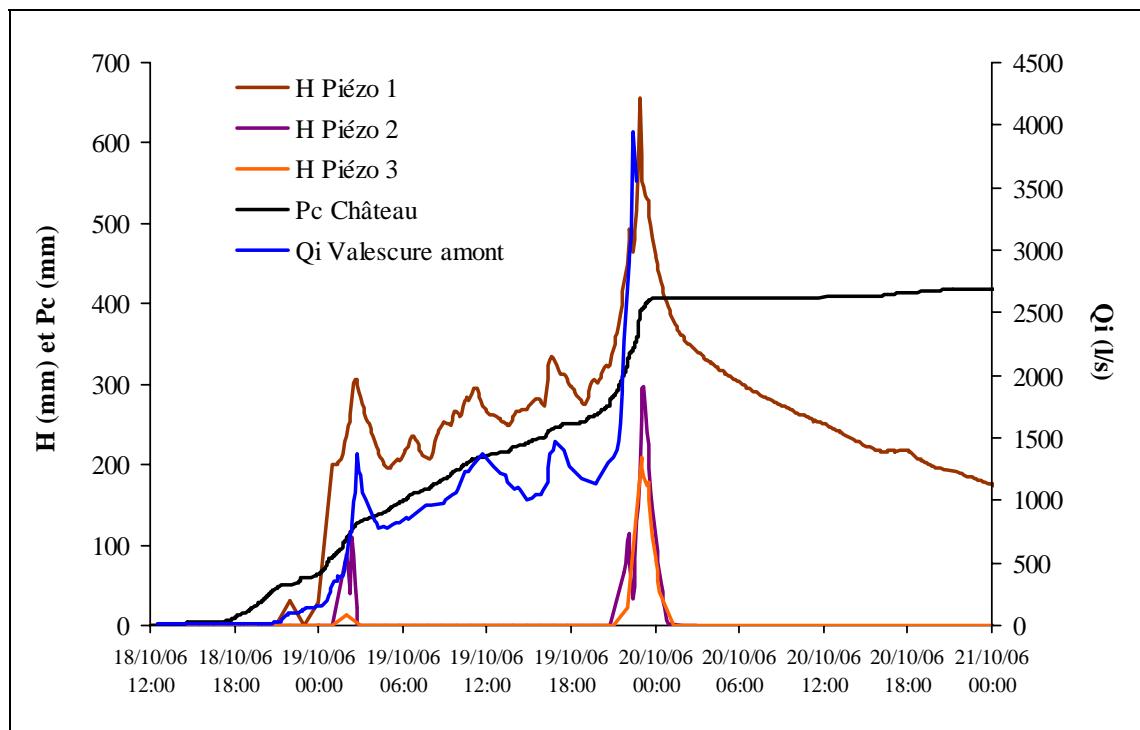


Figure 9 - Hauteurs d'eau (H) dans les piézographes lors de l'épisode du 18 au 20 octobre 2006 – comparaisons avec le débit du Valescure amont (Qi) et avec les précipitations cumulées (Pc) au Château de la Vallée Obscure.

(profondeurs des piézographes dans le sol : 760 mm pour P1, 880 mm pour P2 et 640 mm pour P3 – heures en heures d'hiver)

Les autres crues de l'année 2006-07 ont été modestes (Fig. 10). Pour le ruisseau des Abrits, le débit journalier spécifique du 17 novembre (351 l/s/km^2) se place en troisième position derrière ceux du 19 octobre (1299 l/s/km^2) et du 20 octobre (596 l/s/km^2). En pic de crue, le débit instantané est monté à 1044 l/s (1648 l/s/km^2) le 17 novembre, contre 4374 l/s au moins (6906 l/s/km^2) le 19 octobre.

Un seul épisode mérite ensuite d'être noté sur l'hydrogramme du ruisseau des Abrits, celui des 2 et 3 décembre 2007. Toutefois les débits journaliers spécifiques n'ont atteint que 100 et 111 l/s/km^2 , tandis que le débit instantané spécifique de pointe de crue a tout juste dépassé 200 l/s/km^2 .

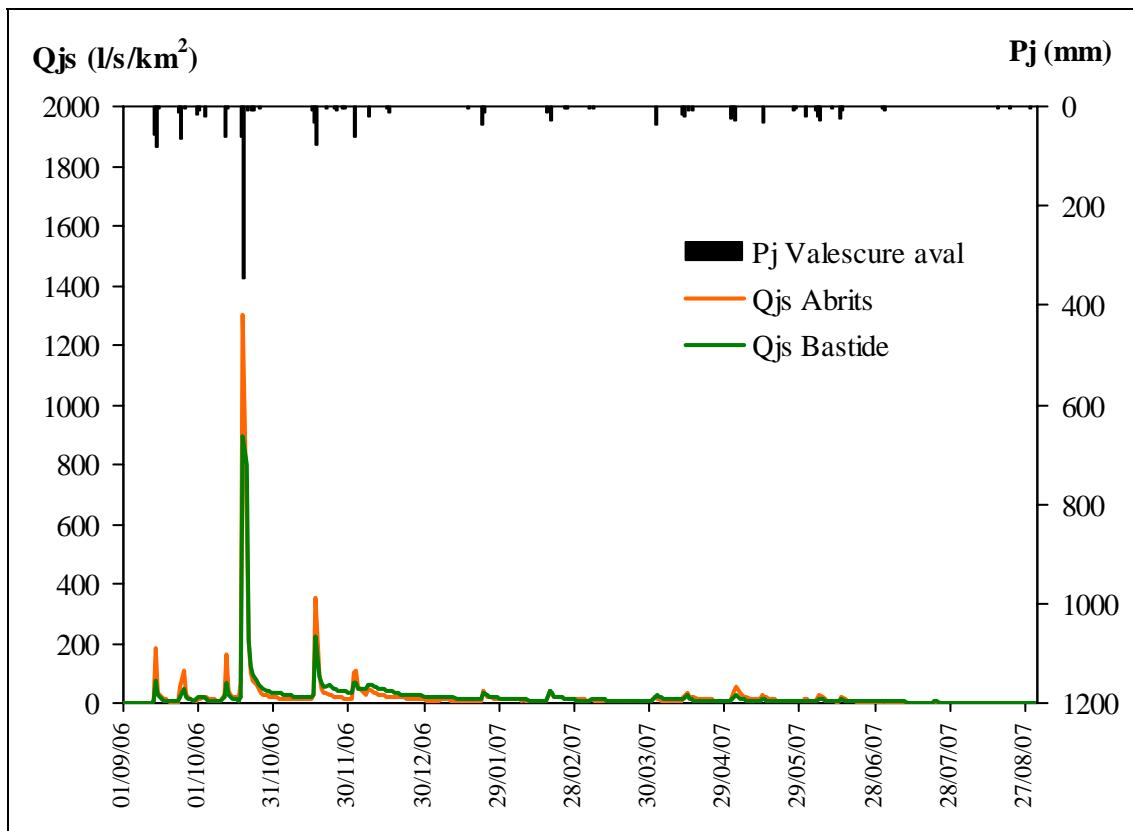


Figure 10 - Débits journaliers spécifiques des ruisseaux des Abrits et de la Bastide et précipitations journalières au poste de Valescure aval en 2006-07 (du 1^{er} septembre 2006 au 31 août 2007).

III - LES ÉPISODES DE CRUE EN 2007-08

Plusieurs épisodes de crue se sont succédé au cours de cette année (Fig. 11 – Tab. VII).

Le plus important, celui du 19 au 23 novembre (précipitations de 438 mm au poste du Château et de 460 mm à celui de Valescure aval), marque le véritable début du cycle hydrologique 2007-08, après un long étiage automnal. Le 22 novembre, les débits journaliers spécifiques atteignent 899 l/s/km² pour le ruisseau des Abrits et 789 l/s/km² pour celui de la Bastide. Mais les débits spécifiques instantanés de pointe de crue restent modérés : 1215 l/s/km² à 2h49 sur le ruisseau des Abrits et 1125 l/s/km² à 3h31 sur celui de la Bastide. À l'évidence, les écoulements journaliers élevés de cet épisode résultent de précipitations abondantes mais régulières, sans aucune averse extrêmement violente. Les intensités maximales de la pluie au poste de Valescure aval ont été de 35 mm/h pour 5 mm consécutifs et de 22 mm/h pour 10 mm consécutifs le 22 novembre entre 19h20 et 19h50. Cette averse a provoqué le pic de crue principal du ruisseau de Valescure amont (Fig. 12). Ce pic se retrouve sur tous les ruisseaux, mais pour les ruisseaux du Valescure aval, des Abrits et de la Bastide, la pointe de crue principale correspond à des précipitations moins intenses tombées le 22 novembre entre 2h19 et 3h00 avec des intensités pour 5 mm consécutifs comprises entre 10 et 22 mm/h. Le Cartaou se distingue par un pic de crue principal un peu retardé par rapport à ceux de ces trois cours d'eau. Dans tous les cas, l'écart entre les débits atteints lors des deux pics principaux est faible.

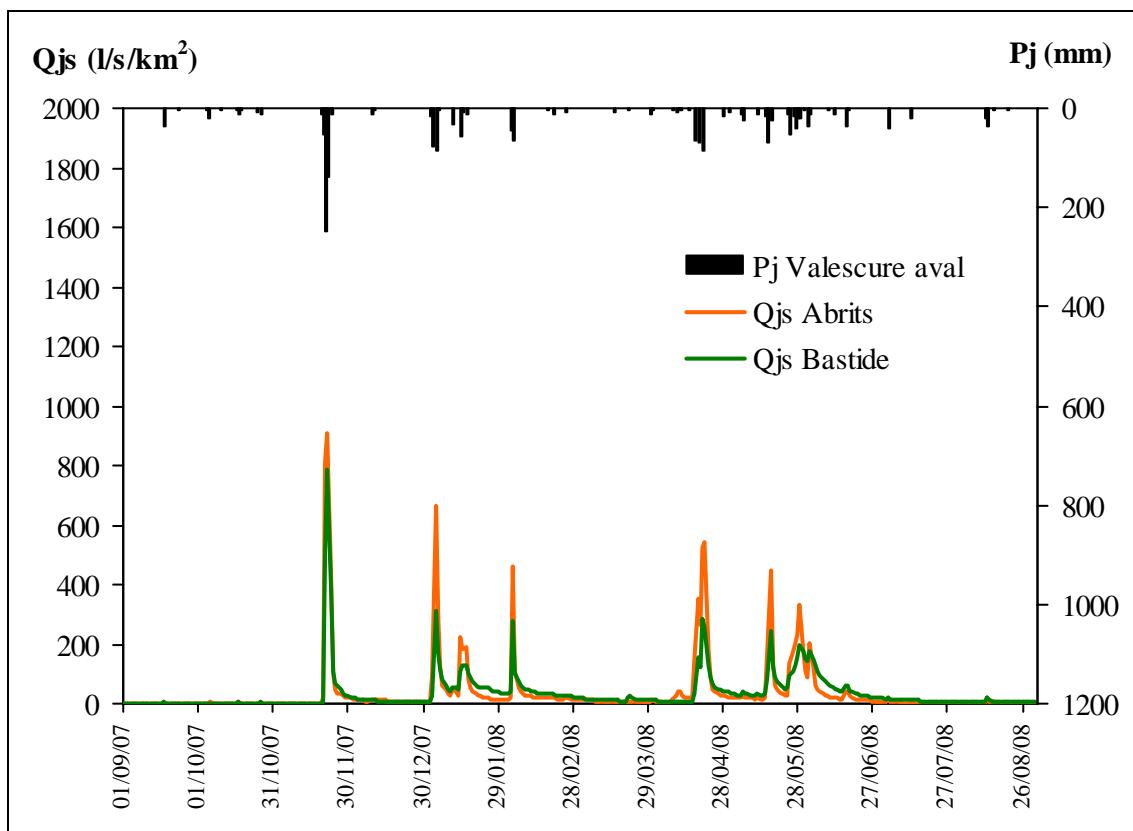


Figure 11 - Débits journaliers spécifiques des ruisseaux des Abrits et de la Bastide et précipitations journalières au poste de Valescure aval en 2007-08
(du 1^{er} septembre 2007 au 31 août 2008).

Tableau VII - Données sur les principales crues de l'année 2007-08.

	Abrits	Cartaou	Bastide	Val. amont	Val. aval
Qjs 21/11/07	798	349	502	610	473
Qjs 22/11/07	899	740	789	1231	664
Qjs 23/11/07	421	476	382	679	364
Qis max le	1 215	1 157	1 126	1 820	914
à 22/11		22/11	22/11	22/11	22/11
1h37 et 2h49		6h55	3h31	19h55	3h01
Qjs 04/01/08	659	801	317	583	436
Qis max à 3h43	913	1 208	493	723	587
	3h43	3h19	4h18	3h48	4h07
Qis 04/02/08	458	566	284	397	330
Qis max à 5h25	1 322	1 860	889	1 268	928
	5h25	5h42	5h48	5h31	5h25
Qjs 20/04/08	529	604	288	376	283
Qjs 21/04/08	549	628	259	393	296
Qis max le	-	1 376	699	-	569
à -		20/04	20/04	-	20/04
		18h37	18h01	-	18h07
Qjs 17/05/08	441	488	243	446	280
Qis max à 0h43	913	1 268	486	683	519
	0h43	0h19	1h13 et 1h25	4h37	1h01

Val. amont : Valescure amont. Val. aval : Valescure aval. Qjs : débit journalier spécifique ($\text{l/s}/\text{km}^2$).
Qis max : débit instantané spécifique maximal ($\text{l/s}/\text{km}^2$). - : données manquantes (les Qjs ont été estimés à partir d'un autre cours d'eau).

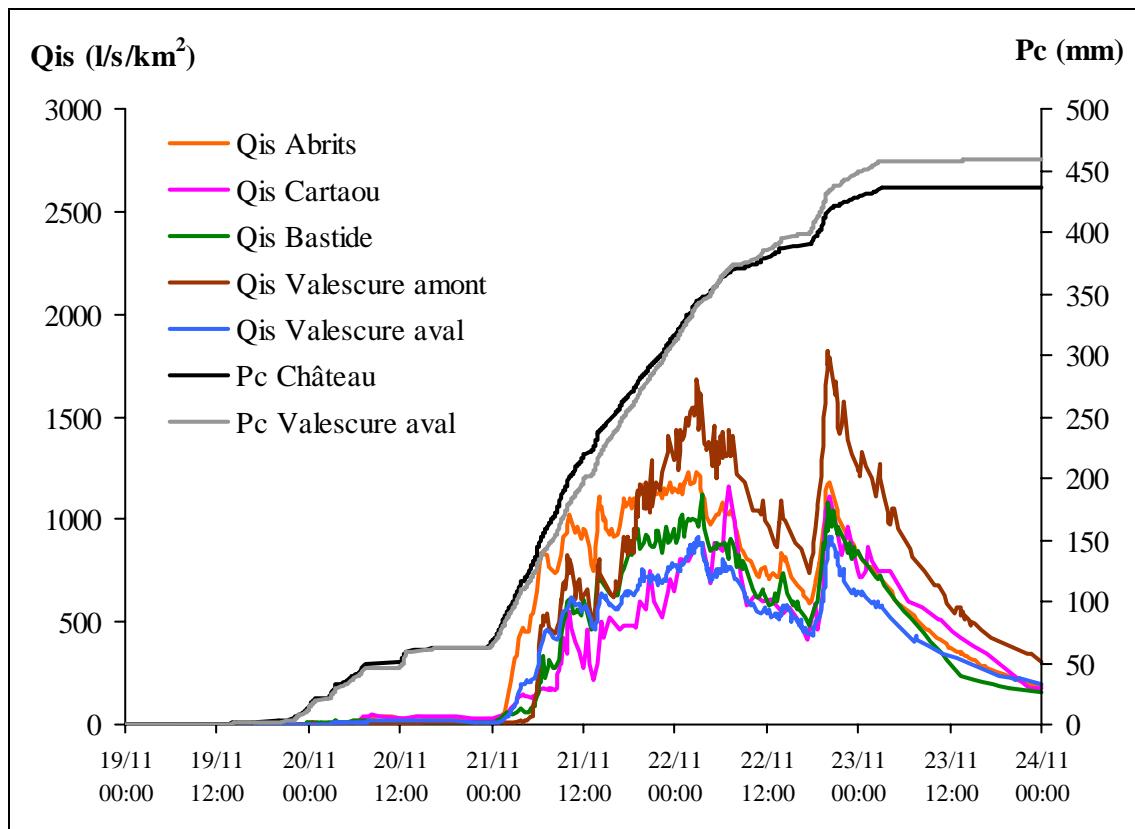


Figure 12 - Débits instantanés spécifiques des ruisseaux de la Vallée Obscure et précipitations cumulées aux postes du Château et de Valescure aval du 19 au 23 novembre 2007.
(heures en heures d'hiver)

Au cours de cet épisode, un seul piézographe a réagi : P1. La figure 13 compare les variations du niveau de l'eau dans cet appareil avec l'hydrogramme du Valescure amont. Les deux courbes montrent des variations quasi simultanées. Ainsi, au moment du pic de crue principal, le 22 novembre à 19h55, le niveau de l'eau dans le piézographe atteignait-il pratiquement son maximum, soit 30 cm (contre 30,1 à 20h07).

Les mesures de l'humidité des sols par sondes TDR à la station du Château de la Vallée Obscure (Fig. 14) n'ont pas donné des valeurs aussi fortes qu'en octobre 2006. La correspondance avec les précipitations apparaît très bonne, avec un décalage d'autant plus sensible par rapport à la pluie que les sondes sont plus profondes. La sonde à la base du profil G2 (143 cm) ne déroge pas à cette règle ; mais elle a enregistré les taux d'humidité les plus élevés, du fait de l'accumulation des eaux de drainage *per descensum* au contact du granite, qui est pourtant fissuré et altéré.

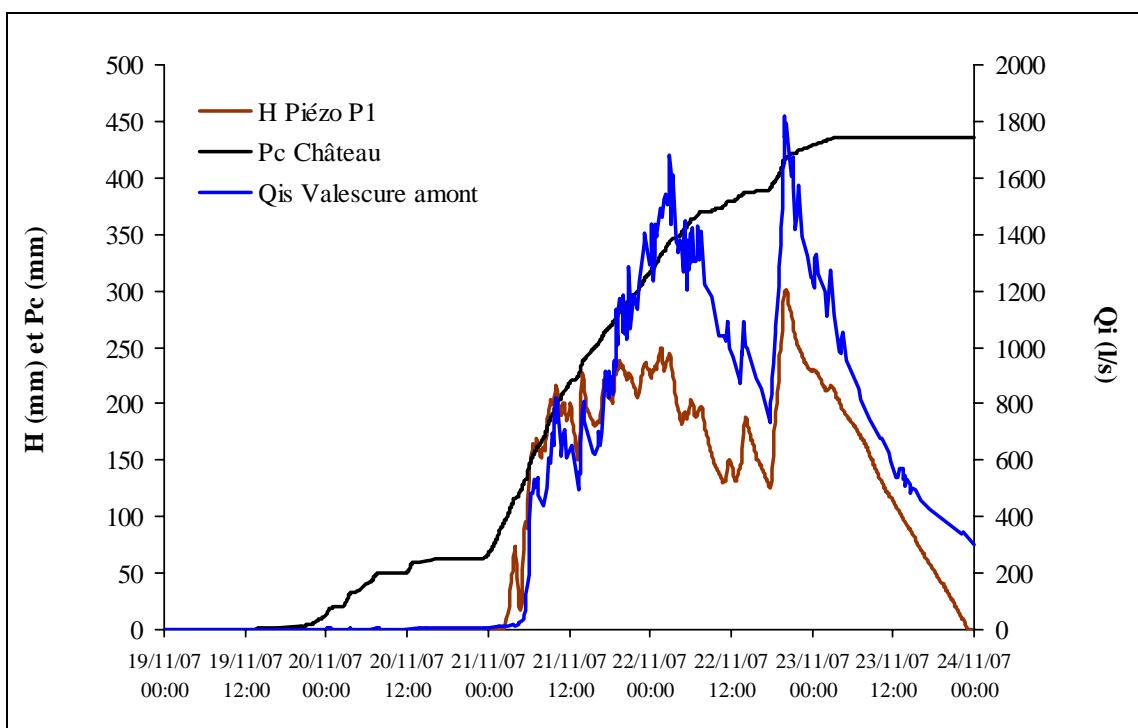


Figure 13 - Hauteurs d'eau (H) dans le piézographe P1 lors de l'épisode du 19 au 23 novembre 2007 – comparaisons avec le débit du Valescure amont (Qi) et avec les précipitations cumulées (Pc) au Château de la Vallée Obscure.
 (profondeur du piézographe dans le sol : 760 mm –heures en heures d'hiver)

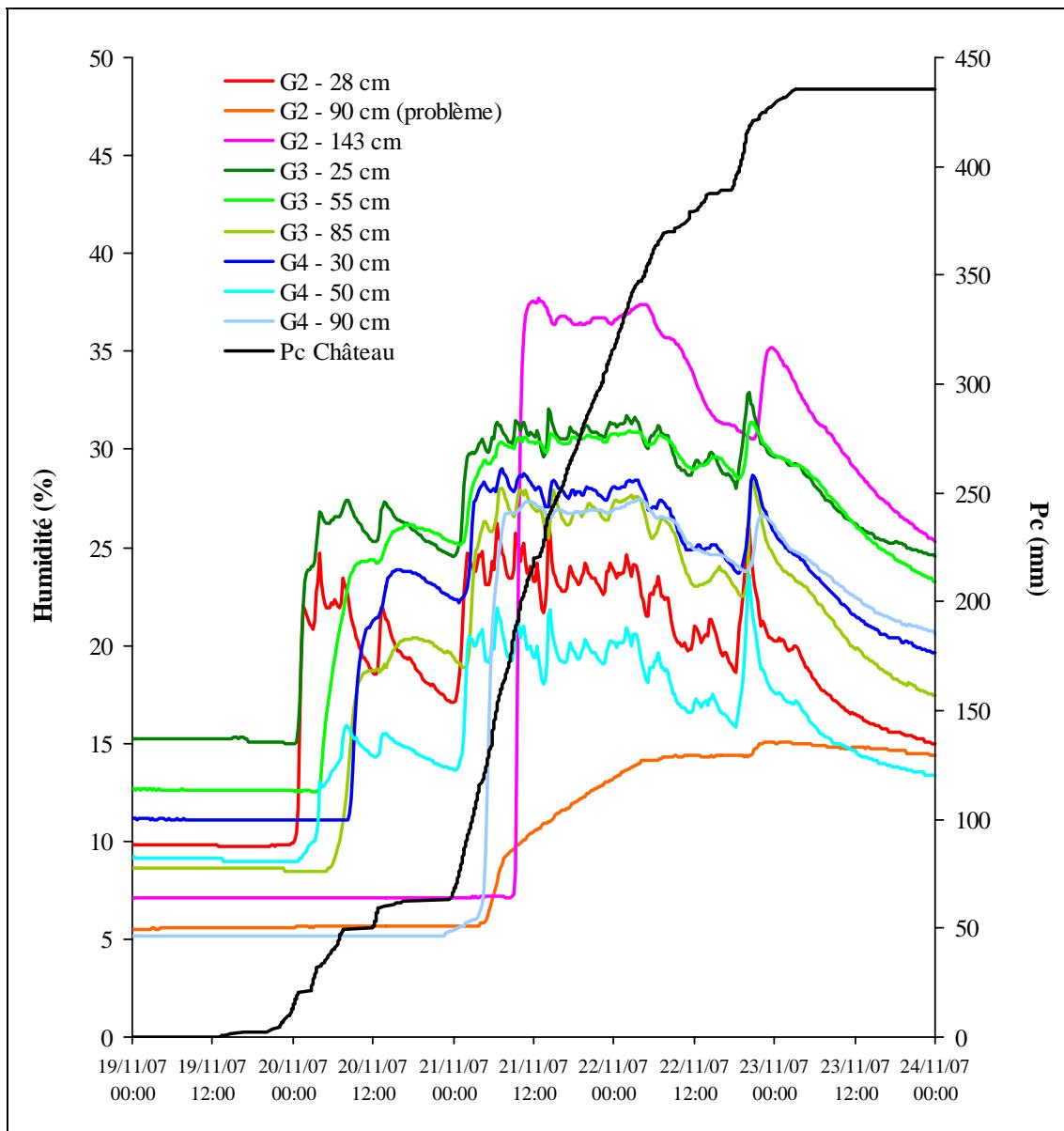


Figure 14 - Taux d'humidité volumique des sols des profils G2, G3 et G4 à la station TDR du Château de la Vallée Obscure et pluie cumulée lors de l'épisode du 19 au 23 novembre 2007.
(heures en heures d'hiver)

L'épisode du 4 février 2008 fournit l'exemple de réponses à une pluie unitaire relativement modérée (moins de 150 mm). La figure 15 montre à la fois l'effet amorti des précipitations tombées en début d'épisode et l'influence très nette de l'intensité de la pluie. De fait, entre le début des montées de crue et les pics de crue, toutes les inflexions dans l'augmentation des débits trouvent une explication dans les courbes des précipitations cumulées.

Les pics de crue se sont produits entre 5h25 (Abrits et Valescure aval) et 5h48 (Bastide) (voir Tab. VI). Ils ont été générés par la grosse averse, d'une intensité moyenne de l'ordre de 20 mm/h, qui est tombée de 0h59 à 5h10 au Château (75,6 mm avec encore 2,4 mm jusqu'à 5h28) et de 0h55 à 5h39 à Valescure aval (61,9 mm).

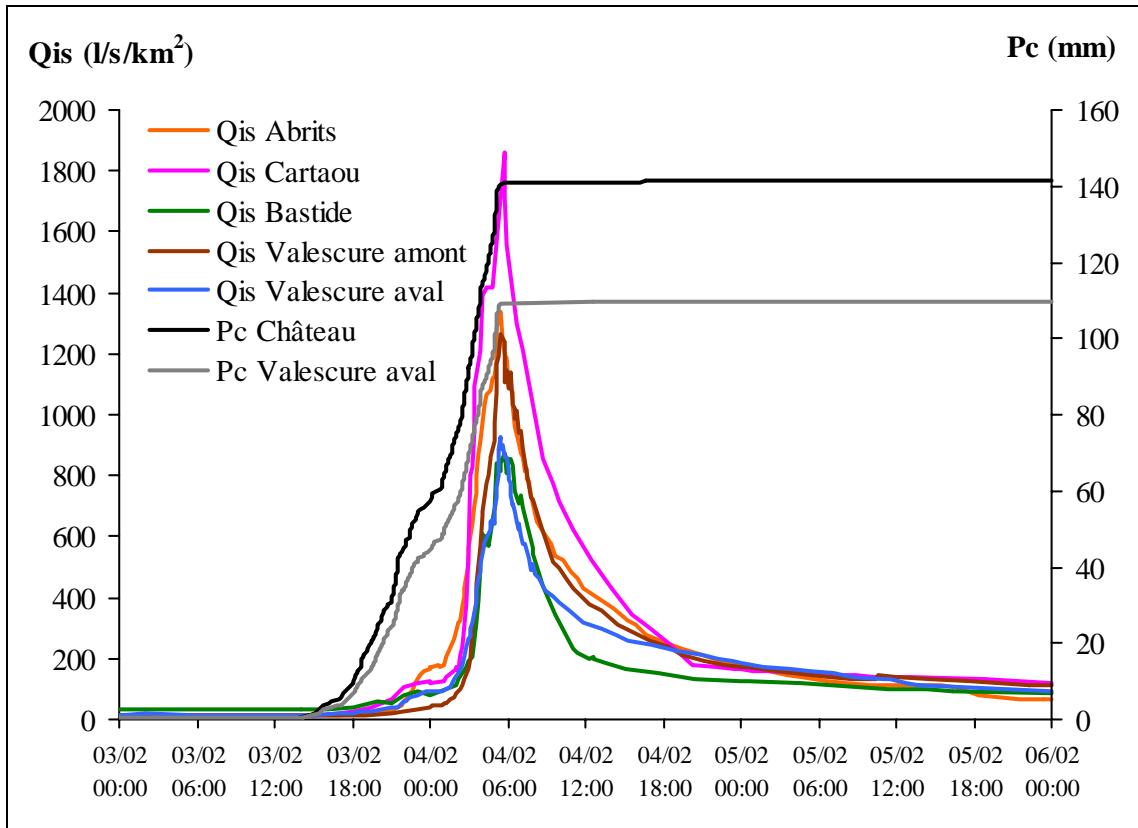


Figure 15 - Débits instantanés spécifiques des ruisseaux de la Vallée Obscure et précipitations cumulées aux postes du Château et de Valescure aval lors de l'épisode du 3 au 5 février 2008. (heures en heures d'hiver)

La comparaison entre la courbe des précipitations cumulées au Château, l'hydrogramme du Valescure aval et l'humidité des sols à la station TDR (Fig. 16) fournit un complément d'information. Lors de cet épisode, le pic de crue du Valescure aval n'apparaît pas étroitement lié à l'humidité des sols. Certes, le pic de crue correspond à la valeur maximale de l'humidité à 28 cm de profondeur sur le profil G2. Mais les sols n'étaient pas saturés ; les piézographes, et notamment celui situé à proximité du profil G2, étaient du reste vides. La pluie responsable de la montée de crue s'est infiltrée dans le sol, d'où la montée des teneurs en eau, mais les conditions n'ont pas été telles que l'on puisse incriminer le développement de larges surfaces contributives par saturation des sols ni même des écoulements dans les drains à écoulement épisodique par l'apparition ou l'intumescence de nappes.

Pourtant les débits de pointe mesurés lors de cet épisode sont voisins de ceux observés le 22 novembre pour des précipitations beaucoup plus abondantes. Dans les deux cas, ce sont les intensités les plus fortes, pourtant bien inférieures aux vitesses de filtration (C. MARTIN *et al.*, 2006), qui ont déclenché les montées de crue. Les réponses hydrologiques brutales sont donc liées aux conditions favorables offertes par des parties sans doute peu étendues des bassins versants, situées à proximité des thalwegs. Cela explique sans doute les décrues étonnamment rapides du ruisseau de la Bastide le 22 novembre 2007 comme le 4 février 2008.

Sur le Valescure amont, la montée de crue brutale s'est amorcée à 2h43 (pour un débit de 123 l/s), la pointe de crue s'est produite à 5h31 (1171 l/s) et la décrue, au sens strict (fin des écoulements rapides de crue), s'est achevée à 9h31 (pour un débit de 479 l/s). Entre le début de

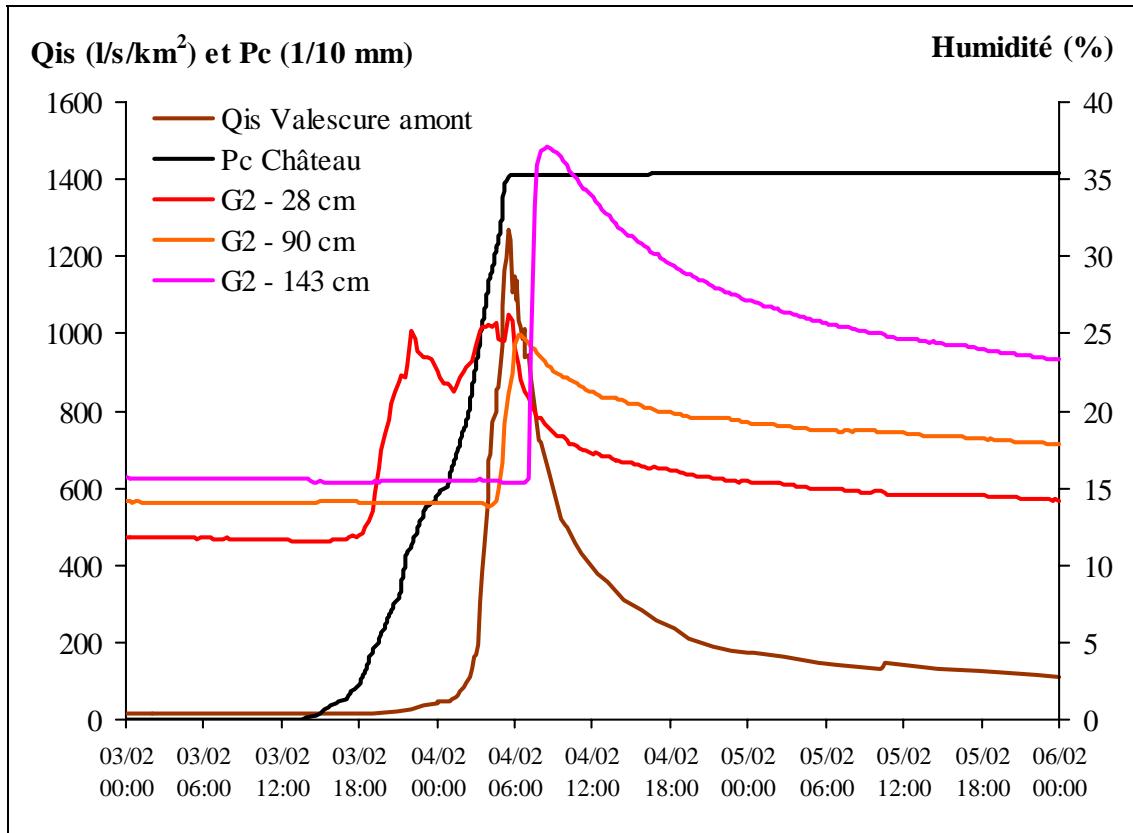


Figure 16 - Débits instantanés spécifiques (Qis) du ruisseau de Valescure amont, taux d'humidité volumique des sols du profil G2 à la station TDR du Château de la Vallée Obscure et pluie cumulée (Pc) lors de l'épisode du 3 au 5 février 2008. (heures en heures d'hiver)

la montée de crue et la fin de la décrue, 18,7 mm seulement ont été écoulés. Par une décomposition classique de l'hydrogramme, 10,7 mm peuvent être attribués aux écoulements rapides de crue.

On notera enfin que, sur tous les cours d'eau, le débit est revenu à la valeur antérieure aux précipitations des 3 et 4 février 2008 au plus tard début mars. Par exemple, sur le Valescure amont, le débit spécifique journalier qui était passé de 16,4 l/s/km² le 2 février à 397 l/s/km² le 4 février, est tombé à 16,1 l/s/km² le 3 mars (en dépit de précipitations de 27 mm du 18 au 26 février). L'effet de la crue a été encore moins long pour le Valescure aval (jusqu'au 22 février) et pour le ruisseau de la Bastide. Sur ce dernier, le débit spécifique est passé de 31,8 l/s/km² le 2 février à 284 l/s/km² le 4 février, puis est revenu à 31,5 l/s/km² le 19 février (précipitations de l'ordre de 7 mm les 18 et 19).

IV - LES ÉTIAGES

Les étiages 2007 et 2008 ont offert des situations contrastées, le premier ayant été sévère alors que le second n'a pas été très marqué.

En 2007, les débits journaliers ont atteint des valeurs très faibles vers la mi-août (0,18 l/s/km² sur le ruisseau des Abrits, le 15 ; 2,56 l/s/km² sur celui de la Bastide, le 13). Après

une très légère remontée, des débits encore plus bas ont été enregistrés en septembre 2007 (respectivement 0,11 l/s/km² le 15 septembre et 1,81 l/s/km² le 25 septembre).

Toutefois les débits minimaux observés au cours de l'étiage 2007 ne sont pas les plus faibles relevés depuis le début des suivis (Tab. VIII). L'été 2005, à la fin d'une année climatique très peu arrosée (voir Tab. VI), est le plus remarquable à cet égard. Mais l'année 2007 se singularise surtout par la durée très longue de l'étiage qui s'est poursuivi jusqu'au 19 novembre (Qjs de 0,71 l/s/km² sur le ruisseau des Abrits et de 2,0 l/s/km² sur celui de la Bastide). Sur le Valescure aval, le débit journalier spécifique est définitivement passé au dessus de 2 l/s/km² le 20 novembre 2007, alors que cela s'est produit le 28 septembre en 2003, le 19 octobre en 2004, le 6 septembre en 2005 et le 13 septembre en 2006.

Tableau VIII - Débits journaliers spécifiques minimaux (l/s/km²) observés au cours de chaque étiage sur la période 2003-07.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Abrits	0,02 les 11 et 14/07	0,13 le 01/08	0,01 le 05/08	0,05 le 08/08	0,11 le 15/09	-
Cartaou	0,60 le 12/08	0,65 le 09/09	0,22 le 04/09	0,73 le 04/09	0,45 le 18/09	-
Bastide	- -	1,72 le 28/09	0,39 le 30/08	1,41 le 11/09	1,81 le 25/09	-
Val. amont	- -	- -	0,03 le 03/09	0,06 du 12 au 14/08	0,03 le 12/09	-
Val. aval	0,09 le 18/09	0,51 le 28/07	0,03 le 27/08	0,10 le 11/08	0,15 le 15/09	-

Val. amont : Valescure amont. Val. aval : Valescure aval. Les données de la fin de l'étiage 2008 ne sont pas encore disponibles.

En 2008, les précipitations abondantes de l'année 2007-08 et les pluies tombées en juillet et août (de l'ordre de 130 mm au total) ont maintenu les débits à un niveau relativement élevé au cours de l'été (Qjs le 31 août : 0,50 l/s/km² pour le ruisseau des Abrits et 4,1 l/s/km² pour celui de la Bastide). Les précipitations ayant été faibles en septembre (12 mm au poste de Valescure aval, 22 mm à celui du Château) l'étiage s'est achevé avec les pluies des 7 et 8 octobre (66 et 68,5 mm respectivement). Pour la toute fin de l'étiage, les hauteurs mesurées aux échelles les 6 et 7 octobre donnent les débits spécifiques suivants : 0,33 l/s/km² pour le ruisseau des Abrits (débit jaugé : 0,24 l/s/km²) ; 0,54 l/s/km² pour le ruisseau de Cartaou ; 1,6 l/s/km² pour celui de la Bastide ; 0,12 l/s/km² pour le Valescure amont ; et 0,59 l/s/km² pour le Valescure aval (débit jaugé : 0,53 l/s/km²).

5 : LE RÔLE HYDROLOGIQUE DES TANCATS ET LES EFFETS DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION

I - RAPPEL DU RÔLE DES TANCATS POUR LE SOUTIEN D'ÉTIAGE

Parmi les motivations ayant justifié la réhabilitation d'une grande partie des *tancats* de la Vallée Obscure était l'hypothèse d'un soutien des débits d'étiage par les eaux stockées derrière ces ouvrages (site internet sur la "Ressource en eau en Cévennes métamorphiques" : <http://www.eau-cevennes.org>). Les premières recherches menées dans la Vallée Obscure, de 2003 à 2006, ont confirmé cette hypothèse, tout en marquant les limites (C. MARTIN *et al.*, 2006, 2008-a, 2008-b).

Des traçages ont été réalisés sur plusieurs grands *tancats* barrant les ruisseaux des Abrits, du Cartaou et du Valescure amont, alors que les écoulements se perdaient dans les sédiments accumulés en arrière des ouvrages. Ces expériences ont permis d'évaluer grossièrement les volumes d'eau stockés au moment de la mesure. Sur le très gros *tancat* situé en amont de la station hydrométrique du Valescure amont (hauteur du *tancat* : 6,5 m ; volume des sédiments piégés : de l'ordre de 3000 m³), le volume d'eau présent en mai 2006 dans la masse sédimentaire a été ainsi estimé entre 144 et 492 m³. Il était donc nettement supérieur à ce qu'il aurait été sans l'influence de l'ouvrage (probablement moins de 20 m³). On notera toutefois que les stocks d'eau ne sont pas constitués uniquement d'eau libre, mais qu'ils intègrent aussi l'eau de rétention.

Les suivis aux stations hydrométriques ont mis en évidence un effet positif des *tancats* sur les écoulements en étiage. Cet effet est lié aux pluies, généralement peu abondantes, mais assez fréquentes, qui se produisent en été. Il se traduit, en particulier à l'aval des plus grands *tancats*, par un écoulement différé de 24 à 48 heures par rapport aux précipitations, puis par un soutien au débit, qui devient très vite modeste, mais qui peut néanmoins se prolonger pendant une dizaine de jours.

Le rôle régulateur des *tancats* doit cependant être relativisé. Certes, après chaque pluie estivale, la présence des ouvrages se traduit, pendant quelques jours, par un surplus d'écoulement qui, pour être modeste, n'en est pas moins réel et devait jadis être judicieusement utilisé. Mais les dépôts en arrière des *tancats* sont actuellement envahis par une ripisylve souvent très dense. Les écoulements sont donc soumis à une évapotranspiration d'autant plus active que les eaux circulent lentement à l'intérieur des sédiments.

Dans un milieu totalement abandonné par l'homme, les *tancats* n'ont plus un impact aussi favorable en matière de soutien d'étiage. Ces aménagements avaient certainement un rôle bénéfique dans un milieu qui était jadis fortement anthropisé, mais ils perdent une partie, sinon la totalité, de leur intérêt dès lors que le développement des ripisylves n'est plus sérieusement contrôlé. Leur rôle est en outre réduit, par rapport au passé, du fait que les versants ne sont plus exploités et portent un couvert forestier fourni, ce qui pèse évidemment de manière négative sur les étiages.

II - SUIVIS HYDROLOGIQUES SUR UN TANCAT DU VALESCURE AVAL À LA FIN DE L'ÉTIAGE 2007

Les écoulements trop abondants de l'étiage 2008 ayant rendu sans objet toute opération destinée à acquérir de nouvelles informations sur le rôle hydrologique des *tancats* en étiage, nous reprendrons ci-dessous le texte rédigé en 2007 sur ce sujet (J.F. DIDON-LESCOT *et al.*, 2007).

Les mesures effectuées sur le ruisseau de Valescure lors des étiages 2005 et 2006, entre la confluence avec le ruisseau des Abrits (somme des débits du ruisseau de Valescure au gué conduisant à la Clède et du ruisseau des Abrits) et le grand *tancat* surplombant la station hydrométrique aval (150 m en aval du gué), ont fourni des éléments d'appréciation sur le rôle hydrologique des *tancats* en étiage :

- En dehors des périodes suivant des pluies qui ont reconstitué les stocks d'eau, les débits diminuent le plus souvent entre l'amont des dépôts et l'aval des ouvrages. Le 23 août 2005, par exemple, en milieu de matinée, à un moment de la journée où les écoulements étaient peu affectés par l'évaporation et les prélèvements par la ripisylve, le débit du Valescure passait de 0,68 l/s en amont des dépôts derrière le *tancat* surplombant la station hydrométrique aval, à 0,46 l/s au pied de l'ouvrage. De même, le 12 août 2006, en milieu d'après-midi, le débit chutait de 0,56 à 0,31 l/s.
- Le 26 août 2005, alors que l'étiage venait de devenir beaucoup plus sévère, la situation était inverse. En début de matinée, le débit à l'aval du *tancat* (0,34 l/s) dépassait déjà le débit en amont des dépôts (0,30 l/s). Avec les effets de l'évaporation et des prélèvements par la végétation, l'écart s'est accru en cours de journée : en milieu d'après-midi, les débits atteignaient respectivement 0,30 et 0,19 l/s. Dans ce cas, l'écoulement à la base du *tancat* n'a pas été affecté par l'évapotranspiration.

Du 3 au 17 septembre 2007, quatre séries de jaugeages par empotement ont été effectuées sur le ruisseau de Valescure, afin de comparer l'évolution journalière des débits au gué conduisant à la Clède avec celle des débits en aval du *tancat*. Les apports du ruisseau des Abrits n'ont pas été pris en compte.

Le 3 septembre (Fig. 17), les écoulements dans la partie aval du Valescure étaient sans doute encore un peu influencés par les précipitations du 29 août (5,0 mm au Château). Au niveau du gué, entre 09h53 et 17h00, le débit est passé de 1,13 l/s à 0,70 l/s, ce qui représente une diminution de 38 % en 7 heures. À la station hydrométrique, au contraire, le débit a légèrement augmenté en cours de journée : mesuré à 0,93 l/s à 10h07, il atteignait 0,97 l/s à 15h50 (augmentation de 6 % en 6 heures).

Le 17 septembre, à la fin d'une période sans pluie depuis le 29 août, le débit a légèrement augmenté au gué, passant de 0,95 l/s, à 09h45, à 1,07 l/s, à 13h45 (augmentation de 13 % en quatre heures). Cette fois encore, l'écoulement est resté relativement stable à la station hydrométrique : 0,71 l/s à 10h15 et 0,75 l/s à 13h30 (augmentation de 6 % en 3h15). Certes, des précipitations assez abondantes se sont produites au cours de cette journée (35,4 mm), mais elles sont tombées après la fin des jaugeages (de 18h25 à 19h52 au poste de Valescure aval). Dans ce cas, l'augmentation des débits a été rendue possible par un temps couvert et lourd qui a limité les effets de l'évapotranspiration. Sur le ruisseau des Abrits, le débit mesuré à 10h45 à la station hydrométrique était très faible : 0,06 l/s.

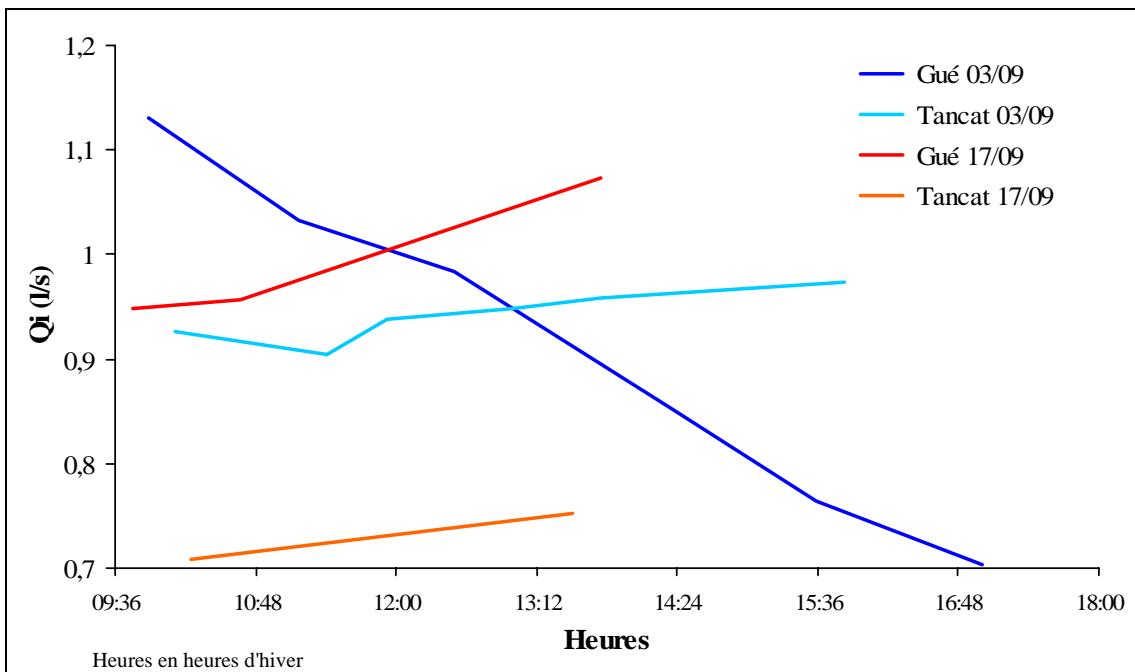


Figure 17 - Débits instantanés mesurés les 3 et 17 septembre 2007 sur le ruisseau de Valescure au niveau du gué vers la Clède et à la base du *tancat* dominant la station hydrométrique aval.

Afin de compléter les informations, deux limnigraphes supplémentaires ont été mis en place, l'un au gué conduisant à la Clède et l'autre immédiatement en aval du *tancat* (en amont de la fosse dans laquelle est installée la station hydrométrique du Valescure aval). Le dispositif a fonctionné à partir du 28 septembre. La figure 18 indique les hauteurs d'eau mesurées jusqu'au 28 octobre, date à laquelle les appareils ont été retirés.

Cette figure appelle les remarques suivantes :

- Les variations observées en cours de journée sont caractéristiques d'un prélèvement d'eau par la végétation. Très sensibles sur le ruisseau des Abrits, elles le sont un peu moins sur le ruisseau de Valescure en aval du *tancat* (base du *tancat* et station hydrométrique).
- Au niveau du gué vers la Clède, le ruisseau de Valescure réagit très vite aux précipitations en période d'étiage, car le site se trouve dans un secteur sans *tancat* où le lit rocheux alimente directement le débit en période pluvieuse. Ainsi, lors de l'épisode du 5 octobre (19,2 mm de précipitations), le niveau du ruisseau a-t-il varié immédiatement après le début de chaque averse importante (Fig. 19) et le niveau maximal a-t-il été pratiquement simultané de la fin de la dernière averse intense.
- À la base du *tancat*, le décalage entre la pluie et la réaction du ruisseau de Valescure a été nettement plus marqué le 5 octobre. Pour l'essentiel, la pluie est tombée de 16h22 à 16h51 (11,1 mm). La montée du niveau limnimétrique a été sensible à partir de 16h54. Elle s'est poursuivie avec une pente assez forte jusqu'à 17h24, puis la montée a été très lente jusqu'à 18h54, heure à laquelle le niveau a commencé à baisser.
- La station hydrométrique du Valescure aval, quant-à-elle, montre une première réaction, immédiate mais brève, lors de la phase orageuse (élévation du niveau de 6 mm en 5 mn). Cette réponse correspond aux écoulements sur les rochers à proximité de la station. Après un

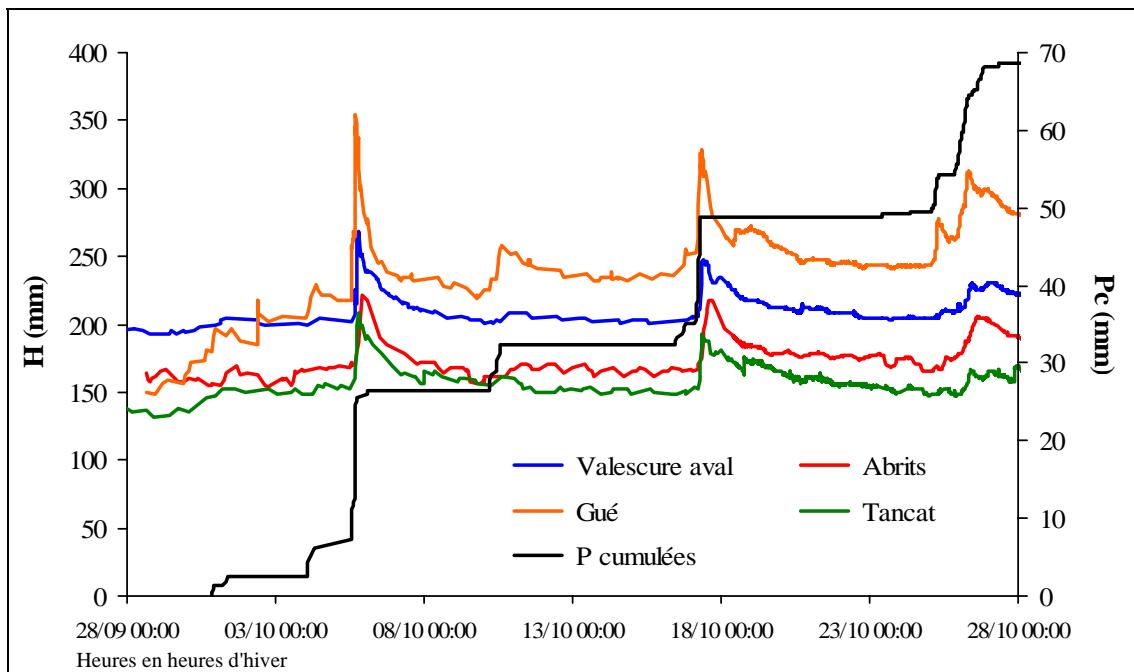


Figure 18 - Niveaux limnimétriques (H) et précipitations cumulées (Pc), dans la partie aval du bassin du Valescure et dans le bassin des Abrits, du 28 septembre au 28 octobre 2007.

Valescure aval : station hydrométrique. Abrits : station hydrométrique. Gué : Valescure au gué vers la Clède (en amont de la confluence avec les Abrits). Tancat : en dessous du *tancat* dominant la station hydrométrique du Valescure aval. Pc : précipitations journalières cumulées au poste de Valescure aval.

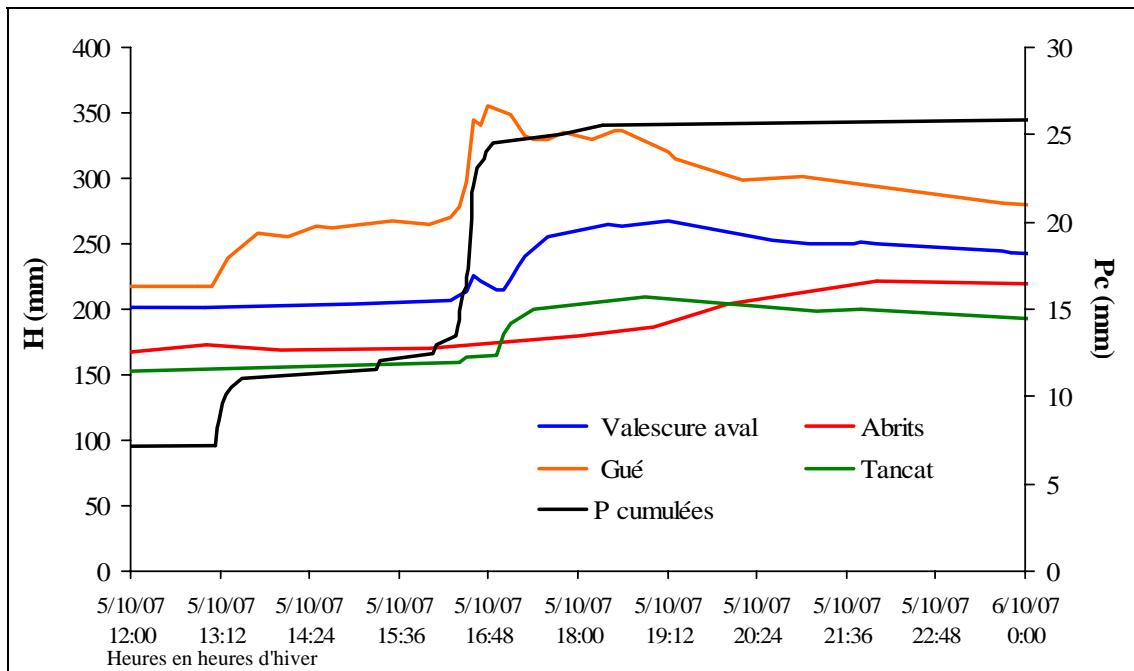


Figure 19 - Niveaux limnimétriques (H) et précipitations cumulées (Pc) depuis le 28 septembre (Pc), dans la partie aval du bassin du Valescure et dans le bassin des Abrits, le 5 octobre 2007.

Valescure aval : station hydrométrique. Abrits : station hydrométrique. Gué : Valescure au gué vers la Clède (en amont de la confluence avec les Abrits). Tancat : en dessous du *tancat* dominant la station hydrométrique du Valescure aval. Pc : précipitations journalières cumulées au poste de Valescure aval.

abaissement du niveau, l'on assiste à une remontée assez forte jusqu'à 17h36. La montée lente qui suit, prend fin à 19h12.

- À la station des Abrits, le limnigramme ne montre pas de montée nette, juste un infléchissement qui s'accentue à 19 heures. La montée se poursuit ensuite, alors que la descente est amorcée depuis déjà un certain temps sur les autres sites. La cote maximale est atteinte à 22h00. Cette station est située immédiatement à l'aval d'un *tancat*, et la zone rocheuse susceptible d'assurer au ruisseau une réponse immédiate lors des pluies est extrêmement réduite. Par ailleurs, la station est précédée de deux *tancats* qui ont déterminé des dépôts sur une longueur totale approchant une centaine de mètres. Dans ces conditions, le retard de la montée du niveau du ruisseau des Abrits par rapport à celle du ruisseau de Valescure aval pourrait être lié à la faiblesse des écoulements, en relation avec la faible taille du bassin versant ($0,63 \text{ km}^2$) : 0,50 l/s à 14h00, avant la pluie, contre 2,9 l/s pour le ruisseau de Valescure (bassin de $3,93 \text{ km}^2$) ; 6,6 l/s au débit maximum, à 22h00, contre 21,9 l/s, à 19h12, pour le ruisseau de Valescure. Le retard de la réponse du ruisseau des Abrits s'est retrouvé, à peine un peu moins nettement, le 17 octobre (Fig. 20).

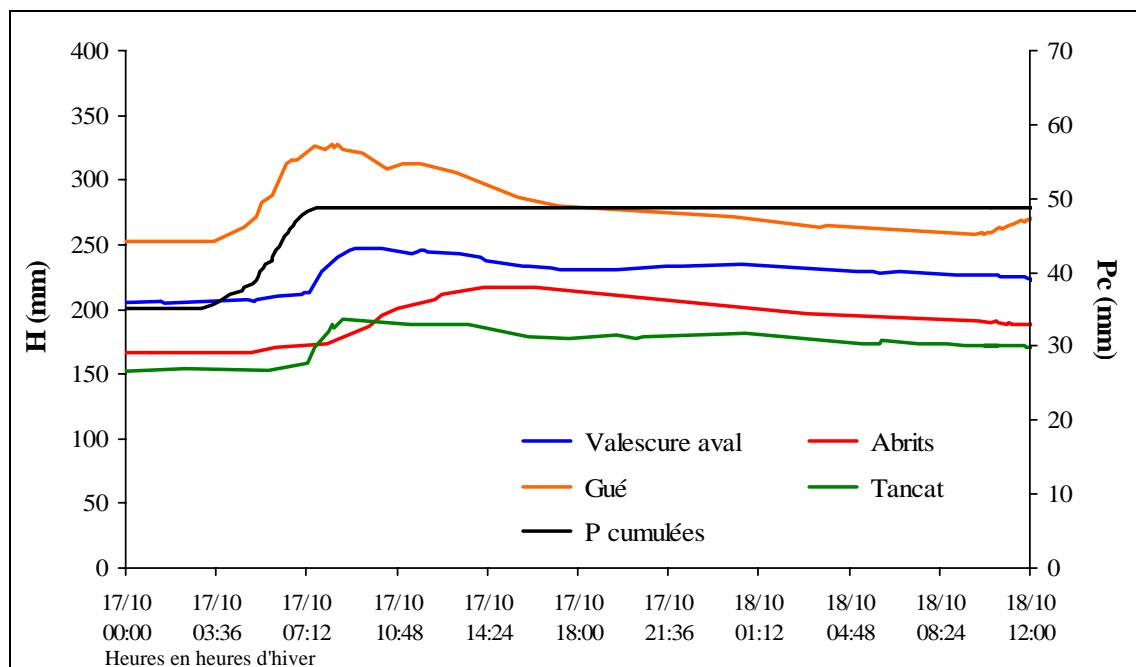


Figure 20 - Niveaux limnimétriques (H) et précipitations cumulées (Pc) depuis le 28 septembre (Pc), dans la partie aval du bassin du Valescure et dans le bassin des Abrits, le 17 octobre 2007.

Valescure aval : station hydrométrique. Abrits : station hydrométrique. Gué : Valescure au gué vers la Clède (en amont de la confluence avec les Abrits). Tancat : en dessous du *tancat* dominant la station hydrométrique du Valescure aval. Pc : précipitations journalières cumulées au poste de Valescure aval.

En conclusion, les observations réalisées en 2007 ont confirmé le rôle tampon des *tancats* lors des pluies en période de très basses eaux. Ces ouvrages sont donc susceptibles d'assurer un certain soutien aux débits d'étiage. Mais cela ne peut pas se réaliser dans n'importe quelle condition. Les jaugeages effectués le 23 août 2005 et le 12 août 2006 dans la partie aval du ruisseau de Valescure mettent, en effet, en évidence l'influence négative des prélèvements d'eau par la végétation qui s'est développée sur un *tancat*.

III - ANALYSE DES ÉTIAGES SUR LES BASSINS VERSANTS "RÉHABILITÉS" DES ABRITS ET DE LA BASTIDE

La réhabilitation des *tancats* du bassin des Abrits a suivi de près la mise en place de la station hydrométrique. Les effets de la coupe de la ripsylve et de la restauration des ouvrages sur les débits d'étiage ne peuvent donc pas être mis en évidence sur les hydrogrammes. En revanche, pour le ruisseau de la Bastide, nous disposons des données de deux étiages avant les travaux (2004 et 2005), d'une année pendant (2006) et de deux années après (2007 et 2008). Une comparaison entre ces différents étiages est donc possible. De même, pour le ruisseau des Abrits, on peut s'interroger sur les conséquences de la revégétalisation des fonds de vallon en 2007 et 2008.

Les écoulements des ruisseaux des Abrits et de la Bastide ont été comparés à ceux des ruisseaux du Cartaou et de Valescure amont. En étiage, les mesures sont parfois faussées par les petits embâcles de feuilles qui se forment au niveau des seuils. La gêne est particulièrement forte en automne, en particulier sur les ruisseaux de la Bastide et de Cartaou (voir Fig. 21, du 16 au 24 septembre 2005, ou Fig. 28, du 08 au 12 septembre 2006). Pour ces deux cours d'eau, le problème a été traité à partir de 2007 par la pose de filets arrêtant les feuilles en amont des seuils (Photos 1 et 2), mais sans être totalement résolu (voir Fig. 25 et 30, après le 15 septembre).



Photo 1 - Filet anti-feuilles à la station hydrométrique du ruisseau de Cartaou.



Photo 2 - Filet anti-feuilles à la station hydrométrique du ruisseau de la Bastide.

1) Les étiages du ruisseau des Abrits

L'effet des travaux réalisés sur le bassin versant des Abrits est attesté par des personnes ayant fréquenté régulièrement le secteur : le ruisseau tarissait chaque été avant les travaux, alors qu'il conserve maintenant un faible écoulement. Ces témoignages, qui pourraient être fragiles, surtout que les écoulements se perdent dans les dépôts en arrière des *tancats*, nous semblent refléter la réalité. Pourtant, nous ne pensons pas que la réhabilitation des *tancats* soit la cause de cette évolution ; dans la plupart des cas où la masse des sédiments accumulés derrière les ouvrages est importante, la remise en état de ces derniers, bien qu'elle ait été souvent très poussée, n'a pas considérablement surélevé les murs qui subsistaient. En revanche, il est certain que les travaux de déforestation et de débroussaillage qui ont précédé et accompagné la restauration des *tancats*, ont limité les pertes d'eau par évapotranspiration au niveau des dépôts en arrière des ouvrages.

Les figures 20 à 25 situent les valeurs journalières spécifiques des débits d'étiage du ruisseau des Abrits entre celles des ruisseaux de Cartaou et de Valescure amont. Le ruisseau de Cartaou présente les débits spécifiques les plus forts et les réponses aux précipitations les plus nettes, même si le ruisseau des Abrits peut, très exceptionnellement, se montrer plus réactif (11 août 2005 – Fig.22). Le ruisseau de Valescure amont, quant à lui, connaît les basses eaux les plus sévères et montre une augmentation des débits décalée dans le temps après les pluies, en relation avec la présence d'un grand *tancat* situé un peu en amont de la station hydrométrique.

Si la comparaison du ruisseau des Abrits avec celui de Cartaou ne donne pas d'indication utile, les différences étant beaucoup trop grandes, celle avec le ruisseau de Valescure amont est plus instructive.

Sur toute la période commune d'observation, de 2005 à 2008, les débits journaliers spécifiques du ruisseau des Abrits sont restés supérieurs à ceux du ruisseau de Valescure amont en très basses eaux.

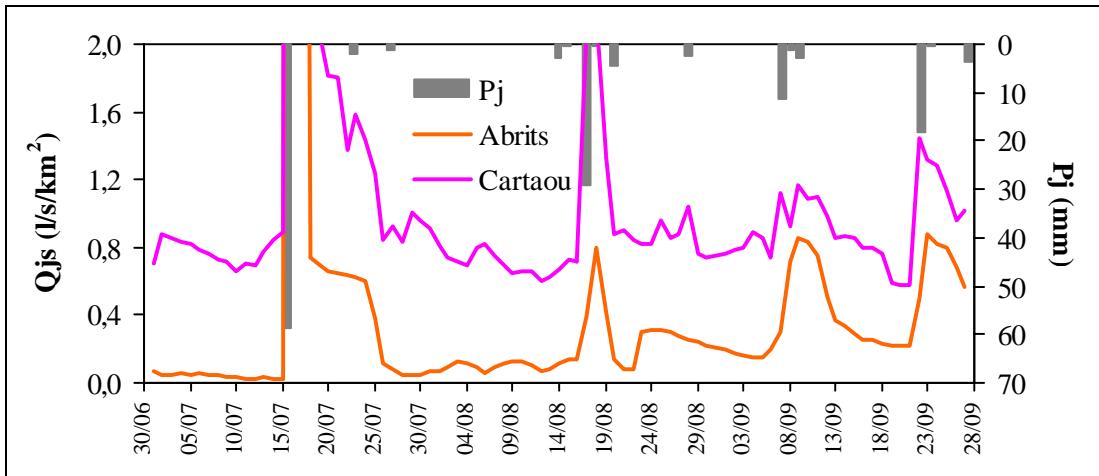


Figure 20 - Débits journaliers spécifiques des ruisseaux des Abrits et de Cartaou, et précipitations journalières au poste de Valescure aval, au cours de l'étiage 2003.

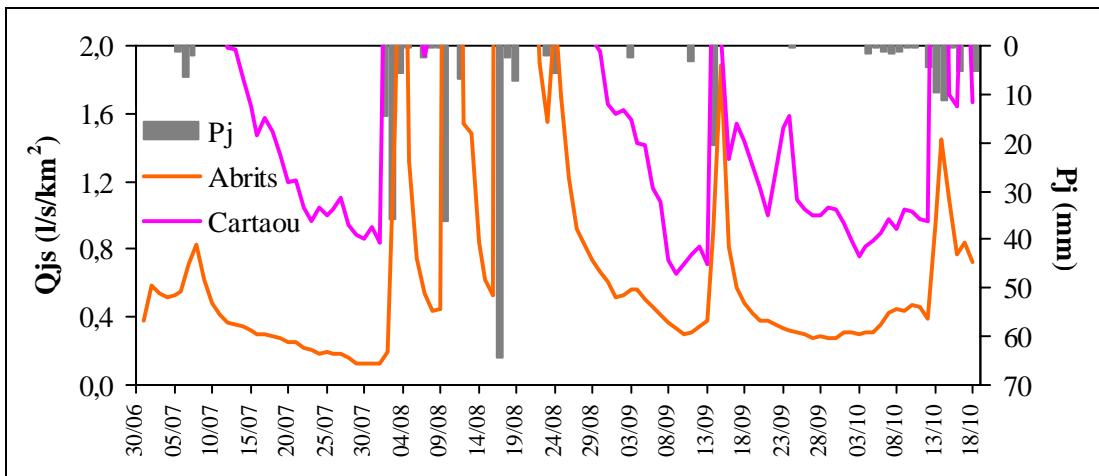


Figure 21 - Débits journaliers spécifiques des ruisseaux des Abrits et de Cartaou, et précipitations journalières au poste de Valescure aval, au cours de l'étiage 2004.

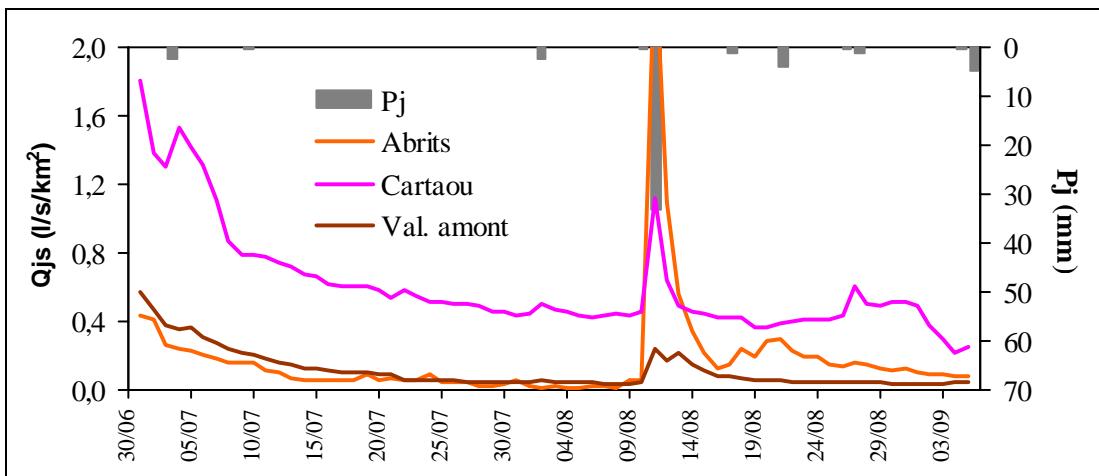


Figure 22 - Débits journaliers spécifiques des ruisseaux des Abrits, de Cartaou et de Valescure amont, et précipitations journalières au poste de Valescure aval, au cours de l'étiage 2005.

[Les débits sont représentés jusqu'à 2,0 l/s/km²]

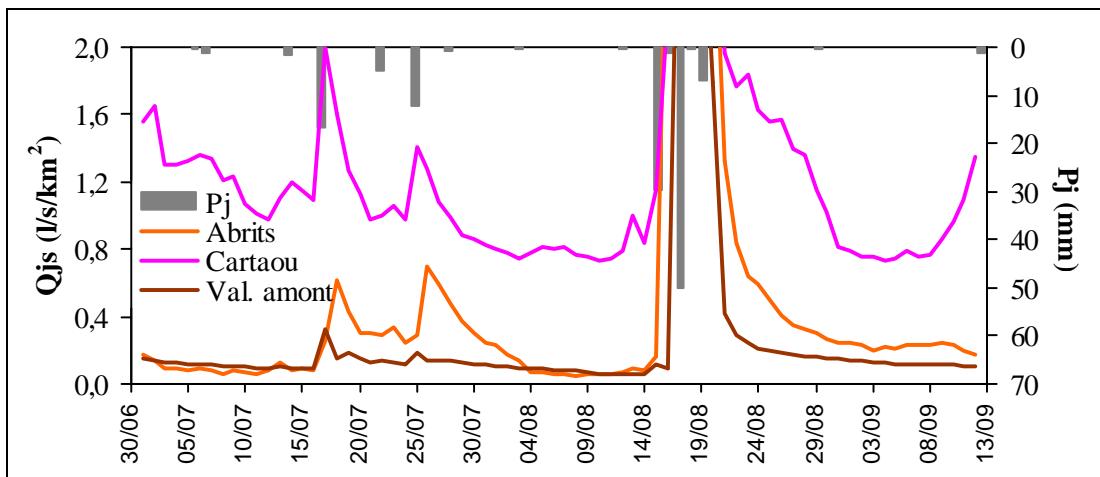


Figure 23 - Débits journaliers spécifiques des ruisseaux des Abrits, de Cartaou et de Valescure amont, et précipitations journalières au poste de Valescure aval, au cours de l'étiage 2006.

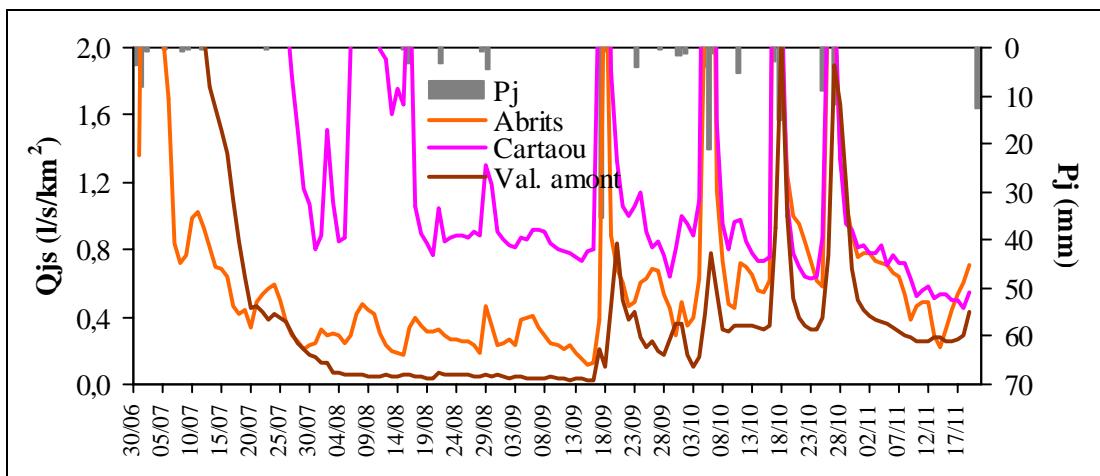


Figure 24 - Débits journaliers spécifiques des ruisseaux des Abrits, de Cartaou et de Valescure amont, et précipitations journalières au poste de Valescure aval, au cours de l'étiage 2007.

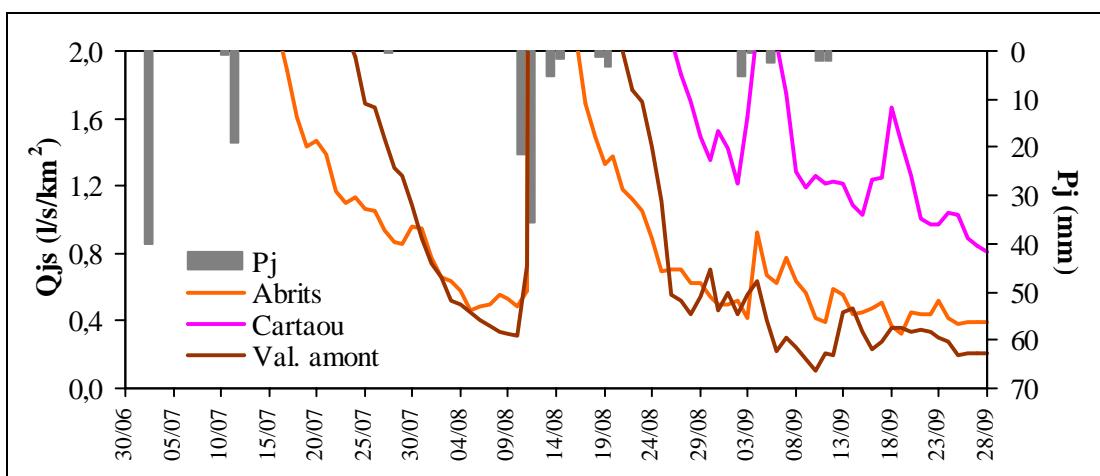


Figure 25 - Débits journaliers spécifiques des ruisseaux des Abrits, de Cartaou et de Valescure amont, et précipitations journalières au poste de Valescure aval, au cours de l'étiage 2008.

[Les débits sont représentés jusqu'à 2,0 l/s/km²]

La revégétalisation, encore très limitée, des fonds de vallon mis à nu dans le cadre de la réhabilitation des *tancats* n'a pas encore eu d'effet négatif sur les écoulements. La poursuite des observations permettra de suivre les évolutions sur ce plan.

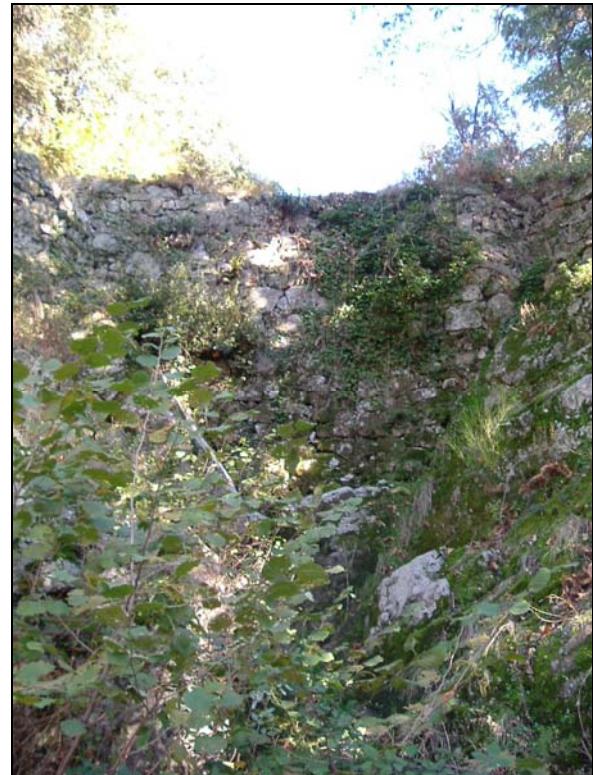
2) Les étiages du ruisseau de la Bastide

Les travaux ont porté sur le drain principal (V5) et sur son principal affluent (V6). Au total, le bassin versant comptait 27 *tancats*. Vingt quatre ont été restaurés (dont 11 totalement) et un nouvel ouvrage a été construit (SMAGE, 2008).

Après des travaux de déforestation, la réhabilitation d'une grande partie des *tancats* était bien avancée fin juin 2006. Toutefois les opérations ont été poursuivies au cours du troisième trimestre de cette même année (SMAGE, 2006).

Certains ouvrages réhabilités sont imposants (Photos 3 et Photo 4) : cinq font plus de 4 m de haut, dont deux plus de 8 m. Mais d'autres ont des dimensions modestes (Photo 5) : onze ne dépassent pas 2 m.

Du fait de la forte pente des thalwegs, les quantités de sédiments accumulées derrière les ouvrages ne sont pas considérables ; elles n'atteignent pas 400 m³. À saturation, les sédiments pourraient donc contenir tout au plus 120 m³ d'eau gravitaire, ce qui à l'échelle du bassin versant représente un débit spécifique moyen de 5,0 l/s/km² sur une seule journée, mais de 0,17 l/s/km² seulement sur 30 jours.



Photos 3 - Grand *tancat* sur le ruisseau de la Bastide :
à gauche, au moment des travaux (juin 2006) ; à droite, en novembre 2008.



Photo 4 - Tancat en aval de la station hydrométrique du ruisseau de la Bastide (4,5 m de haut).

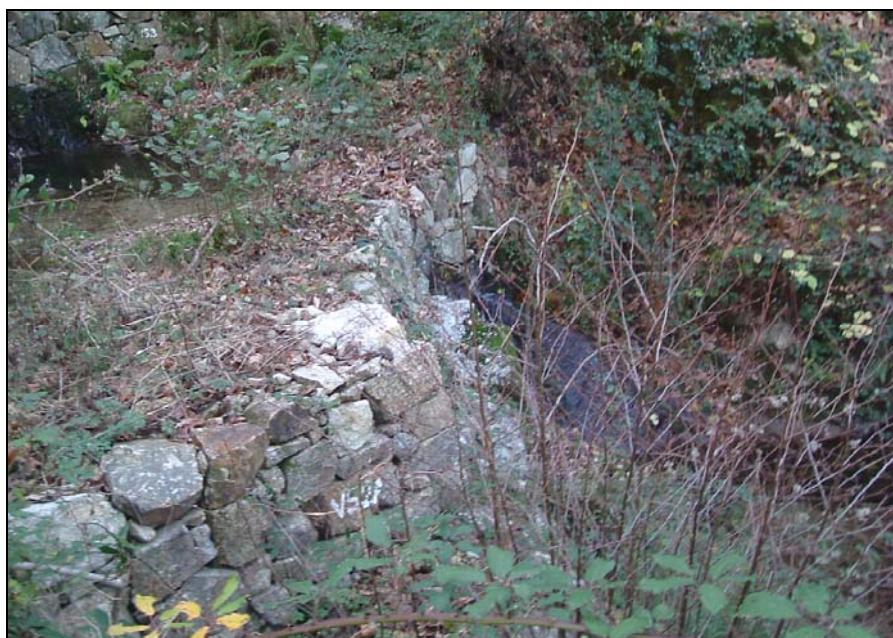


Photo 5 - Petits *tancats* sur le bassin versant de la Bastide : l'eau circule dans la masse des sédiments et sourd à la base du *tancat* aval

Les données des étiages 2004 à 2008 sont portées sur les figures 26 à 30. Les comparaisons doivent être tentées avec le ruisseau de Cartaou, celui de Valescure amont ayant des débits beaucoup trop faibles.

L'étiage 2005, après des précipitations très peu abondantes en 2004-05, doit être considéré à part. Les débits spécifiques du ruisseau de la Bastide sont tombés au niveau de ceux du ruisseau de Cartaou en fin d'étiage. Il a fallu les pluies abondantes des 11 et 12 août (74 mm au Château), qui ont provoqué une augmentation des débits bien marquée, pour empêcher que la courbe du ruisseau de la Bastide ne passe en-dessous de celle du Cartaou à la mi-août.

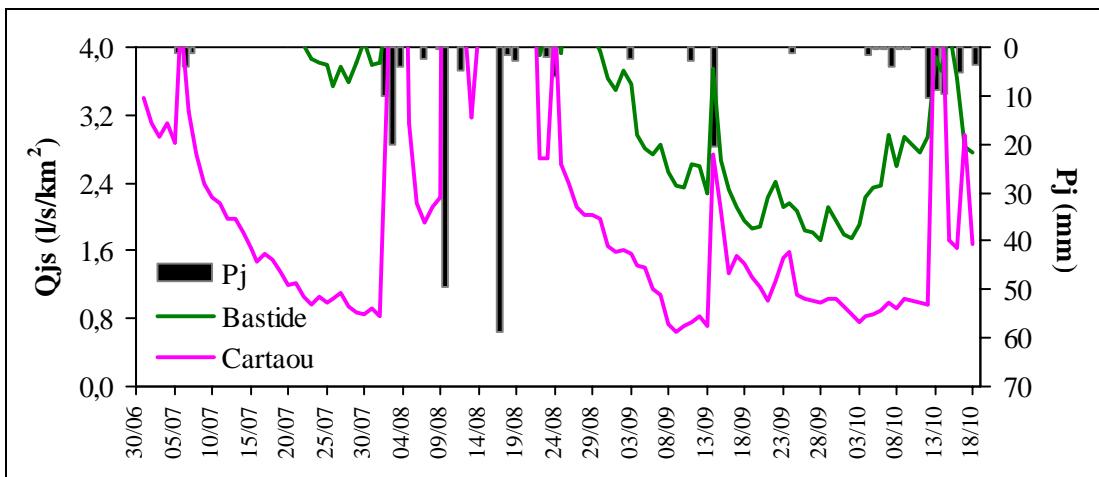


Figure 26 - Débits journaliers spécifiques des ruisseaux de la Bastide et de Cartaou, et précipitations journalières au poste du Château, au cours de l'étiage 2004.

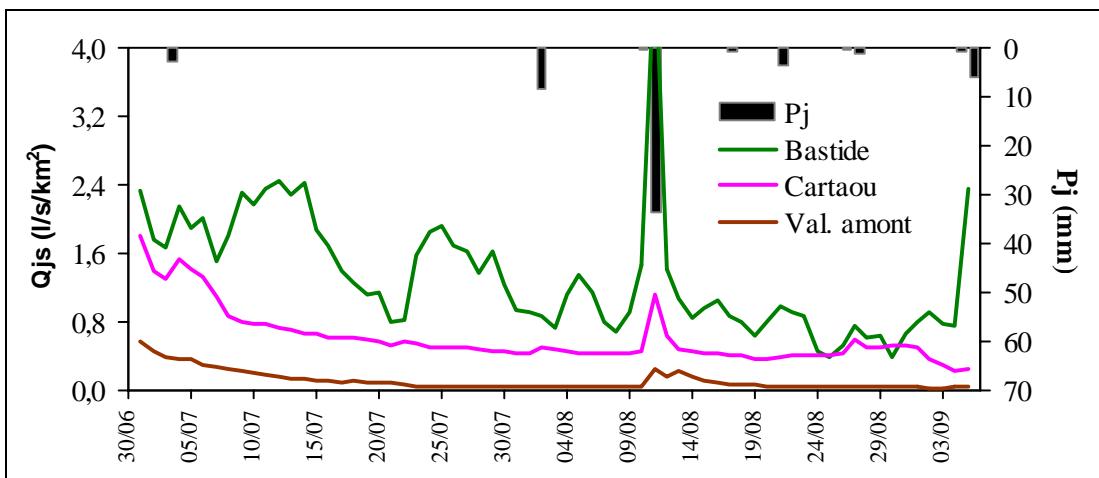


Figure 27 - Débits journaliers spécifiques des ruisseaux de la Bastide, de Cartaou et de Valescure amont, et précipitations journalières au poste du Château, au cours de l'étiage 2005.

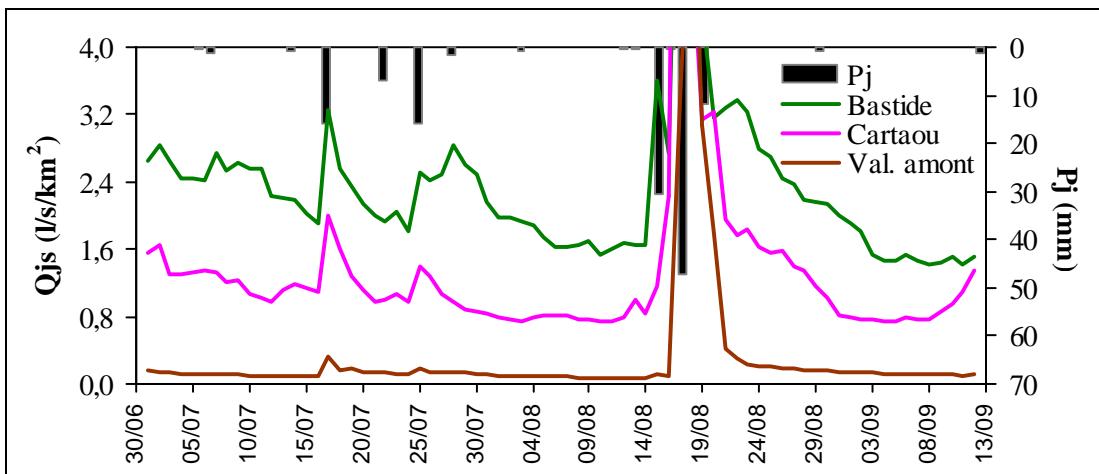


Figure 28 - Débits journaliers spécifiques des ruisseaux de la Bastide, de Cartaou et de Valescure amont, et précipitations journalières au poste du Château, au cours de l'étiage 2006.

[Les débits sont représentés jusqu'à $4,0 \text{ l/s/km}^2$]

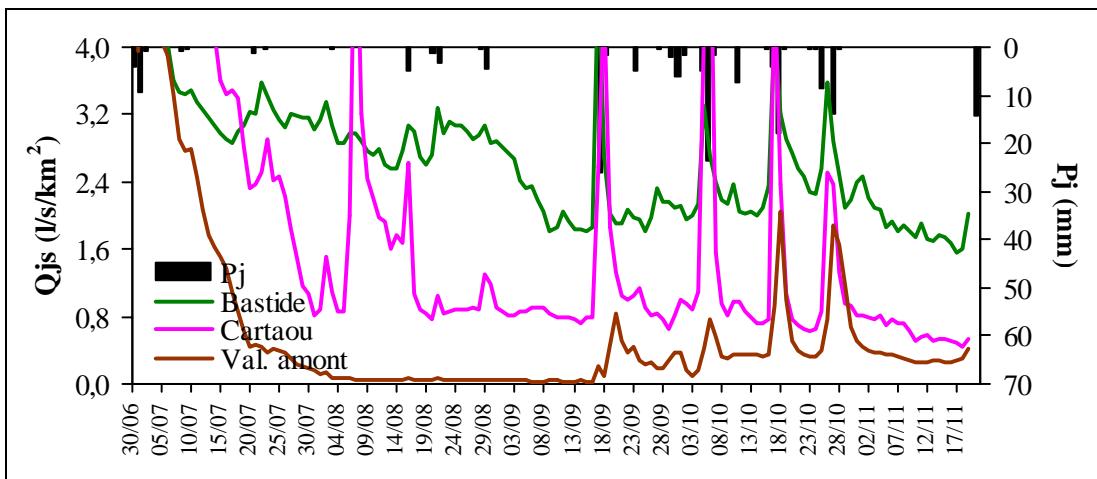


Figure 29 - Débits journaliers spécifiques des ruisseaux de la Bastide, de Cartaou et de Valescure amont, et précipitations journalières au poste du Château, au cours de l'étiage 2007.

[Les débits sont représentés jusqu'à 4,0 l/s/km²]

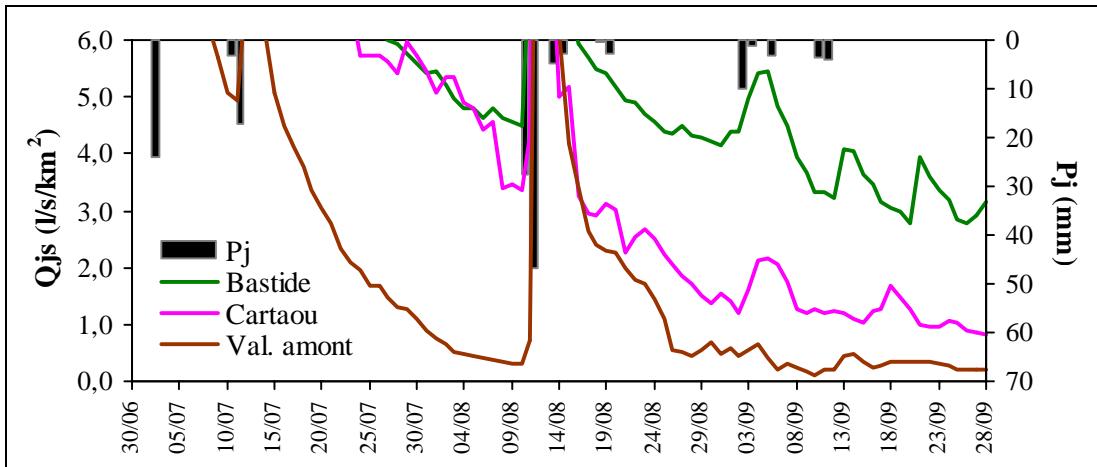


Figure 30 - Débits journaliers spécifiques des ruisseaux de la Bastide, de Cartaou et de Valescure amont, et précipitations journalières au poste du Château, au cours de l'étiage 2008.

[Les débits sont représentés jusqu'à 6,0 l/s/km²]

Les années plus humides permettent le maintien de débits plus élevés sur le ruisseau de la Bastide. Ce fut tout particulièrement le cas en 2008. Par ailleurs, les précipitations estivales et de début d'automne provoquent un relèvement des courbes de tarissement des deux cours d'eau. En 2004, ce relèvement a été le plus fort sur le ruisseau de Cartaou à la suite des précipitations du 14 septembre (21 mm au Château). En revanche, les précipitations d'août à octobre 2007 ont mieux soutenu l'étiage du ruisseau de la Bastide que celui du Cartaou.

En définitive, les données disponibles n'apportent pas la preuve de l'impact hydrologique des travaux de débroussaillement et de réhabilitation des *tancats* effectués le long des thalwegs du bassin de la Bastide. Mais il faut souligner que l'abondance des écoulements du ruisseau de la Bastide ne facilite pas la mise en évidence de l'augmentation attendue des débits d'étiage en relation avec la diminution de l'évapotranspiration, cette augmentation ayant été forcément très légère.

Pour finir, nous avons recherché une équation simple permettant de calculer la lame d'eau écoulée par le ruisseau de la Bastide au mois d'août à partir des précipitations reçues dans l'année. Sur la période 2004-2008, la relation ci-dessous se révèle très satisfaisante (Fig. 31) :

$$L \text{ en aoû}t (\text{mm}) = (0,00624616 \times P1) + (0,0126816 \times P2) + (0,00189615 \times P3) - 4,2009856$$

ou P1 représente les précipitations de septembre à décembre, P2 celles de janvier à juin et P3 les pluies en juillet-août. Coefficient de corrélation multiple (r) : 0,998.

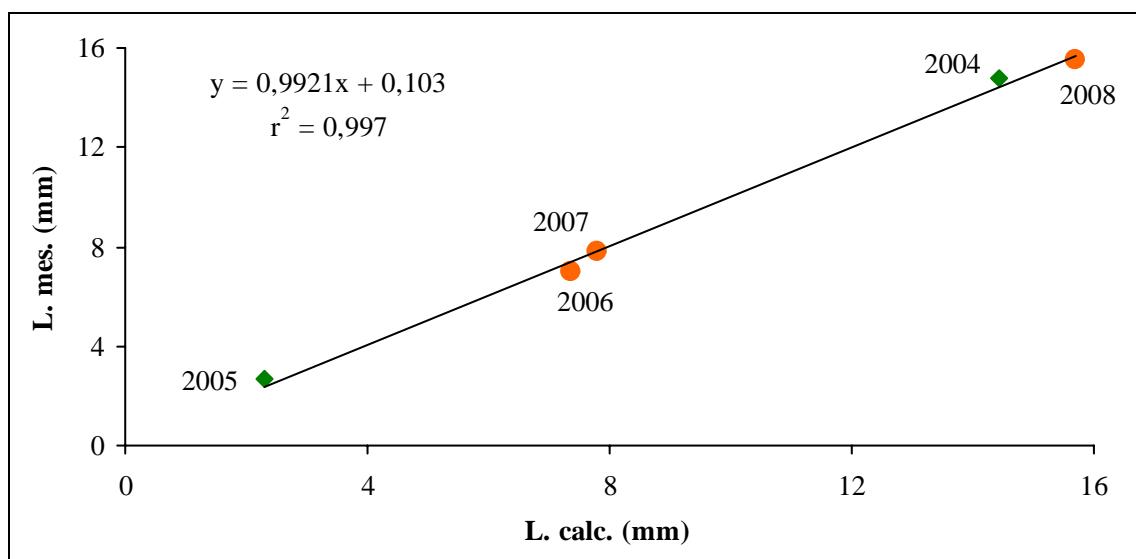


Figure 31 - Comparaison pour le ruisseau de la Bastide des valeurs mesurées (L. mes.) et calculées (L. calc.) des lames d'eau écoulées au mois d'août au cours des années 2004 à 2008.

Les années avant travaux sont représentées par des losanges verts
et les années après travaux, par des ronds orange.

Les valeurs calculées et mesurées sont pratiquement égales. Toutefois les lames d'eau mesurées sont très légèrement supérieures aux lames d'eau calculées avant les travaux (2004 et 2005) (Tab. IX), alors qu'elles sont pratiquement égales ou légèrement inférieures après (2006 à 2008). Certes, l'approche ne prend pas en compte la date des dernières pluies avant le début de l'étiage et elle repose sur des périodes d'observation très courtes ; il est donc difficile de considérer que de si faibles différences sont significatives. Mais il se confirme, en tout cas, que l'influence des travaux sur les débits mensuels en étiage est faible. Pour le mois d'août, avec les données disponibles, elle serait voisine de 0,2 l/s/km² sur le ruisseau de la Bastide.

Tableau IX - Lames d'eau écoulées mensuelles mesurées et calculées du ruisseau de la Bastide au cours des mois d'août 2004 à 2008.

	2004	2005	2006	2007	2008
1) L. mes (mm)	14,79	2,65	6,99	7,79	15,52
2) L. calc. (mm)	14,42	2,31	7,35	7,82	15,70
1 - 2 (mm)	+ 0,37	+ 0,34	- 0,36	- 0,03	- 0,18

L mes. : lame d'eau écoulée mesurée. L. calc. : lame d'eau écoulée calculée.

6 : CONCLUSION

Les observations hydrologiques effectuées sur la Vallée Obscure depuis 2003 ont répondu aux interrogations concernant le rôle hydrologique des *tancats*. Le stockage d'eau dans les sédiments accumulés en arrière des ouvrages permet aux précipitations estivales d'étaler sur plusieurs jours le renforcement des débits après une pluie. Le soutien ainsi apporté aux débits les plus faibles est perceptible sur les hydrogrammes lorsque les précipitations sont peu abondantes, mais il se révèle très modeste. Lorsque les précipitations sont fortes, le rôle des *tancats* n'est plus sensible, car il se trouve masqué par un fonctionnement plus général des bassins versants.

Même si les données des stations hydrométriques ne permettent de mettre en évidence l'impact des prélèvements d'eau par la ripisylve, il est certain que la destruction du couvert végétal sur les *tancats* augmente les écoulements. Les jaugeages réalisés le 23 août 2005 et le 12 août 2006 en amont et en aval du grand *tancat* qui surplombe la station de Valescure aval, en attestent. Les *tancats* ne peuvent avoir un effet hydrologique réellement positif que si les plages de dépôts situées immédiatement en amont sont exemptes de couvert végétal.

Les faibles écoulements qui parviennent à se maintenir actuellement en étiage sur le ruisseau des Abrits témoignent dans le même sens. En l'absence d'entretien des fonds de vallon au cours des prochaines années, il sera possible de suivre l'évolution des écoulements d'étiage au fur et à mesure des progrès de la revégétalisation des abords du ruisseau.

Les recherches entrent actuellement dans une nouvelle phase. Il s'agira de compléter la masse des données déjà accumulées afin de mieux comprendre le fonctionnement hydrologique de ces bassins forestiers, en précisant les chemins de l'eau sur les versants, et en alimentant des modélisations capables d'estimer les écoulements sur de petits bassins versants, avec pour objectif d'aider à la détermination des débits de crue sur des bassins versants de plus grande taille. Cette approche, qui nécessite de nombreuses collaborations, a été engagée dans le cadre de l'Observatoire Hydrologique Méditerranéen Cévennes - Vivarais (2005-2008). Mais sa mise en œuvre débute seulement (A.L. COURBIS *et al.*, 2007 ; D. TODOROVIC, 2008).

Les préoccupations sur les crues liées aux épisodes pluviométriques cévenols ne sauraient occulter un autre sujet d'inquiétude majeur au regard du changement climatique global : la sévérité des étiages au cours de certaines années. Nous reviendrons sur ce point dans l'annexe jointe au rapport.

Sur la période 2003-2008, quatre étiages sur six ont été extrêmement difficiles, que les débits soient tombés à des valeurs particulièrement faibles (2005) ou que les basses eaux se soient prolongées jusqu'en novembre (2007). Seuls les étiages 2004 et 2008 ont bénéficié de conditions plus satisfaisantes. Une telle situation a conduit le SMAGE des Gardons à lancer une étude sur la gestion quantitative de la ressource en eau. Nul doute que le dispositif mis en place sur la Vallée Obscure pourrait servir d'assise à des investigations sur les étiages, en mettant en place sur le Gardon une station spécifiquement consacrée à la mesure précise des débits de basses eaux, et en suivant les écoulements d'une source, afin d'avoir une idée du fonctionnement des aquifères sur les versants.

ANNEXE :

Les précipitations à Saint-Jean-du-Gard depuis 1888

Nous disposons des valeurs mensuelles des précipitations à Saint-Jean-du-Gard sur la période septembre 1888 - décembre 2007. La station météorologique est actuellement située à 190 m d'altitude, près du centre-ville, à 4 km à vol d'oiseau des pluviographes du Château de la Vallée Obscure et de Valescure aval. Nous ne savons rien des déplacements éventuels de cette station depuis sa création.

I - COMPARAISON AVEC LES PRÉCIPITATIONS SUR LA VALLÉE OBSCURE

Pour les quatre années d'observation communes, les précipitations annuelles à Saint-Jean-du-Gard sont fortement corrélées à celles mesurées sur la Vallée Obscure. Le coefficient de corrélation linéaire (r) atteint 0,999 avec le poste du Château de la Vallée Obscure (Fig. 32) et 0,990 avec celui de Valescure aval.

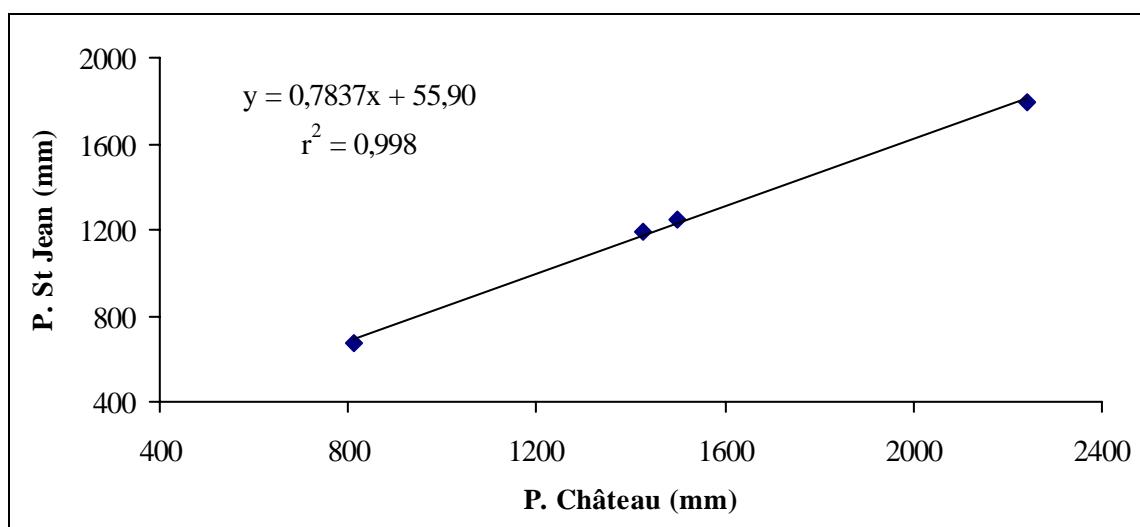


Figure 32 - Régression entre les précipitations annuelles à Saint-Jean-du-Gard et au poste du Château de la Vallée Obscure (2003-04 - 2006-07).

Les relations sont beaucoup moins bonnes dans le cas des précipitations mensuelles (Fig. 33). Certes, le fait que les journées commencent à 7h00 TU ou à 8h00 TU pour Météo France et à 1h00 TU pour nos propres mesures, peut occasionner des différences sur les valeurs mensuelles. Mais les écarts les plus forts résultent de précipitations orageuses, notamment lors d'épisodes cévenols (comme celui d'octobre 2006, particulièrement sensible sur la Vallée Obscure).

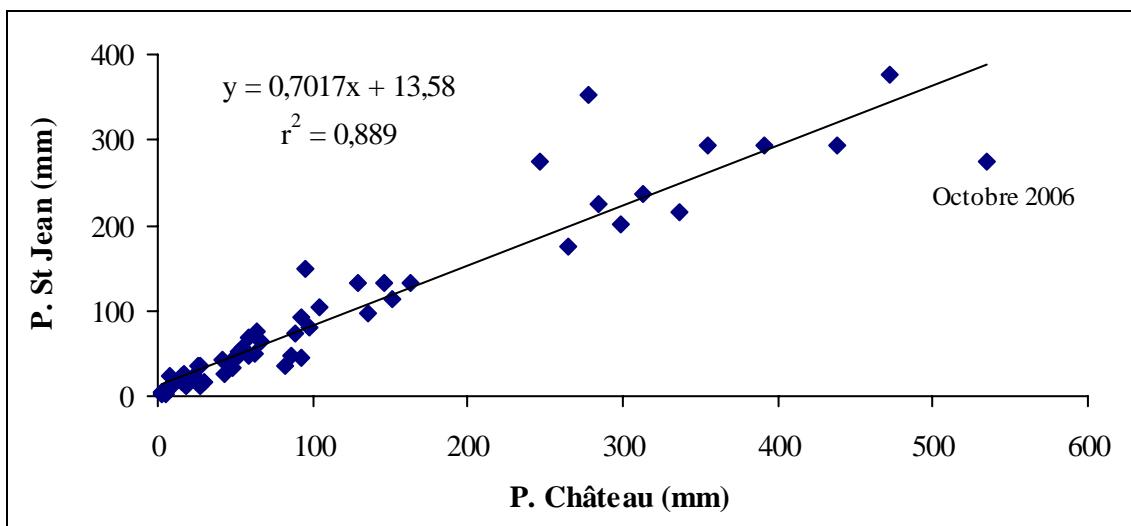


Figure 33 - Régression entre les précipitations mensuelles à Saint-Jean-du-Gard et au poste du Château de la Vallée Obscure (septembre 2003 - décembre 2007).

Même si les précipitations mensuelles à Saint-Jean-du-Gard ne correspondent pas parfaitement à celles sur la Vallée Obscure, la longue chronique disponible pour cette station permet d'analyser les variations interannuelles des précipitations dans le contexte cévenol de la vallée du Gardon de Saint-Jean.

II - LA CHRONIQUE PLUVIOMÉTRIQUE 1888-2007 À SAINT-JEAN DU GARD

Les précipitations annuelles mesurées à Saint-Jean-du-Gard depuis septembre 1888, sur 119 années hydrologiques complètes, sont portées sur la figure 34.

La moyenne des précipitations annuelles s'établit à 1400 mm (écart-type : 402 mm), la médiane à 1333 mm, la valeur minimale à 652 mm (en 1952-53) et la valeur maximale à 2630 mm (en 1995-96). Les précipitations annuelles s'ordonnent de manière assez satisfaisante selon une loi racine-normale, comme le montre la relation entre les pluies mesurées et théoriques (Fig. 35). Selon cette loi, pour les fortes précipitations, la valeur centennale s'élève à 2446 mm. Pour les faibles précipitations, aucune des lois testées⁽¹⁾ n'a donné un résultat satisfaisant, les valeurs théoriques les plus faibles étant sous-estimées. La loi de WEIBULL indique des précipitations centennales de 472 mm.

Les précipitations étant classées de 1 à 119 par ordre chronologique, la régression entre les précipitations annuelles et les numéros d'ordre n'est pas significative (Fig. 36). La courbe des précipitations cumulées (Fig. 35) ne montre pas de rupture significative sur le long terme. À l'évidence, les précipitations n'ont pas subi de modification appréciable entre 1888 et 2007. Ce résultat n'a du reste rien de bien surprenant au regard des travaux déjà menés sur les longues séries pluviométriques de la façade méditerranéenne française (F. CERNESSON *et al.*, 1993).

(1) : FULLER, GUMBEL, GAUSS, GALTON, WEIBULL et Racine-normale (J.P. LABORDE et N. MOUHOUS, 1998).

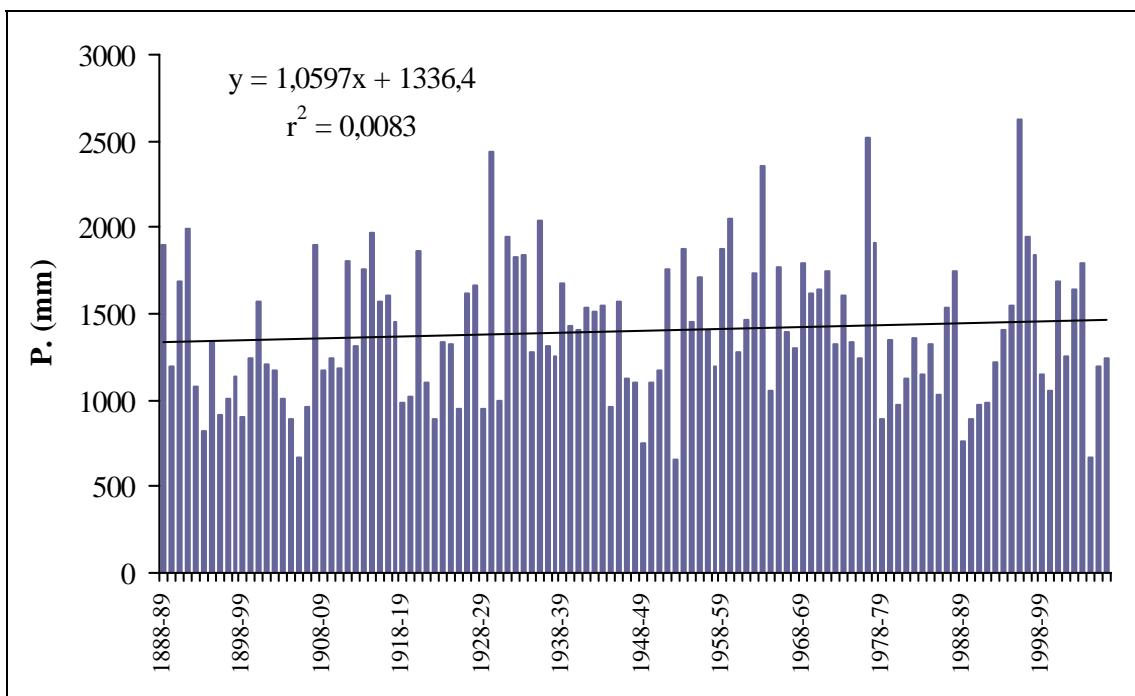


Figure 34 : Précipitations annuelles à Saint-Jean-du-Gard de 1888-87 à 2006-07
(années hydrologiques de septembre à août).

Dans l'équation, x représente le rang de l'année dans la série (de 1 à 119).

Sources : Commission Météorologique du Gard (1888-1946) et Météo France.

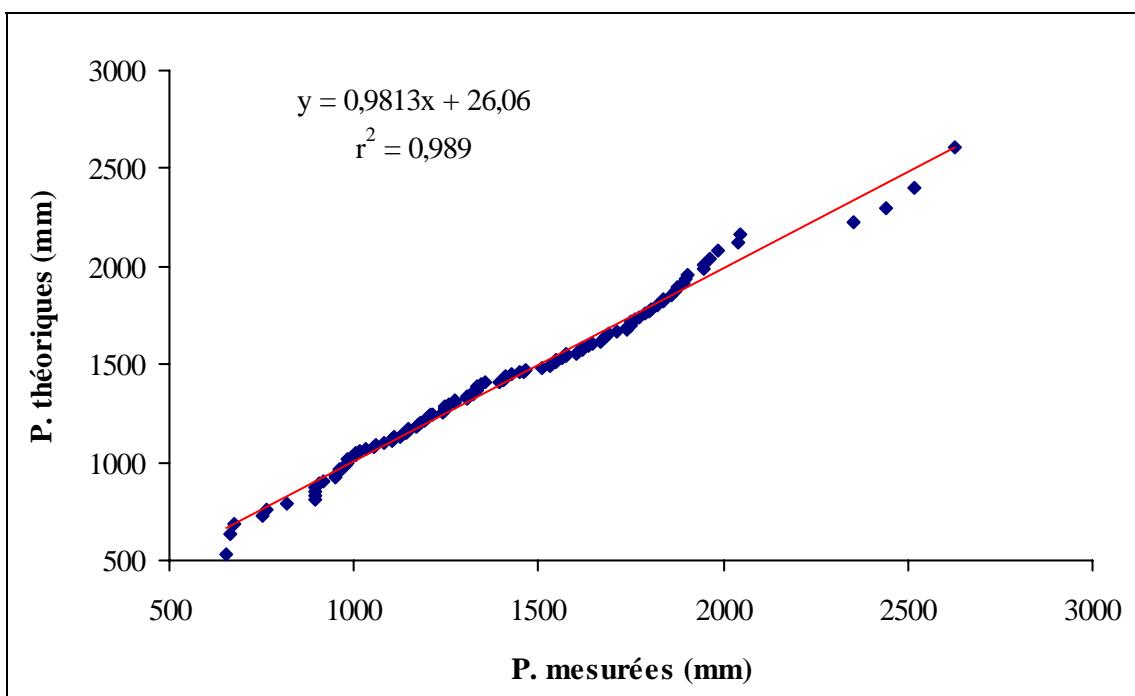


Figure 35 - Relation entre les précipitations annuelles mesurées à Saint-Jean-du-Gard sur la période 1888-89 - 2006-07 et les précipitations théoriques calculées selon une loi racine-normale.

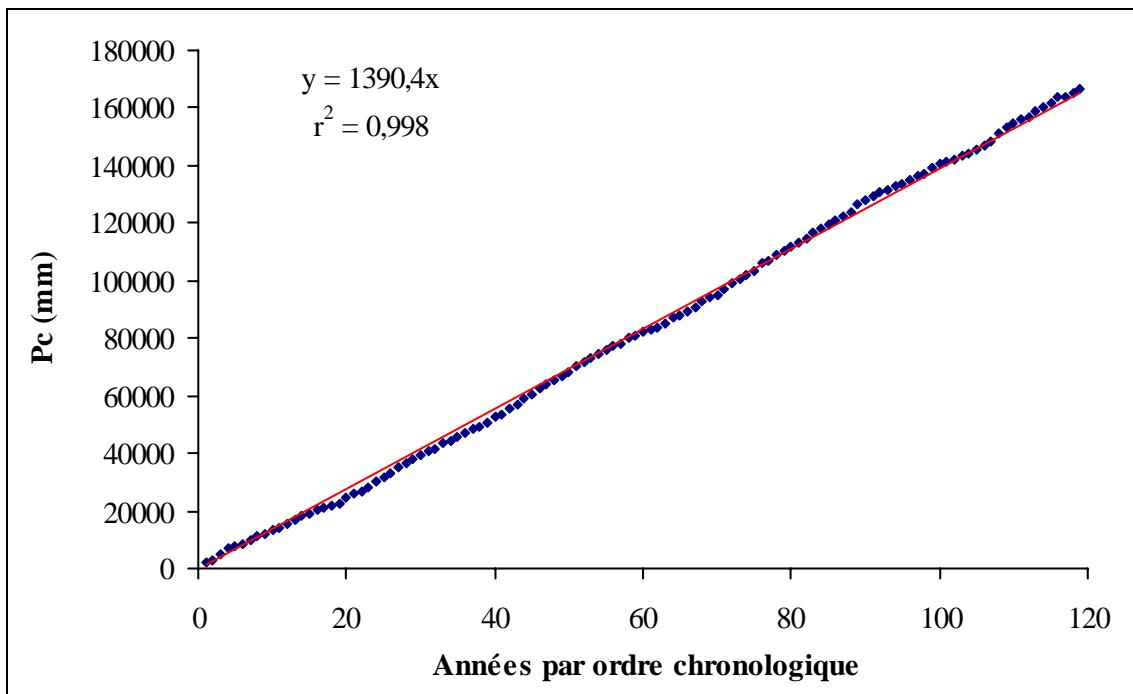


Figure 36 - Courbe cumulative des précipitations annuelles à Saint-Jean-du-Gard sur la période 1888-89 - 2006-07.

Aucune tendance ne se dégage non plus au niveau des saisons (Fig. 37 à 40). On relève, à tous les niveaux, des successions de périodes plus sèches ou plus humides, longues chacune souvent de plusieurs années. Ce fait est bien mis en évidence en représentant, pour chaque année, les précipitations annuelles moyennes sur une période écoulée de cinq ans (Fig. 41).

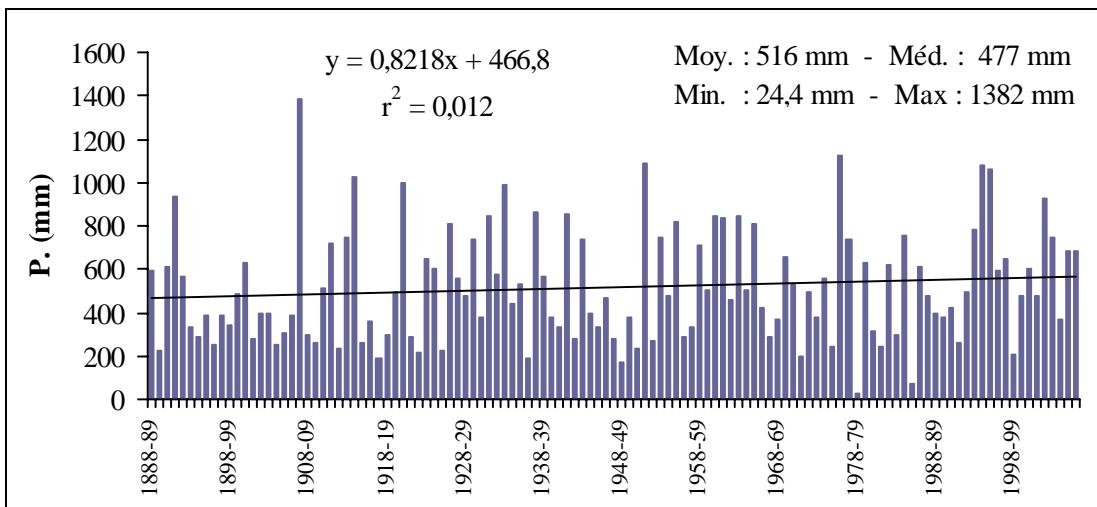


Figure 37 - Précipitations automnales à Saint-Jean-du-Gard (septembre-novembre).
Dans les équations des figures 37 à 40, x est le rang de l'année dans la série (de 1 à 119).

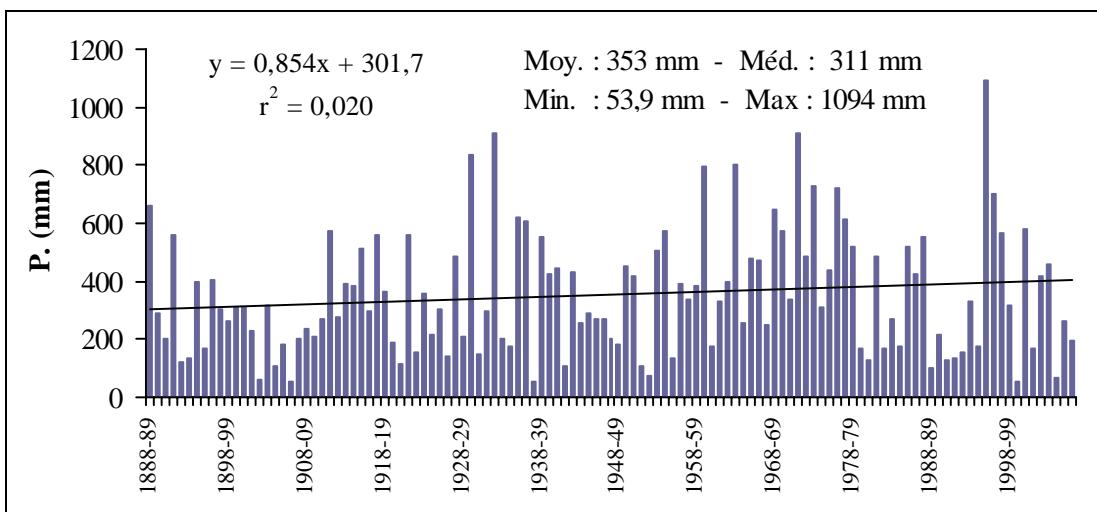


Figure 38 - Précipitations hivernales à Saint-Jean-du-Gard (décembre-février).

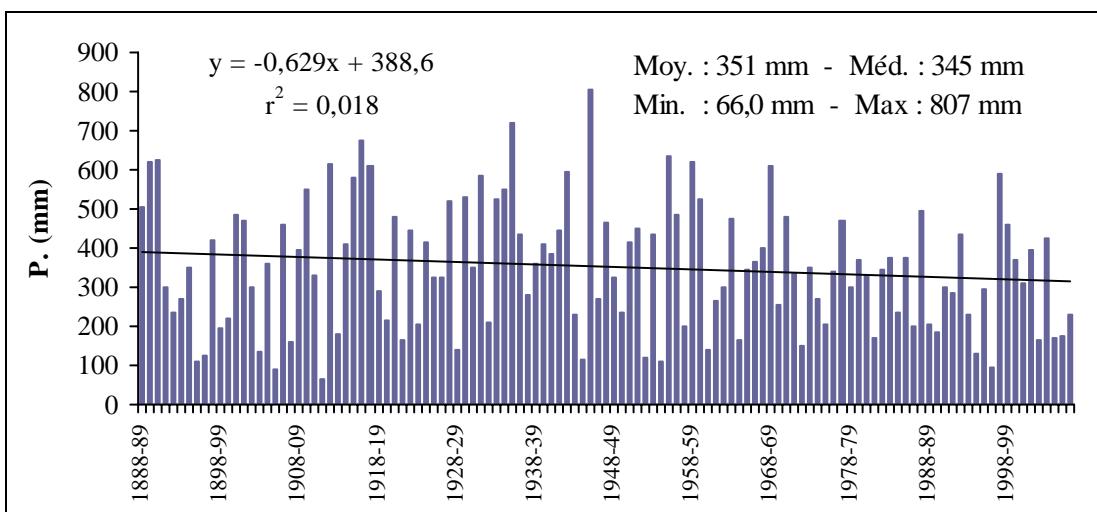


Figure 39 - Précipitations printanières à Saint-Jean-du-Gard (mars-mai).

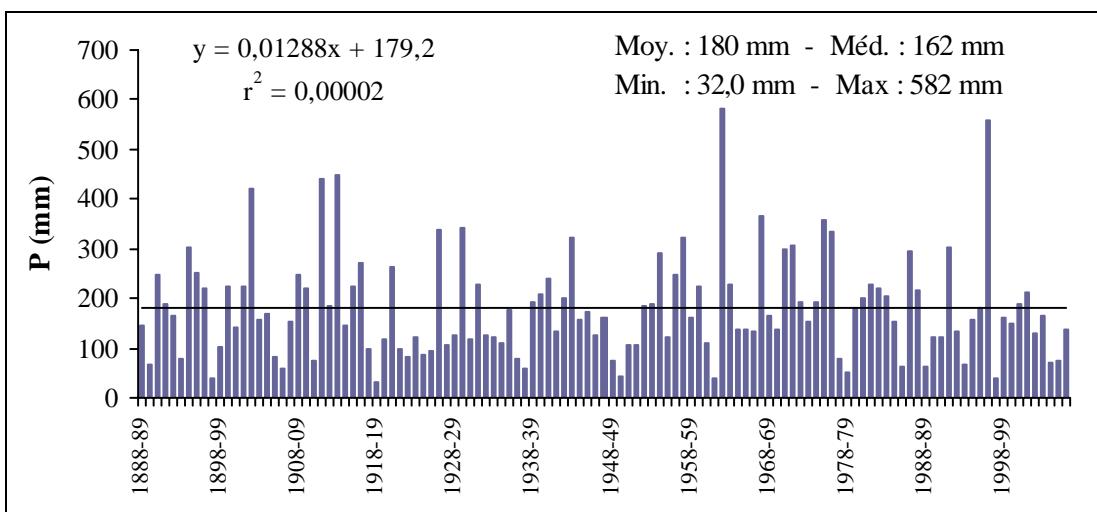


Figure 40 - Précipitations estivales à Saint-Jean-du-Gard (juin-août).

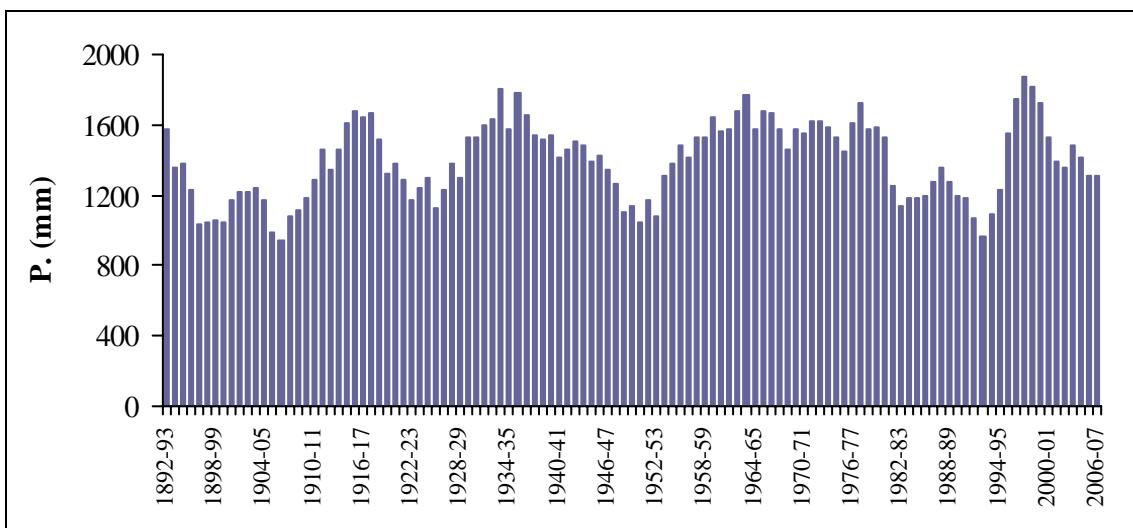


Figure 41 - Précipitations annuelles moyennes sur cinq ans à Saint-Jean-du-Gard.
Chaque valeur moyenne est représentée la dernière année de la période de cinq ans considérée.

L'irrégularité interannuelle des précipitations méditerranéennes, exacerbée ici par le caractère excessif de la pluviosité cévenole, se traduit avec encore plus d'ampleur au niveau mensuel (Tab. X).

En moyenne, les mois les plus arrosés sont ceux d'automne : 149 mm en septembre (record de 577 mm en 1890), 205 mm en octobre (record de 799 mm en 1891), 161 mm en novembre (record de 605 mm en 1941). Mais les fluctuations interannuelles sont considérables.

Les mois les plus secs sont le plus souvent ceux de juillet et août. Pour ces deux mois, les valeurs moyennes, même si elles sont relativement faibles (respectivement 38 et 68 mm), traduisent la fréquence des orages estivaux. Des précipitations extrêmement abondantes peuvent du reste se produire : valeurs maximales mensuelles de 195 mm en juillet 1914 et de 310 mm en août 1997.

Tableau X - Valeurs caractéristiques des précipitations mensuelles à Saint-Jean-du-Gard sur la période septembre 1888 - août 2007.

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	Année
Moyenne (mm)	149	205	161	141	118	94	128	110	113	74	38	68	1 400
Écart-type (mm)	123	165	128	119	117	94	99	91	79	62	36	61	402
Médiane (mm)	123	169	133	120	74	64	118	90	102	60	28	49	1 333
Minimum (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	4,4	0	0	0	652
Maximum (mm)	577	799	605	550	664	482	482	410	393	299	195	310	2 630

À la valeur mensuelle maximale (799 mm) est liée une crue importante, celle du 20 au 22 octobre 1891. Des crues encore plus fortes se sont produites en septembre 1890, en septembre et en octobre 1907, en septembre 1958 et en septembre 2002 (L. BIANCIOTTO, 2005). Les précipitations de septembre 1890 (577 mm – 9^{ème} rang des valeurs mensuelles de septembre 1888 à décembre 2007) et d'octobre 1907 (666 mm – 2^{ème} rang) ont également été très fortes. En septembre 2002, les précipitations ont atteint 439 mm (28^{ème} rang). Enfin, celles de septembre

1907 (362 mm – 56^{ème} rang) et de septembre 1958 (350 mm – 63^{ème} rang) ont été plus modestes. Mais il est vrai que les précipitations à Saint-Jean-du-Gard ne sont pas toujours représentatives des précipitations sur l'ensemble du bassin versant ; ce fut le cas lors des épisodes d'octobre 1958 et de septembre 2002. En outre, les valeurs mensuelles ne traduisent pas la concentration des pluies dans le temps, sur quelques jours et sur de longues averses intenses. Des précipitations mensuelles très fortes, comme celles de janvier 1896 (664 mm – 3^{ème} rang), d'octobre 1977 (649 mm), d'octobre 1920 (606 mm) ou de novembre 1941 (605 mm) n'ont du reste pas occasionné de crues catastrophiques (CG Gard, 2006).

III - LES ANNÉES D'OBSERVATION SUR LA VALLÉE OBSCURE

Dans l'attente des précipitations à Saint-Jean-du-Gard en 2008, nous avons complété la chronique en évaluant les précipitations annuelles en 2007-08 à partir des relations établies avec les postes pluviographiques de la Vallée Obscure. Au niveau annuel, les années 2003-04 à 2007-08 ne se caractérisent pas par des précipitations très abondantes (Tab. XI). L'année la plus arrosée, 2003-04 (1797 mm), ne figure qu'au 21^{ème} rang sur 120. La période a connu, en revanche, une année très sèche, 2004-05 (673 mm), qui se classe seulement avant 1905-06 (663 mm) et 1952-53 (652 mm).

Tableau XI - Place dans la chronique 1888-89 - 2007-08 des précipitations annuelles à Saint-Jean-du-Gard sur la période 2003-04 - 2007-08.

	Précipitations (mm)	Rang / 120 *	Période de retour (ans)
Moyenne 1888-2008	1401		
2003-04	1797	21	6,3
2004-05	673	117	1,02
2005-06	1195	79	1,5
2006-07	1245	72	1,6
2007-08	≈ 1530	47	2,9

* : valeurs classées par ordre décroissant.

Les précipitations mensuelles ne montrent pas non plus de valeurs particulièrement fortes (Tab. XII), en tout cas rien qui approche les valeurs record de l'ensemble de la chronique. En octobre 2006, les précipitations à Saint-Jean-du-Gard (275 mm) apparaissent bien faibles au regard des 539 mm enregistrés au Château de la Vallée Obscure. En effet, l'épisode cévenol du 18 au 19 octobre ne s'est manifesté que très atténué à Saint-Jean-du-Gard. Pour compléter le tableau XII, notons qu'en avril 2008, les précipitations ont certainement atteint entre 300 et 350 mm.

Tableau XII - Précipitations mensuelles supérieures à 250 mm enregistrées à Saint-Jean-du-Gard de septembre 2003 à décembre 2007.

	11/2003	09/2005	10/2004	11/2008	12/2007	09/2006	10/2006
P. (mm)	376	353	295	294	294	275	275
Rang *	51	62	112	113	115	137	139

* : sur 1432 mois, les valeurs étant classées par ordre décroissant.

Sur les 119 ans de la période allant de septembre 1888 à août 2007, en considérant les mois les plus arrosés de l'année, 2003-04 (376 mm) se classe au 42^{ème} rang, 2004-05 (295 mm) au 71^{ème} rang, 2005-06 (352 mm) au 48^{ème} rang et 2006-07 (275 mm) au 81^{ème} rang. Toutes les précipitations mensuelles de septembre 2003 à août 2007 (et même sans aucun doute à août 2008) ont des périodes de retour inférieures à trois ans (Tab. XIII).

On comprend que dans ces conditions, même si l'abondance des précipitations n'est pas le seul facteur en jeu, les crues du Gardon soient restées relativement modestes depuis 2003. Dans la Vallée Obscure l'épisode cévenol des 18 et 19 octobre 2006 a provoqué une réponse d'une extrême violence, mais il a été trop localisé pour avoir des effets majeurs à l'échelle du Gardon.

Tableau XIII - Précipitations mensuelles maximales à Saint-Jean-du-Gard pour les années 2003-04 à 2006-07.

	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07
P. mens. max.	376	295	352	275
Période GALTON	2,9	1,6	2,4	1,4
Période GUMBEL	2,9	1,6	2,4	1,4
Période Rac.-nor.	2,7	1,6	2,2	1,4

P. mens. max. : précipitations mensuelles maximales de l'année. Période GALTON : période de retour (en années) selon la loi de GALTON. Période GUMBEL : période de retour selon la loi de GUMBEL. Période Rac.-nor. : période de retour selon la loi Racine-normale.

Les périodes estivales (juin à août), quant à elles, n'ont pas connu de précipitations abondantes, mais elles n'ont pas non plus été particulièrement sèches (voir Fig. 40). Sur 119 années, l'été 2003-04 (72 mm) se place au 13^{ème} rang des étés les plus secs, 2005-06 (76 mm) au 16^{ème} rang, 2005-06 (137 mm) au 47^{ème} rang et 2006-07 (165 mm) au 65^{ème} rang. L'été 2007-08, avec des précipitations comprises entre 150 et 200 mm, se situe entre les 53^{ème} et 68^{ème} rangs. Les précipitations moyennes sur 119 ans sont de 180 mm (± 103 mm), avec une valeur minimale de 32 mm en 1918-19 et une valeur maximale de 582 mm en 1962-63.

IV - LES PÉRIODES D'ÉTIAGE

L'équation permettant d'évaluer pour les mois d'août la lame d'eau écoulée mensuelle du bassin de la Bastide à partir des précipitations, donne une clé – encore perfectible – pour analyser les situations au cours de la période 1888-2007 (Tab. XIV et Fig. 42).

Tableau XIV - Valeurs caractéristiques des lames d'eau écoulées en août de 1899 à 2007 calculées pour le bassin versant de la Bastide avec les précipitations à Saint-Jean-du-Gard.

	Moyenne	Écart-type	Médiane	Minimum	Maximum
Valeurs en mm	8,2	3,6	7,6	0,57 en 1906	19,7 en 1996

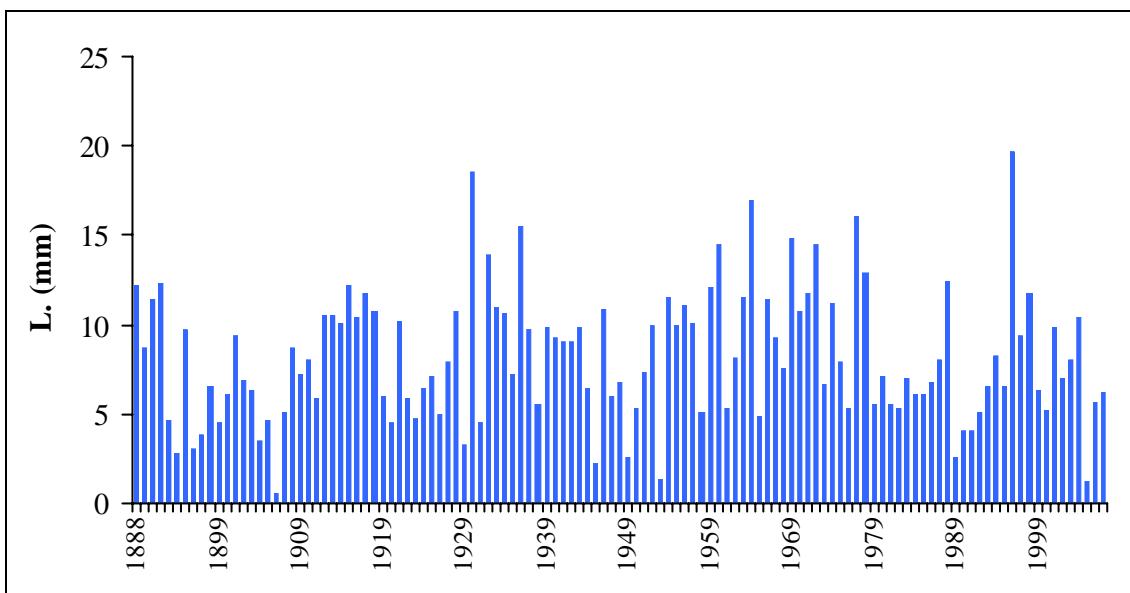


Figure 42 - Lames d'eau écoulées théoriques au cours des mois d'août 1899 à 2007 calculées pour le bassin versant de la Bastide avec les précipitations à Saint-Jean-du-Gard.

Sur 119 ans (et même 120 ans en comptant 2008), les lames d'eau théoriques ont été inférieures à 5 mm dans 21 cas, à 4 mm dans 11 cas et à 3 mm dans 7 cas. Trois années se distinguent par des valeurs particulièrement faibles : 1906 (0,57 mm), 2005 (1,25 mm) et 1953 (1,35 mm). Ces valeurs se placent à la fin des trois années hydrologiques les plus sèches, avec respectivement 663, 673 et 652 mm de précipitations de septembre à août.

Si 2005 apparaît au deuxième rang des plus faibles valeurs, 2006 n'occupe que le 33^{ème} rang (5,7 mm), 2007 le 41^{ème} rang (6,2 mm), 2004 le 86^{ème} rang (10,36 mm), et 2008 serait vraisemblablement encore plus loin.

Dans l'état actuel de nos connaissances sur les étiages du ruisseau de la Bastide, il est impossible d'apprécier l'évolution des débits au delà du mois d'août. Pourtant l'étiage se termine rarement à cette date ; il se prolonge parfois jusqu'en décembre (Tab. XV). Dans certains cas, le choix du mois de fin d'étiage n'a pas été facile. Par ailleurs, la prolongation de l'étiage n'implique pas forcément une diminution du débit, les faibles précipitations enregistrées ayant pu maintenir ou faire légèrement augmenter les écoulements.

Tableau XV - Nombre d'années où les précipitations du mois ont provoqué la fin de l'étiage sur la période 1899-2007.

	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Nombre/119	2	6	59	34	7	10

Parmi les trois années présentant les plus faibles lames écoulées théoriques en août, 1906 a vu l'étiage se prolonger jusqu'en octobre (4 mm de précipitations seulement en septembre). En 1953 et en 2005, les étiages se sont achevés en septembre.

L'année 1894 a connu un étiage à la fois sévère et prolongé. Avec des précipitations de 818 mm en 1893-94 (dont 74 mm en juillet-août), la lame d'eau éculée théorique en août est de 2,8 mm seulement. Or les précipitations ont encore été très faibles en septembre (26 mm) et en octobre (17 mm).

V - CONCLUSION

Les précipitations à Saint-Jean-du-Gard montrent une grande variabilité annuelle et une forte irrégularité interannuelle comme cela est normal sous un climat méditerranéen à caractère cévenol. Mais la série manifeste une stationnarité quasi parfaite. Aucune modification des précipitations sur le long terme n'est perceptible. Le seul changement climatique actuellement avéré est l'augmentation des températures, qui induit un accroissement de l'évapotranspiration. Mais elle concerne essentiellement les mois les plus froids et n'a donc qu'une influence limitée sur les fonctionnements hydrologiques.

Depuis le début des suivis sur la Vallée Obscure, les précipitations mensuelles à Saint-Jean-du-Gard n'ont jamais atteint des valeurs très fortes. Toutefois l'épisode qui s'est produit sur la Vallée Obscure du 18 au 20 octobre 2006 a présenté un caractère exceptionnel, tant par l'abondance des précipitations que par les intensités de la pluie à la fin de l'épisode pluvieux. Les observations réalisées sur la Vallée Obscure sont donc précieuses pour l'étude des crues extrêmes, même si les courbes de tarage ne permettent pas encore de les exploiter pleinement.

Les indications les plus utiles fournies par les précipitations à Saint-Jean-du-Gard concernent les étiages. En effet, il est manifeste que les conditions très dures qui ont prévalu en 2005 (après des précipitations annuelles très faibles) et en 2007 (étiage très long) ont déjà été rencontrées dans le passé. À cet égard, nous avons surtout insisté sur les précipitations théoriques calculées, à partir des précipitations, pour le bassin de la Bastide. Ce bassin est intéressant, car il stocke et restitue beaucoup d'eau. Son fonctionnement est donc, d'une certaine façon, représentatif de celui des aquifères de versant les plus capacitifs, ceux dont on peut supposer qu'ils apportent l'essentiel des écoulements des cours d'eau à la fin des étiages les plus longs. Dans le cas de ces aquifères, les débits d'étiage sont fortement influencés par l'abondance des précipitations qui ont déterminé le volume d'eau stocké au début de l'étiage. La durée de l'étiage intervient également, mais comme facteur surajouté. Dans les secteurs où les aquifères ont, au contraire, une faible capacité, le stock d'eau présent en début d'étiage dépend beaucoup moins de l'abondance des précipitations. Mais les écoulements subissent une décroissance très forte en valeur relative au cours de la période sèche, et ils peuvent tarir si l'étiage se prolonge.

Pour les bassins versants stockant très peu d'eau, la succession d'années sèches ne saurait avoir de conséquence particulière. En revanche, pour un bassin comme celui de la Bastide, une telle succession n'est-elle pas capable de limiter la recharge des aquifères, et donc d'entraîner une aggravation des étiages ? Si l'on s'en tient à des précipitations annuelles inférieures à 1000 mm à Saint-Jean-du-Gard, trois années sèches, ou du moins relativement sèches, se sont succédé de 1904-05 à 1906-07 (895, 663 et 960 mm) et quatre de 1988-89 à 1991-92 (764, 894, 978 et 980 mm). De telles conditions ne se sont pas reproduites. Il a fallu l'année 2004-05 (673 mm) pour que les précipitations annuelles moyennes sur trois ans atteignent 1037 mm en septembre 2007 (1221 mm en 2005-06 et 1037 mm en 2006-07). 1000 mm à Saint-Jean-du-Gard correspondant à près de 1200 mm sur la Vallée Obscure, il n'est pas étonnant que les étiages 2006 et 2007 du ruisseau de la Bastide n'aient pas manifesté de comportement singulier (voir Fig. 31).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BIANCIOTTO L. (2005) - *Les crues du Gardon sur la commune d'Anduze : approche historique et enjeux*. Mémoire de Master, 1^{ère} année, Université Paul Valéry - Montpellier III, 89 p.
- CERNESSON F., FOLTIN N. et LAVABRE J. (1993) - Étude climatologique sur la façade méditerranéenne française. Premiers constats. *Actes du Workshop DM2E* (Aix-en-Provence, 1993), Édit. Cemagref, 11 p. + annexes.
- CG Gard (2006) - Les 25 principales crues historiques depuis le XIX^{ème} siècle. Conseil Général du Gard, document internet :
<http://www.orig.cg-gard.fr/tab/inventaire/2006-03-30.5590369965/download>.
- COURBIS A.L., VAYSSADE B., avec la collaboration de MARTIN C. et DIDON-LESCOT J.F. (2007) - Simulation as a decision support for evaluating effects of anthropogenic activities on water resources. *Proceedings of 10th Conference on environmental science and technology* (Kos island, Greece, 3-7 september 2007), CEST 2007, p. A268-A274.
- DIDON-LESCOT J.F., MARTIN C., DOMERGUE J.M., JOLIVET J. et RAY D. (2007) - *Suivis hydrologiques dans la Vallée Obscure (Commune de Peyrolles, Gard)*. Rapport intermédiaire au SMAGE des Gardons, 23 p.
- LABORDE J.P. et MOUHOUS N. (1998) - *HYDROLAB*. Logiciel pour le traitement des données hydrologiques, avec notice explicative, 42 p.
- MARTIN C., DIDON-LESCOT J.F., JOLIVET J., ALLIGNOL F., CASTEX J.M., FIANDINO M., RAY D. et USSELMANN P. (2006) - *Observations complémentaires sur les fonctionnements hydrologiques et hydrosédimentaires de la Vallée Obscure (commune de Peyrolles)*. Rapport final au SMAGE des Gardons, 76 p.
- MARTIN C., DIDON-LESCOT J.F., JOLIVET J., DOMERGUE J.M. et RAY D. (2007) - L'épisode des 18-20 octobre 2006 dans la Vallée Obscure (Gard). *Sixième Journée d'Étude de l'OHM-CV* (Toulouse, 8 janvier 2007), mise en ligne des présentations sur le site de l'OHM-CV :
http://www.lthe.hmg.inpg.fr/OHM-CV/P006_JE.php, 18 p.
- MARTIN C., DIDON-LESCOT J.F. et JOLIVET J. (2008-a) - Réflexion sur le rôle hydrologique des aménagements anciens des versants et des thalwegs : l'exemple des Cévennes. *Actes de les jornades sobre terrasses i Prevenció de riscos naturals* (Majorque, 2006), Édit. Consell de Mallorca, p. 141-148. Consultable sur le site du projet INTERREG IIIB SUDOE "TERRISC" :
www.conseldemallorca.net/mediambient/terrisc/, feuille "résultats".
- MARTIN C., DIDON-LESCOT J.F. et JOLIVET J. (2008-b) - Réflexion sur le rôle hydrologique des aménagements anciens des versants et des talwegs. *Travaux du Laboratoire de Géographie Physique Appliquée*, n° 26, p. 31-40.
- SMAGE (2006) - *Projet pilote du patrimoine hydraulique de la Vallée Obscure. Compte rendu du comité de pilotage du 3 octobre 2006*. SMAGE des Gardons, 3 p.

SMAGE (2008) - *Projet REssources en eau en Cévennes métamorphiques. Projet pilote de la Vallée Obscure – Compte rendu d'activité 2006. Bilan technique 6^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} semestres.* SMAGE des Gardons, 10 p. + annexes (8 p.).

TODOROVIK D. (2008) - *Analyse et modélisation de l'influence de l'état initial du sol sur la formation des crues "éclair" : cas des petits bassins cévenols.* Mémoire de Master Recherche Eau et Environnement (R2E) 2^{ème} année, Université de Montpellier 2, 46 pages + annexes