

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES INONDATION HAUT VISTRE, BUFFALON ET MOYEN VISTRE

*Phase 1 : Analyse du fonctionnement
du bassin versant et de ses
principaux enjeux*

Avril 2011



PLAN DE PREVENTION DES RISQUES INONDATION HAUT VISTRE, BUFFALON ET MOYEN VISTRE

Phase 1 : Analyse du fonctionnement du bassin versant et de ses principaux enjeux

1.	CONTEXTE, OBJECTIFS, DEMARCHE.....	4
1.1	Préambule	4
1.2	Le périmètre d'étude	5
1.3	Collecte et synthèse des données	7
1.3.1	Rencontres avec les représentants des communes	7
1.3.2	Collecte des données et synthèse des études existantes	7
2.	DESCRIPTION GENERALE DU BASSIN VERSANT.....	11
2.1	Hydrographie et morphologie	12
2.2	Nature et occupation du sol	16
2.2.1	Entités géologiques	16
2.2.2	Entités hydrogéologiques	17
2.2.3	Occupation du sol	19
2.3	Climat et pluviométrie	21
2.3.1	Caractéristiques hydroclimatiques	21
2.3.2	Impact du changement climatique	22
2.4	Aménagements structurants et ouvrages hydrauliques	23
2.4.1	Historique des aménagements	23
2.4.2	Ouvrages hydrauliques actuels	27
3.	ANALYSE PREALABLE DES CRUES HISTORIQUES	31
3.1	Les crues du Vistre depuis plus d'un siècle	31
3.2	Les crues majeures récentes	33
3.2.1	La crue de septembre 2005	33
3.2.2	La crue d'octobre 1988	37
3.2.3	Autres évènements marquants	37
3.3	Recensement et nivellement des repères de crue	38
4.	ANALYSE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE	39
4.1	Méthodologie et cartographie	39
4.2	Commentaires	40
4.2.1	Structures encaissantes	40

4.2.2	Plaines alluviales	40
4.2.3	Ruissellements	41
5.	CARTOGRAPHIE ET ANALYSE DES ENJEUX URBAINS	42
5.1	Méthodologie	42
5.2	Typologie des enjeux urbains	42
5.2.1	Zonage de l'occupation des sols	42
5.2.2	Enjeux urbains ponctuels	43
5.2.3	Enjeux linéaires	43
5.3	Cartographie des enjeux urbains	43
5.4	Analyse des enjeux urbains	45
5.4.1	Généralités	45
5.4.2	Démographie	45
5.4.3	Commentaires sur les enjeux par commune	46
6.	ANALYSE HYDROLOGIQUE	51
6.1	Sectorisation en sous-bassins versants	51
6.2	Analyse pluviométrique	52
6.2.1	Réseau de suivi pluviométrique	52
6.2.2	Méthode régionalisée SHYREG	54
6.2.3	Analyse pluviométrique classique	56
6.2.4	Comparaison avec les pluies diluviennes observées	65
6.3	Analyse de l'hydrométrie	67
6.3.1	Réseau hydrométrique	67
6.3.2	Les hauteurs d'eau maximales observées depuis 1985	70
6.4	Analyse hydrologique des crues historiques	71
6.4.1	Crue de septembre 2005	71
6.4.2	Crue d'octobre 1988	75
6.4.3	Crue de septembre 2002	77
6.4.4	Crues de septembre 2003 et de décembre 2003	81
6.4.5	Crues de novembre 2004, septembre 2007 et février 2009	83
6.4.6	Temps de propagation et temps de réponse	84
6.5	Synthèse du fonctionnement hydraulique	86
6.5.1	Description générale du fonctionnement hydraulique	86
6.5.2	Synoptique du fonctionnement hydraulique	87
6.6	Estimations des débits de référence des affluents	89
6.6.1	Choix de la méthode de calcul du débit de pointe	89
6.6.2	Analyse des études antérieures	91
6.6.3	Synthèse de l'aléa de référence	104
ANNEXES		108

Annexe 1 : Calculs des débits des affluents du Vistre

Annexe 2 : Notes hydrologiques complémentaires

PIECES JOINTES

Carte des sous-bassins versants

1. CONTEXTE, OBJECTIFS, DEMARCHE

1.1 PREAMBULE

La présente étude technique préalable à l'élaboration du PPRi des communes du bassin versant du Vistre, se décompose en trois phases :

- ▶ phase 1 : analyse du fonctionnement du bassin versant et de ses principaux enjeux,
- ▶ phase 2 : étude d'aléa,
- ▶ phase 3 : élaboration du projet de zonage et de règlement.

Deux autres phases marqueront la suite de la démarche PPRi :

- ▶ phase 4 : constitution du dossier d'enquête publique et de consultation des communes,
- ▶ phase 5 : constitution du dossier définitif.

Le présent document constitue le rapport de phase 1 :

- ▶ présentation de la démarche PPRi et du périmètre d'étude,
- ▶ description générale du bassin versant,
- ▶ analyse des crues historiques,
- ▶ approche hydrogéomorphologique,
- ▶ étude hydrologique,
- ▶ cartographie des enjeux.

1.2 LE PERIMETRE D'ETUDE

L'étude technique préalable porte sur le Vistre et ses affluents sur les 23 communes présentées sur la carte ci-après.

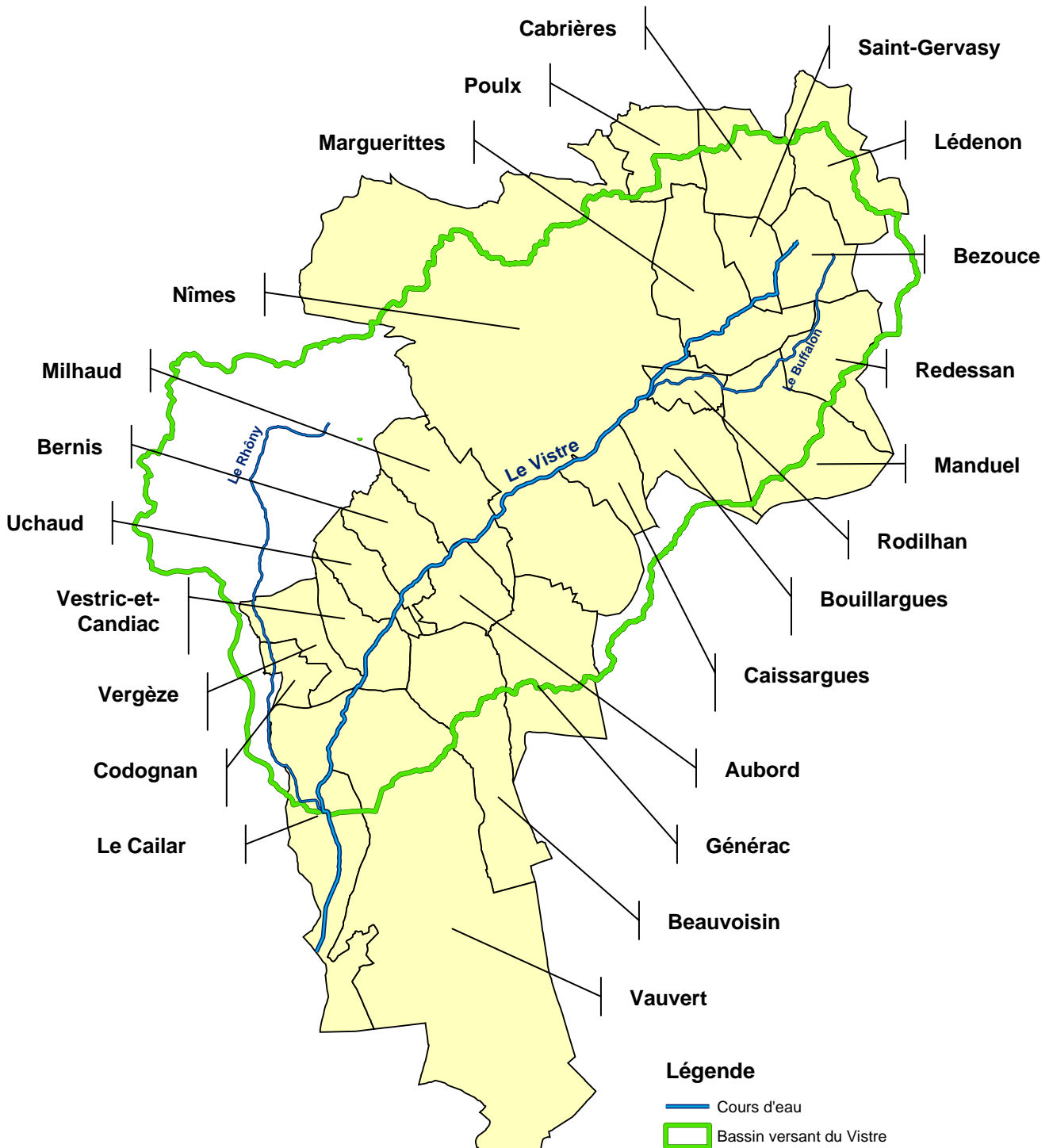
Cas particulier de la commune de Nîmes

Sur le territoire communal de Nîmes, les études techniques préalables aux PPRi des communes du bassin versant du Vistre se sont attachées à définir l'aléa inondation en aval des derniers aménagements prévus sur les cadereaux (bassins de rétention) dans le cadre du Plan de Protection Contre les Inondations (PPCI), en cours de réalisation.

En effet, un PPRi regroupant les Cadereaux traversant Nîmes a été réalisé parallèlement afin de définir le risque inondation sur l'ensemble du territoire de la commune de Nîmes.

Les communes du périmètre d'étude, le réseau hydrographique principal et le bassin versant sont représentés sur la carte suivante.

Le périmètre d'étude.



1.3 COLLECTE ET SYNTHÈSE DES DONNÉES

1.3.1 Rencontres avec les représentants des communes

Les représentants des communes ont été rencontrés individuellement sur les thèmes de l'aléa inondation et des enjeux, en septembre et octobre 2009.

Les entretiens, basés sur un questionnaire d'enquête, ont fait l'objet d'un compte rendu correspondant au questionnaire complété qui précise la date de l'entretien et les personnes rencontrées.

1.3.2 Collecte des données et synthèse des études existantes

L'ensemble des informations disponibles sur l'hydrologie et l'hydraulique des cours d'eau ont été collectés auprès des services de l'Etat, des collectivités et des différents acteurs.

Les données recueillies sont les suivantes :

- ▶ Cartes et plans disponibles :
 - Photos aériennes stéréoscopiques prises après la crue de septembre 2002 (sources : DDTM 30, DIREN LR)
 - SCAN 25 © 2008 (source : IGN)
 - BD CARTHAGE © 2008 (source : IGN)
 - BD ORTHO © RGE, 2008 (source : IGN)
 - BD PARCELLAIRE © Vecteur RGE, 2008 (source : IGN)
 - CORINE Land Cover, 2006 (source : IFEN)
 - Carte géologique au 1/50 000 en images géoréférencées (source : BRGM)
 - Relevés des Plus Hautes Eaux (PHE) et emprises des zones inondables pour les crues d'octobre 1988, septembre 2002, septembre 2003, décembre 2003 et septembre 2005 (sources : DDTM 30, SMBVV, RFF)
 - Atlas des Zones Inondables des Bassins Versants du Vidourle, du Vistre et du Rhône édité par CAREX en juillet 2004 (source : DIREN LR)
 - BDD Vocation_des_solsADS © RGE, Juillet 2009 : recollement des PLU sur la zone d'étude (source : DDTM 30)
- ▶ Documents émis par l'Etat dans le cadre de la prévention des risques majeurs :
 - PAPI Vistre signé le 25 janvier 2007
 - PPRi Moyen Vistre approuvé le 31 octobre 1994
- ▶ Informations topographiques mises à disposition par les acteurs concernés :
 - BD TOPO © RGE, 2008 (source : IGN)
 - Levés effectués dans le cadre des études hydrauliques antérieures et des projets d'urbanisme actuellement en cours.

- ▶ Données pluviométriques et hydrométriques :
 - Données pluviométriques (sources : SPC GD, Météo France, Ville de Nîmes)
 - Données de lames d'eau radar CALAMAR (source : SPC GD)
 - Données limnimétriques (source : SPC GD)
 - Données piézométriques (source : BRGM)
 - Quantiles de précipitations issus de la méthode SHYREG (source : CEMAGREF)
- ▶ Documents réglementaires et d'urbanisme en vigueur et projets d'urbanisation à court, moyen et long terme :
 - Documents d'urbanisme des communes (POS, PLU,...)
 - PPRi en vigueur : PPRi Moyen Vistre approuvé le 31 octobre 1994
 - Descriptifs des projets en cours issus des entretiens avec les communes
- ▶ Informations historiques concernant les inondations sur la commune : photos et coupures de presse (source : communes et archives départementales)
- ▶ Etudes hydrauliques existantes.

Le tableau ci-après présente la liste des études hydrauliques collectées sur la zone d'étude. Pour chaque étude, une fiche de lecture a été réalisée. Le numéro indiqué en première colonne correspond au numéro de la fiche de lecture.

Les études hydrauliques existantes.

N°	Intitulé de l'étude	Date	Commanditaire(s)	Prestataire(s)	Commune(s) concernée(s)
01	Impact des crues exceptionnelles sur les canaux BRL - Expertise suite aux crues de 2002 à 2007	2003 - 2007	BRLa	BRLi	Toutes les communes traversées par le canal BRL
02	Etudes hydrauliques liées à la reconstruction des ouvrages de franchissement du Vistre par la RD 56 à Vestric-et-Candiac	2006	CG30	GEO PLUS	Vestric-et-Candiac
03	SDAPI - Bassin du Vistre, de la Plaine Rhodanienne et de la Camargue Gardoise	Janvier 2006	CG30	ISL	Toutes
04	Etude hydraulique - Révision du plan d'occupation des sols	Décembre 1991	CG30-Commune de Manduel	CEAUR	Manduel
05	Diagnostic et schéma d'assainissement pluvial et d'aménagement contre les inondations - Vauvert	Juillet 2001	CG30-Commune de Vauvert	BRLi	Vauvert
06	Elaboration et diffusion du Plan Communal de Sauvegarde (Risque inondation) de Aubord	Juin 2005	Commune d'Aubord	BRLi	Aubord
07	Elaboration et diffusion du Plan Communal de Sauvegarde (Risque inondation) de Beauvoisin	Décembre 2006	Commune de Beauvoisin	BRLi	Beauvoisin
08	Schéma directeur d'assainissement pluvial de Beauvoisin	Juin 2001	Commune de Beauvoisin	SIEE	Beauvoisin
09	Elaboration et diffusion du Plan Communal de Sauvegarde (Risque inondation) de Caissargues	Juillet 2008	Commune de Caissargues	BRLi	Caissargues
10	Elaboration et diffusion du Plan Communal de Sauvegarde de Codognan (Risque inondation)	Avril 2008	Commune de Codognan	BRLi	Codognan
11	Assainissement des eaux pluviales - Schéma directeur général	Décembre 1997	Commune de Générac	CEREG	Générac
12	Aménagement du pluvial sur la zone INA située au centre du village - Etude Hydraulique	Août 2001	Commune de Générac	CEREG	Générac
13	Etude pluviale - Note de synthèse	Juillet 1996	Commune de Générac	DDE30	Générac
14	Diagnostic et zonage d'assainissement pluvial sur Générac - Phase 1 : Diagnostic de l'état	Mai 2006	Commune de Générac	IPSEAU	Générac

N°	Intitulé de l'étude	Date	Commanditaire(s)	Prestataire(s)	Commune(s) concernée(s)
	actuel				
15	Etude globale du bassin versant des Agaous	Juin 2004	Commune de Lédenon	BRLi	Lédenon
16	Etude du risque d'inondation par ruissellement torrentiel	Juillet 1996	Commune de Manduel	BRLi	Manduel
17	Etude hydraulique préalable - Urbanisation du secteur des Molles - Commune de Manduel	Décembre 1996	Commune de Manduel	BRLi	Manduel
18	Etude diagnostic de l'assainissement pluvial de Manduel	Avril 2004	Commune de Manduel	SIEE	Manduel
19	Elaboration et diffusion du Plan Communal de Sauvegarde (Risque inondation) de Milhaud	Décembre 2006	Commune de Milhaud	BRLi	Milhaud
20	Zone inondable du Buffalon à Redessan	Août 2004	Commune de Redessan	BRLi	Redessan
21	Etude de l'aléa inondation et cartographie des zones inondables sur les secteurs Valat de la Reyne et Gallician	Juin 2004	Commune de Vauvert	BRLi	Vauvert
22	Elaboration et diffusion du Plan Communal de Sauvegarde (Risque inondation) de Vauvert	Juin 2005	Commune de Vauvert	BRLi	Vauvert
23	Schéma Directeur d'assainissement pluvial de Vauvert	Février 2008	commune de Vauvert	Ginger	Vauvert
24	Elaboration et diffusion du Plan Communal de Sauvegarde de Vergèze	Mai 2008	Commune de Vergèze	BRLi	Vergèze
25	Etat actuel des problèmes d'inondation et urbanisation en zone inondable	Janvier 1988	Commune du Cailar	HYDRATEC	Le Cailar
26	Elaboration et diffusion du Plan Communal de Sauvegarde (Risque inondation) de Marguerittes	Décembre 2006	Commune Marguerittes	BRLi	Marguerittes
27	Etude de caractérisation de l'évènement de Septembre 2005 sur le Vistre	Juillet 2006	DDE30	CETE Med	Toutes
28	Etude générale d'aménagement hydraulique du Vistre-Rhône	Décembre 1992	DDE30	BCEOM	Toutes
29	Schéma hydraulique et de protection contre les inondations commune de Bernis	en cours	Commune de Bernis	SAFEGE	Bernis
30	Atlas cartographique des zones inondées, dégâts et enjeux	Juin 2006	DDE30	SAFEGE	Toutes
31	Atlas des zones inondables des bassins versants du Vidourle, du Vistre et du Rhône	Juillet 2004	DIREN LR	CAREX	Toutes
32	Etude du risque d'inondation par ruissellement torrentiel - Secteur Est	Juillet 1996	Commune de Manduel	BRLi	Manduel
33	Plan d'Actions de Prévention des Inondations sur le bassin du Vistre	Décembre 2006	SMBVV	SMBVV	Toutes
34	Etude hydraulique complémentaire ZAC Cante Perdrix - Note de Synthèse	Janvier 2008	Commune de Manduel	IPSEAU	Manduel
35	R.111-3 - PPR MoyenVistre	Octobre 1994	Préfecture du Gard	DDE30	Toutes les communes du Moyen Vistre
36	CNM - Etudes spécifiques hydrauliques en préalable à l'APD - Le Rieu, Le Grand et Le Petit Campagnolle	Juin 2007	RFF	SAFEGE	Aubord
37	CNM - Rapport d'expertise hydrologique et hydraulique	Octobre 2004	RFF	Experts CNM	Toutes les communes traversées par la future LGV
38	CNM - Etudes spécifiques hydrauliques en préalable à l'APD - Le Vistre	Mars 2007	RFF	INGEROP	Vestric-et-Candiac

N°	Intitulé de l'étude	Date	Commanditaire(s)	Prestataire(s)	Commune(s) concernée(s)
39	CNM - Etudes spécifiques hydrauliques en préalable à l'APD - Le Buffalon, Le Tavernolle et Le Haut Vistre	Juillet 2007	RFF	SIEE	Manduel, Saint-Gervasy, Marguerittes
40	CNM - Etudes spécifiques hydrauliques en préalable à l'APD - Le Rhône	Mars 2007	RFF	SOGREAH	Vergèze, Codognan, Le Cailar
41	SCOT Sud du Gard - Etat initial de l'environnement	Janvier 2005	SCOT Sud du Gard	INEA-BRLi	Le Cailar
42	Aménagement du Valat des Agaous et du Buffalon Amont - Etude hydraulique et d'aménagement	Avril 2001	SIAHTV	BRLi	Lédenon
43	Etude hydraulique dans le secteur de la ZAC des Capitelles	en cours	DDE30?	EGISeau, CEREG?	Nîmes, Milhaud
44	Etude du bassin versant du Buffalon	Avril 2002	SIAHTV	BRLi	Rodilhan, Manduel, Redessan
45	Schéma d'aménagement hydraulique du bassin versant du Rhône	Septembre 2004	SMBVV	BCEOM-ISL	Communes sur le bassin du Rhône (14)
46	Cartographie de la zone inondable du Buffalon à Rodilhan	Juillet 2005	Commune de Rodilhan	BRLi	Rodilhan
47	Etude morphologique du bassin du Vistre	Août 1999	SMBVV	CEDRAT	Toutes
48	Etude hydraulique des bassins versants du Rieu et du Campagnolle	Avril 2001	SMBVV-Commune d'Aubord	CEDRAT	Aubord
49	Schéma hydraulique et de protection contre les inondations commune de Milhaud	en cours	Commune de Milhaud	SAFEGE	Milhaud
50	Etude pour la modélisation et la cartographie des zones inondées Vidourle, Rhône, Cubelle, Razil, Vistre	Décembre 2000	SIABV	BCEOM	Toutes
51	Etude crues du Vidourle "Villetelle à la Mer"	Décembre 2004	Syndicat Vidourle	SAFEGE	Toutes les communes du Bas Vidourle
52	Etude pour un aménagement cohérent et durable des cadereaux	Juin 2008	Ville de Nîmes	EGIS Eau	Nîmes, Caissargues
53	Etude préalable à la pose de repères de crue	Juillet 2009	SMBVV	Hydratec	Toutes
54	Etude hydraulique de restauration du Vistre Vieux Vistre à Vestric et Candiac	en cours	SMBVV	ISL	Vestric
55	Confortement des digues de Codognan	Octobre 2009	SMBVV	ISL	Codognan
56	Etude sur la commune du Cailar	en cours	SMBVV	SAFEGE	Le Cailar
57	Renaturation du Rhône et confortement des digues de Vergèze et Codognan	Janvier 2008	SMBVV	ISL	Codognan
58	Plan de gestion des travaux Vistre	Septembre 2006	SMBVV	SMBVV	Toutes
59	Schéma hydraulique et de protection contre les inondations commune de Caissargues	en cours	Commune de Caissargues	EGIS Eau	Caissargues
60	Etude du risque d'inondation par ruissellement torrentiel	Décembre 1996	Commune de Redessan	BRLi	Manduel

Les études n°31, 33, 35, 53 et 58 ne font pas l'objet d'une fiche de lecture car elles fournissent des éléments de description générale (exemple : PAPI Vistre) ou des données techniques (exemple : plans de récolement, recueil de PHE, atlas cartographique).

2.1 HYDROGRAPHIE ET MORPHOLOGIE

Le Vistre prend naissance sur la commune de Bezouze, en piémont de garrigue, au Nord ouest de Nîmes. Son bassin versant culmine à environ 210 m d'altitude. Il s'écoule dans la vallée de la Vistrenque du Nord Est au Sud ouest, puis atteint la petite Camargue gardoise où il se jette dans le canal de navigation du Rhône à Sète. Il ne dispose donc pas d'un débouché direct à la mer.

La configuration géométrique du Vistre peut être assimilée à une vaste plaine alluviale, bordée de coteaux à forte pente, les Garrigues au Nord, les Costières au Sud.

Au droit du Cailar, au niveau de la confluence avec le Rhône, le Vistre draine un bassin versant de l'ordre de 480 km² pour un linéaire d'environ 36 km. Le Vistre est caractérisé par une pente moyenne de l'ordre de 0,1 à 0,2 %, avec des pentes de l'ordre de 0,5% à l'amont et inférieures à 0,1% dans le secteur aval.

Le Vistre ayant été détourné par le passé de son tracé d'origine, il subsiste des affluents, défluent ou bras morts constituant l'ancien cours d'eau. Parmi les plus importants, principalement à l'aval du Cailar, le Vieux Vistre, le Rhône Vieil ou Vieux Rhône.

On notera la configuration particulière des bassins versants du Vistre et du Vidourle, qui sont adjacents dans leur partie aval, et le fait que l'aval du bassin du Vistre devient le champ d'expansion du Vidourle lorsque des déversements des eaux du Vidourle ont lieu par des déversoirs ou des brèches. Par ailleurs, le territoire de la Camargue gardoise est le champ d'expansion de ces deux cours d'eau, de par sa configuration plate et basse et des débouchés limités sur la mer, et sous influence des débordements du Rhône et des submersions marines.

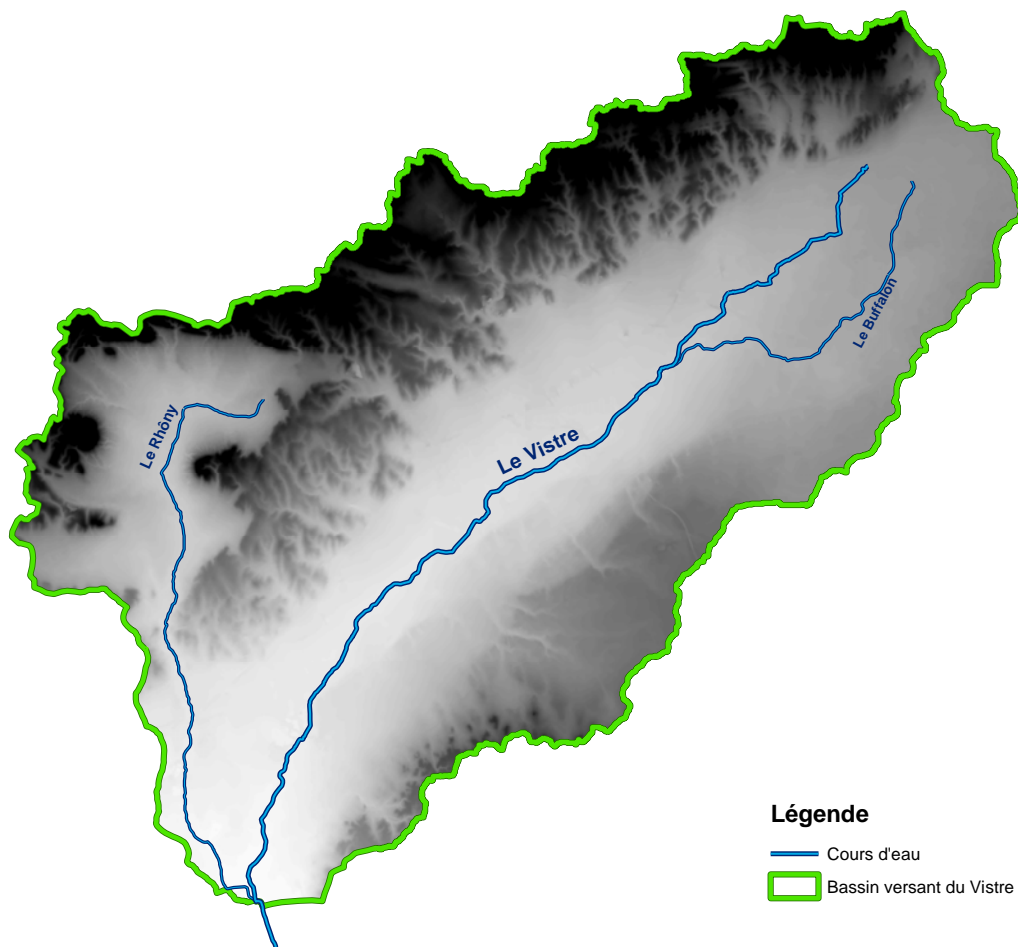
Le réseau hydrographique s'est adapté au relief disparate du bassin versant, constituant ainsi des ruisseaux à fortes pentes, issus des plateaux des Garrigues et des Costières, et des cours d'eau de plaine, à écoulement lentique (Vistre, Rhône et Buffalon).

Les principaux affluents sont d'amont en aval :

- ▶ le Canabou en rive droite,
- ▶ le Massacan en rive gauche,
- ▶ le Bartadet en rive droite,
- ▶ la Chilonne en rive droite,
- ▶ le Buffalon en rive gauche, qui a pour affluent le Tavernolle en rive gauche,
- ▶ les cadereaux de Nîmes, en rive droite :
 - le cadereau du Valladas,
 - le cadereau d'Uzès,
 - le Vistre de la Fontaine,
 - le cadereau d'Alès,
 - le Saint-Césaire,
- ▶ le Campagne en rive gauche,
- ▶ le Grand Campagnolle en rive gauche,
- ▶ le Rieu en rive gauche,
- ▶ le Vallongue en rive droite,
- ▶ le Grand Courant en rive droite, dans lequel se jettent la Pondre, le Valat de Larrière et le Chivalas en rive droite,
- ▶ le Rézil en rive droite,

- ▶ le Gour ou l'Arnasse en rive gauche,
- ▶ l'Arraille en rive gauche,
- ▶ la Lone en rive droite,
- ▶ le Rhône en rive droite, qui constitue le principal affluent, qui a lui-même comme principal affluent le Rhône Vert et le Valat de Calvisson,
- ▶ la Cubelle en rive droite, qui a pour affluent le Razil en rive droite (hors zone d'étude).

Relief du bassin du Vistre.



Source : IGN, 2008.

D'un point de vue orographique, on distingue cinq ensembles caractéristiques du bassin versant : **le plateau des Garrigues, le piémont des Garrigues, la plaine de la Vistrenque, la plaine de la Vaunage et le plateau des Costières.**

- ▶ Le plateau des Garrigues : Le plateau des Garrigues est situé en bordure Nord du bassin versant, à une altitude variant entre 80 et 210 mètres et est constitué de plateaux calcaires karstifiés, d'âge crétacé. On y observe une alternance de bancs calcaires et de couches marneuses imperméables qui forment des collines érodées avec des pentes dépassant souvent 15 à 20%, aux sols pauvres couverts d'une végétation buissonnante résineuse et où la vigne et l'olivier ont été introduits.

- ▶ Le piémont des Garrigues : le piémont des Garrigues est situé le long de la franche Sud du plateau des Garrigues, à faible pente (de 0.5 à 2%). Il est constitué de limons à niveaux caillouteux charriés par les différents ruisseaux et résurgences drainant les eaux de pluies, avant d'atteindre la plaine de la Vistrenque.
- ▶ La plaine de la Vistrenque : La Vistrenque constitue la plaine humide du Vistre, anciennement marécageuse, aménagée à vocation agricole, à fond plat et très étendue d'amont en aval Vistre (pentes souvent inférieures à 0.5%). Elle est formée par des niveaux détritiques du quaternaire dont les plus récents sont des alluvions limono-argileuses hydromorphes situées dans les zones les plus basses constituant les plaines d'inondation du Vistre.
- ▶ Le plateau des Costières : le plateau des Costières, dont l'altitude varie de 40 à 140 mètres, est situé au Sud de la Vistrenque et correspond à un ancien fossé tectonique comblé par de puissantes formations sédimentaires. C'est une zone agricole irriguée où se développent l'arboriculture et la vigne.

La morphologie actuelle du Vistre est directement liée aux aménagements réalisés au XXème siècle : recalibrage et rectification de 1947 à 1948, nettoyage, curage, recalibrage, rectification de 1975 à 1981. Les travaux de recalibrage du Vistre et de ses affluents ont fortement artificialisé leur morphologie, créant un lit à section trapézoïdale uniforme, bien souvent dépourvu de végétation de berge (19 % du linéaire de berge est boisé en moyenne), et délaissant dans le lit majeur son lit originel ou d'anciens bras secondaires

Trois entités morphologiques sont distinguées : **le lit mineur, les berges et les annexes hydrauliques en lit majeur.**

LIT MINEUR

Le lit mineur, rectifié et recalibré, présente un profil uniforme à fond plat et aux berges symétriques en matériaux naturels, dont la pente varie entre 45° et 70°. Localement, en fonction des phénomènes d'érosion ou des recalibrages réalisés, la berge peut être subverticale et approcher les 90°.

Ce type de profil est observable :

- ▶ sur le Vistre de sa source à Bezouze à son exutoire dans le canal du Rhône à Sète à l'exception de quelques tronçons au Mas de Coulon entre Nîmes et Rodilhan où le lit présente un faciès partiellement naturel dans les zones boisées et à Rodilhan où la configuration est relativement naturelle ;
- ▶ sur le Rhône de Caveirac à sa confluence avec le Vistre (avec enrochements maçonnés et murs dans la traversée du Cailar et de Caveirac) ;
- ▶ sur le Buffalon de sa source à sa confluence avec le Vistre (avec enrochements et murs à la traversée de Rodilhan).

BERGES

Les berges présentent des pentes généralement très fortes et ont été fortement artificialisées par l'« endiguement » (levée de terre ou merlons) associés aux recalibrages et rectifications du lit.

La situation diffère selon les tronçons :

- ▶ sur le Vistre :
 - de sa source à Bezouze à la confluence avec le Buffalon, le Vistre a été recalibré mais il n'est pas endigué ;
 - de la confluence avec le Buffalon à Vestric-et-Candiac, les berges sont endiguées irrégulièrement, de moins en moins en remontant vers l'amont ;

- de Vestric-et-Candiac au Cailar : les berges sont endiguées sur les deux rives, sans que les débordements de l'une ou l'autre rive ne soient privilégiés (protection des terres agricoles essentiellement) ;
 - sur la partie aval (du Cailar à son exutoire dans le canal du Rhône à Sète, les berges sont relevées d'une hauteur moyenne de 1 à 2 m ; les niveaux de crête respectent une différence qui font que la berge en rive droite est globalement plus haute d'environ 50 cm que la rive gauche et orientent ainsi les débordements en crue vers cette rive gauche ;
- ▶ sur le Rhône :
- de Caveirac au pont de la RD139 à Vergèze, les berges sont endiguées de façon irrégulière (protection des cultures viticoles, dérivations du Rhône de son cours originel) ;
 - de Vergèze au siphon BRL, les berges sont endiguées en rive gauche afin de protéger les zones habitées ;
 - du siphon BRL au pont de l'Hôpital, les berges ne sont quasiment pas endiguées (fort recalibrage du lit par rapport à l'aval) ;
 - du pont de l'Hôpital au Cailar, le Rhône est totalement endigué (à l'extérieur de ses anciens bras et annexes hydrauliques) ;
 - dans la traversée du Cailar (jusqu'à sa confluence avec le Vistre), les berges sont artificialisées et surmontées de murets contre les inondations ;
- ▶ sur le Buffalon :
- sur la partie amont (de sa source à Redessan), le Buffalon a été recalibré mais n'a pas été endigué.
 - sur la partie aval, les berges sont partiellement endiguées ou artificialisées dans la traversée de la zone urbaine de Rodilhan.

ANNEXES HYDRAULIQUES EN LIT MAJEUR

Les annexes hydrauliques observables aujourd'hui ne sont pas dans un état naturel du fait des aménagements réalisés dans le passé. Elles sont constituées :

- ▶ d'anciens bras secondaires, généralement déconnectés du lit principal,
- ▶ d'anciens méandres du lit principal du Vistre, abandonnés à la suite des rectifications.

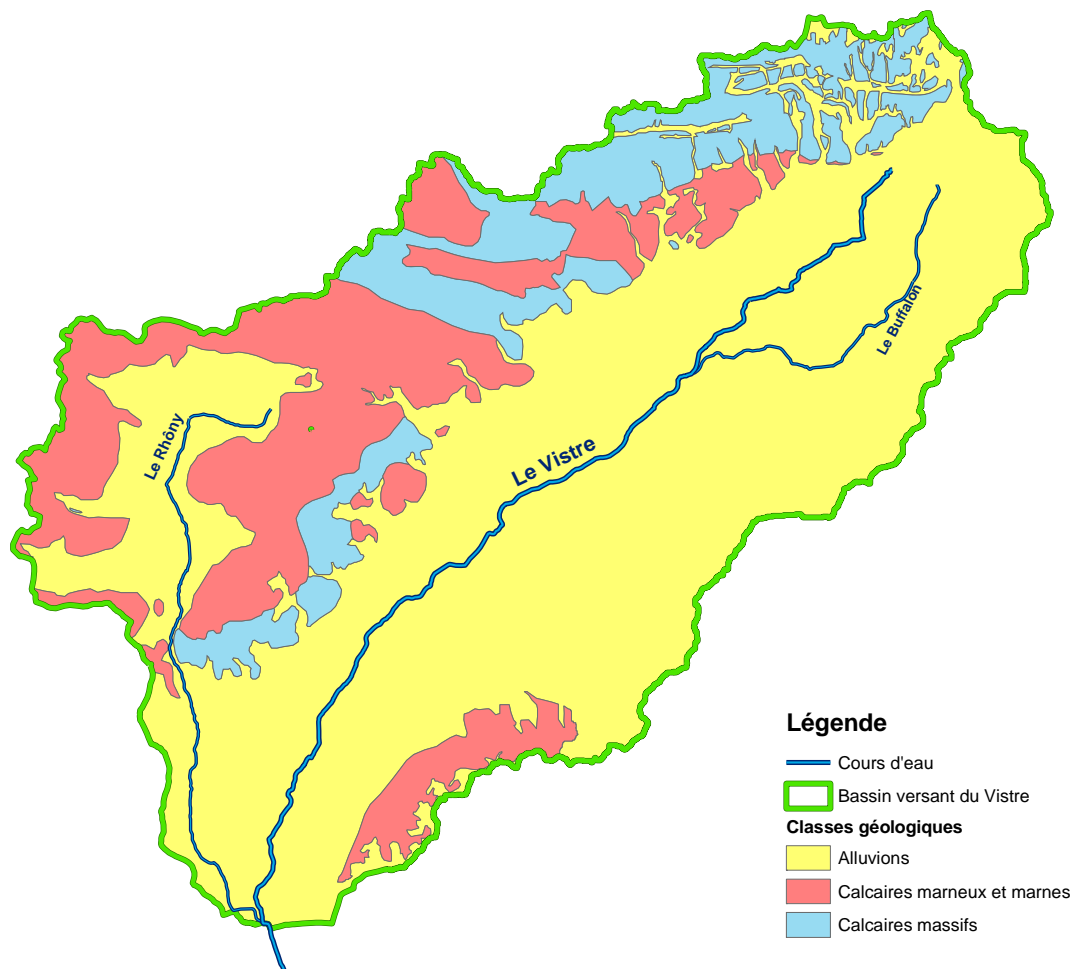
Dans la plupart des cas, les annexes hydrauliques sont déconnectées du Vistre à l'exception des tronçons où la confluence d'un ancien bras avec le Vistre coïncide avec la confluence d'un affluent (exemples : Grand Courant, Vieux Vistre).

2.2 NATURE ET OCCUPATION DU SOL

2.2.1 Entités géologiques

L'ossature dominante du bassin versant du Vistre est composée de trois types de formations du substratum : **les formations crétacées (calcaires massifs), les formations du Pliocène (calcaires marneux et marnes) et les formations quaternaires récentes (alluvions).**

Formations géologiques du bassin du Vistre.



Source : BRGM.

FORMATIONS CRETACEES : CALCAIRES MASSIFS

La bordure nord est composée principalement de massifs calcaires du crétacé (Hauterivien et Barrémien) formant des collines (domaine des garrigues) surplombant la plaine de la Vistrenque.

Ces dépôts d'origine marins ont été plissés au Tertiaire (phase Pyrénéenne) et sont bordés au sud par la faille de Nîmes d'axe sud-ouest / nord-est.

Ces formations crétacées sont fortement karstifiées et incisées par de nombreux thalwegs orientés nord-sud pour la plupart.

FORMATIONS DU PLIOCENE : CALCAIRES MARNEUX ET MARNES

La zone sud est composée principalement de cailloutis villafranchiens d'origine fluviatile (Rhône) affleurant principalement sur les Costières de Nîmes dans un axe sud-ouest/nord-est (Vauvert-Meynes).

Ces formations détritiques composées principalement de galets et de graviers se trouvent plongées dans une matrice de sables, de limons, d'argiles et de calcaires. Elles se caractérisent par une forte altération qui donne cette couleur ocre typique (« paléosols rouges ») et sont organisées aujourd'hui en structures tabulaires à faible pente vers le nord.

L'épaisseur de ces cailloutis peut atteindre jusqu'à environ 50m sous les alluvions récentes du Vistre (sondage 5.83) et s'amincir vers l'axe central des Costières laissant à l'affleurement les marnes bleues du Plaisancien (Pliocène inférieur), les sables marins de l'Astien et des dépôts lagunaires marneux. Il est noté que les puechs dominant les Costières sont constitués à leur sommet de cailloutis vraisemblablement rattachés au domaine Durancien avec un pendage orienté vers le sud (flanc sud de la forme anticlinale des Costières). Ces formations anté-villafranchiens semblent être un paléo-relief qui a contenu les dépôts des cailloutis rhodaniens vers le nord.

FORMATIONS QUATERNAIRES RECENTES : ALLUVIONS

La partie centrale de la zone d'étude est occupée par le fossé de la Vistrenque, composée principalement d'alluvions récentes (limons gris à dominance calcaire).

Des formations de piedmont se sont mises en places au sud des plateaux calcaires remplissant progressivement les dépressions de la Vistrenque.

Enfin il est observée dans la zone d'étude une couverture lœssique de faible épaisseur (généralement <1m) constituée principalement de limons sableux, calcaires et argileux. On retrouve ces formations en couverture sur les cailloutis villafranchiens

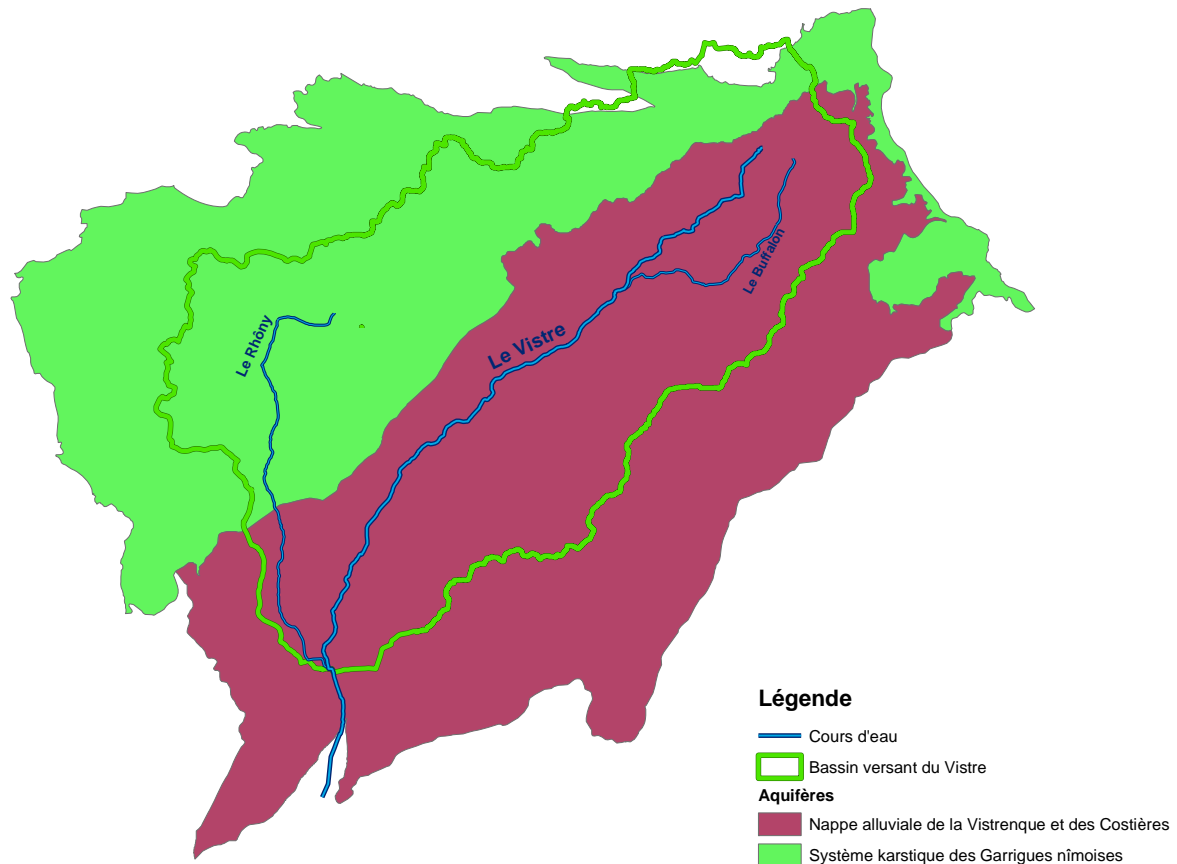
Concernant la tectonique de la zone d'étude, elle se traduit principalement par des mouvements affectant les terrains au Quaternaire avec un enfoncement de la Vistrenque et de la Ria camarguaise et une surélévation des Costières. Ces éléments tendent à conforter la thèse d'une structure générale des Costières en anticlinal dont l'axe central s'orienterait entre Bellegarde et Vauvert.

Les caractéristiques géologiques des sols seront prises en compte dans le cadre des analyses hydrogéomorphologique et hydrologique.

2.2.2 Entités hydrogéologiques

Deux masses d'eaux souterraines influent sur le comportement hydrologique du bassin versant superficiel du Vistre : **la nappe alluviale de la Vistrenque et des Costières et le système karstique des Garrigues nîmoises.**

On notera que le système karstique des Garrigues du Gard intersecte également la zone d'étude d'un point de vue géographique mais cet aquifère n'est pas connecté avec le bassin superficiel du Vistre.

Formations hydrogéologiques du bassin du Vistre.

Source : AE RMC.

LA NAPPE ALLUVIALE DE LA VISTRENQUE ET DES COSTIERES

Source : SMNVC (SAGE, 2006).

Cet aquifère est constitué de cailloutis d'âge villafranchien (fin tertiaire - début quaternaire) d'environ 5 à 20 mètres d'épaisseur, sur une superficie de 540 km², recouvert de limons sous la plaine de la Vistrenque et affleurant sur les Costières. La réserve naturelle d'eau est estimée à 50 à 100 millions de m³. L'alimentation de ces nappes est réalisée essentiellement par infiltration des eaux de pluie mais aussi par l'eau souterraine des calcaires karstiques des garrigues nîmoises. La recharge saisonnière est très variable, avec une moyenne de 8 à 10 millions de m³.

Ce sont, globalement, des nappes proches de la surface donc assez faciles d'accès : ces eaux ont de multiples usages (eau potable, irrigation, industrie, forages privés). En contrepartie, elles sont très vulnérables et subissent une pollution nitratées d'origine agricole depuis environ 20 ans. A ce titre, elles ont été classées "zone vulnérable" par la Directive Nitrates.

La nappe phréatique de la Vistrenque accompagne le Vistre et s'écoule dans la direction Nord-Est/Sud-Ouest. Elle peut être localement captive, notamment dans la moitié amont de son bassin versant (en amont de Candiac) et dans la partie aval (aval du Cailar). La seule zone où des échanges seraient possibles entre la nappe et le Vistre serait entre le Cailar et Candiac. Cependant, le colmatage du cours d'eau pourrait limiter les échanges.

LE SYSTEME KARSTIQUE DES GARRIGUES NIMOISES

Cet aquifère d'une superficie de 410 km² joue un rôle important dans la genèse des crues et alimente notamment la Fontaine de Nîmes.

Lors des crues, l'écoulement de la Fontaine de Nîmes apparaît en majorité issu des eaux nouvelles infiltrées dans le système karstique (de 54 à 73% d'après les estimations ponctuelles réalisées).

La contribution du karst aux crues dépend du degré de saturation de l'aquifère.

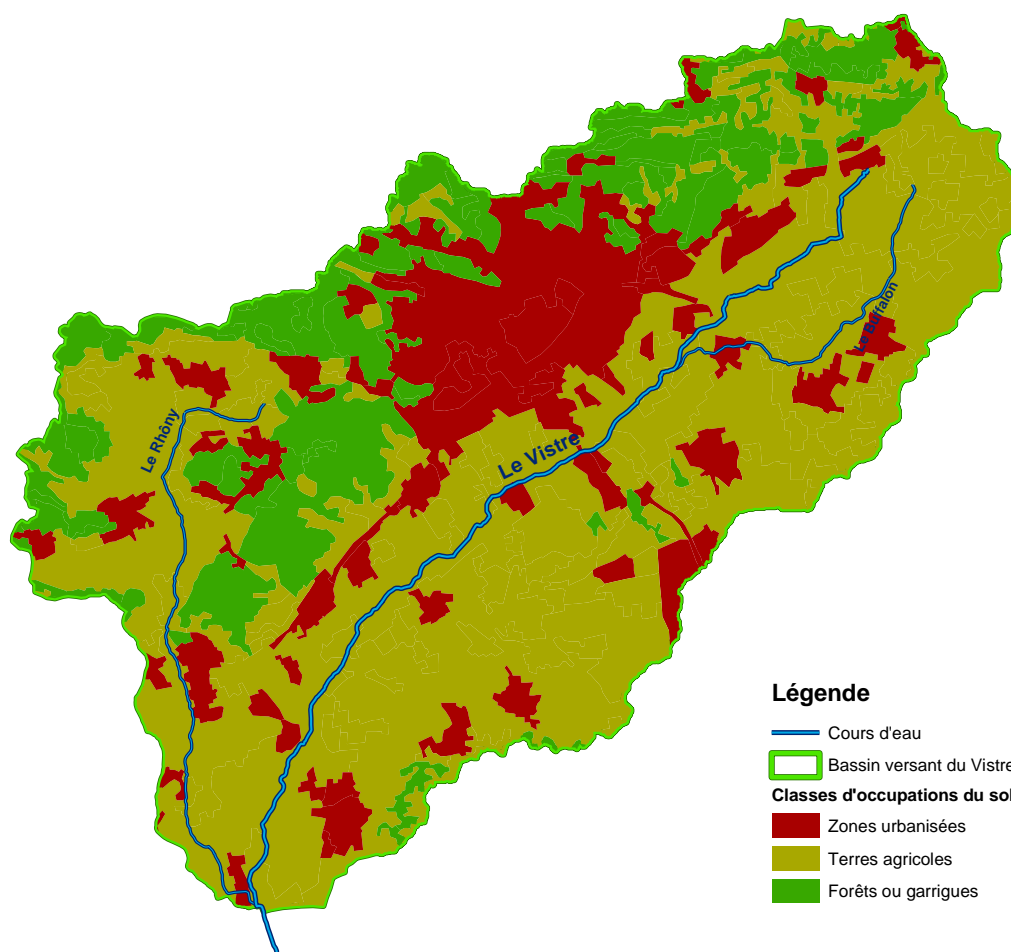
En octobre 1988, les nappes des Garrigues, déjà gonflées par des infiltrations consécutives aux pluies de septembre, n'auraient stockées que 4 à 4 200 000 m³ d'eau, et celles du piémont, alimentées en partie par celles des Garrigues, auraient emmagasiné 300 000 m³ d'eau au maximum. Avec une rétention totale inférieure à 4 500 000 m³, les nappes souterraines ont incontestablement tamponné partiellement l'inondation, mais les trois quarts des précipitations sont restées en surface (source : *Nîmes, le 3 octobre 1988, édition ville de Nîmes*).

En septembre 2005, le premier épisode pluvieux du 6 septembre a saturé le karst provoquant une baisse de rétention de la capacité du bassin versant, ce qui a induit, lors du second épisode du 8 septembre, une aggravation de la crue (source : *Analyse hydrogéologique de la contribution de l'eau souterraine à la crue éclair des 6 et 8 septembre 2005 à Nîmes – Maréchal et al., 2009*).

2.2.3 Occupation du sol

La répartition spatiale de l'occupation du sol, s'étage sur un axe Nord-Ouest – Sud-Est perpendiculaire au cours du Vistre. La rive droite est sensiblement marquée par les garrigues et les zones urbaines centrées sur l'agglomération Nîmoise. La rive gauche est constituée en majorité de vignobles sur les versants du Plateau des Costières. La zone de plaine le long du Vistre est, elle, principalement occupée par les prairies et friches.

Une analyse détaillée de l'occupation du sol a été réalisée dans le cadre de la présente étude à partir des bases de données issues de Corine Land Cover.

Occupations du sol bassin du Vistre.

Source : IFEN (Corine Land Cover 2006).

La répartition de la superficie du bassin versant étudié (490 km² au total) entre les différents zonages est la suivante :

Type d'occupation du sol	Superficie occupée [km2] (pourcentage de la superficie totale)		
	1990	2000	2006
Zones urbanisées	89 (18%)	94 (19%)	102 (21%)
Terres agricoles	307 (63%)	303 (62%)	294 (60%)
Forêts ou garrigues	93 (19%)	93 (19%)	94 (19%)

Les terres agricoles qui s'étendent dans la plaine de la Vistrenque et dans la plaine de la Vaunage, jusque sur les versants des Costières au Sud et à l'Est, et dans certains vallons fertiles du plateau des Garrigues représentent près de 60% de la superficie totale du bassin versant étudié et ont tendance à régresser face à l'urbanisation croissante.

Les zones urbanisées représentent une part non négligeable de l'occupation des sols (21%), en particulier l'agglomération de Nîmes et la pression démographique forte fait que cette tendance s'est intensifiée au cours des dernières années.

Les zones de forêts et de garrigues couvrent 19% de la surface totale et sont relativement stables. Du fait de caractéristiques de sous-sol karstique, les terres des plateaux de garrigue sont sèches et peu fertiles ; elles ne sont donc pas cultivées et sont recouvertes d'une végétation typique de garrigue.

2.3 CLIMAT ET PLUVIOMETRIE

2.3.1 Caractéristiques hydroclimatiques

Le bassin versant du Vistre est soumis à un climat de type méditerranéen avec des étés chauds et secs, des hivers doux et des épisodes pluviométriques concentrés à l'automne et au début du printemps, avec une influence non négligeable des reliefs cévenols situés dans la partie Nord du bassin versant.

L'analyse des cumuls pluviométriques journaliers sur la période de 1945 à 2009 enregistrés à la station climatologique Météo France de Nîmes-Courbessac montre que :

- ▶ il pleut en moyenne 95 jours par an dont :
 - 34 jours seulement avec une pluie supérieure à 5 mm,
 - 22 jours seulement avec une pluie supérieure à 10 mm,
 - 10 jours seulement avec une pluie supérieure à 20 mm,
 - 6 jours seulement avec une pluie supérieure à 30 mm ;
- ▶ la pluviométrie moyenne interannuelle est de 740 mm/an ;
 - avec une forte variabilité interannuelle : écart-type de 195 mm/an, minimum observé de 422.1 mm/an pour l'année hydrologique 1952-1953, maximum observé de 1213.7 mm/an sur 1995-1996 ;
 - et une forte variabilité intra-annuelle (ou saisonnière) : le cumul pluviométrique interannuel est de 385 mm pour la saison de septembre à février (6 premiers mois) contre seulement 217 mm sur la saison de mars à août (6 derniers mois), le mois d'octobre est le plus pluvieux avec une pluviométrie moyenne de 113.6 mm/mois, le mois de juillet est le plus sec avec 25.9 mm/mois.
- ▶ les pluies journalières maximales (supérieures à 120 mm/j) observées sont :

• 226.8 mm le 12/10/1990,	• 129.3 mm le 26/08/1987,
• 228.0 mm le 03/10/1988,	• 122.8 mm le 20/10/1999,
• 215.1 mm le 06/09/2005,	• 122.1 mm le 02/10/1973,
• 133.7 mm le 08/09/2005,	• 121.8 mm le 20/10/1994.
• 132.4 mm le 24/05/1948,	

Ces pluies très fortes s'abattent sur le bassin versant en un court laps de temps et s'accompagnent de forts ruissellements sur les contreforts qui génèrent ensuite les crues du Vistre et de ses affluents.

Pour mémoire :

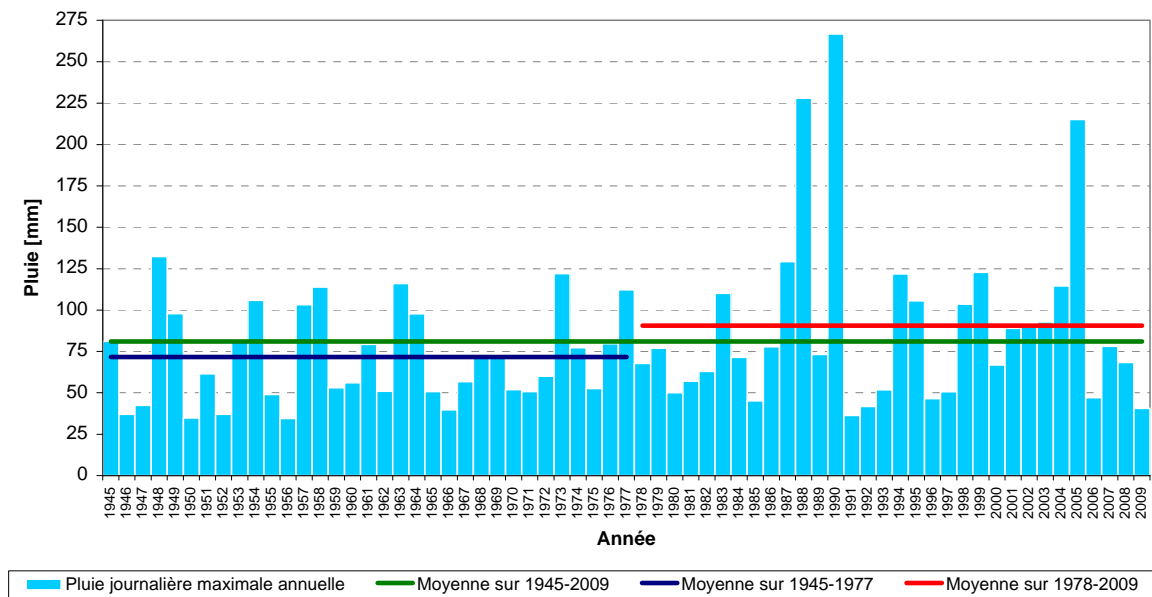
- ▶ 420 mm de précipitations ont été enregistrées à la station Météo France de Nîmes – Mas de Ponge dans la nuit du 2 à la matinée du 3 octobre 1988, dont plus de 220 mm qui se sont abattus en 3h30 (le pluviomètre a débordé) ;
- ▶ 325 mm de précipitations en 24 heures ont été enregistrées à Bernis dans la journée du 6 septembre 2005, dont 267.5 mm qui se sont abattus en 5 heures.

2.3.2 Impact du changement climatique

Le graphique ci-après tend à montrer que le phénomène de fortes pluies s’est intensifié sur les 35 dernières années. On constate en effet que les plus forts épisodes pluvieux se sont produits sur cette période récente.

De plus, la moyenne des pluies maximales journalières calculée sur la période 1945-1977 est de 72 mm (- 9 mm par rapport à la moyenne globale sur 1945-2009, soit 12% de moins) alors que la moyenne sur la période 1978-2009 est de 91 mm (+ 10 mm par rapport à la moyenne globale, soit 12% de plus).

Pluies journalières maximales annuelles à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac sur la période 1945-2009.



Source : Météo France.

Une analyse similaire des températures moyennes annuelles fournit les résultats suivants : la moyenne globale sur 1945-2009 est de 14.5°C ; la moyenne sur 1945-1977 est de 14.1°C (-0.4°C) et la moyenne sur 1978-2009 est de 14.9°C (+0.4°C).

L’impact du changement climatique peut donc être une hypothèse plausible pour expliquer la conjonction des deux phénomènes : « une augmentation de la température moyenne accentuerait les événements hydrologiques extrêmes ». Néanmoins, en l’état de connaissance actuel, les travaux de recherche ne permettent pas de mettre en évidence de tendance généralisée, ni à la hausse ni à la baisse sur le régime des crues (source : Evolution des extrêmes hydrométriques en France à partir des données observées – Renard et al. 2006).

Compte tenu de la disponibilité des données, l’étude statistique des pluies portera sur la période de 1978 à 2009 (cf. § Analyse hydrologique), sur laquelle les événements les plus intenses se sont déroulés.

2.4 AMENAGEMENTS STRUCTURANTS ET OUVRAGES HYDRAULIQUES

2.4.1 Historique des aménagements

2.4.1.1 Le Vistre

Source : SMBVV (site internet, 2009).

DES ORIGINES AU XIXÈME SIÈCLE

Premiers aménagements : XIIème et XIIIème siècles

Anciennement, l'étang de l'Or constituait l'exutoire du Vistre, d'un ancien bras du Rhône et du Vidourle, qui ne pouvaient franchir le cordon littoral.

Les premiers aménagements ont pour objet d'assécher les marais afin d'étendre les terres agricoles. Les cours d'eau sont déviés. Rhône, Vistre et Cubelle forment ainsi un vaste étang poissonneux en aval du Cailar.

Des canaux sont créés pour le commerce et offrent un débouché sur la mer :

- ▶ le **canal de la Radelle** entre Aigues Mortes et l'Etang de l'Or reprend le cours du Vistre,
- ▶ la **Grande Roubine** relie Aigues Mortes à la Mer.

De nouvelles créations de canaux au XVIIème siècle

L'assèchement des marais rendant la navigation difficile, de nouveaux canaux sont créés :

- ▶ le **canal de Beaucaire** relie le canal de la Radelle et Aigues Mortes au Rhône en 1777,
- ▶ le **canal du Vistre** :
 - en 1690 de la Clapière au mas de la Plaine,
 - en 1777 jusqu'à son exutoire dans le canal de la Radelle.

Le déclin des activités liées au Vistre après la Révolution

Les transports se font désormais sur les canaux et par voie routière. La navigation disparaît du Vistre. Les usages de la rivière se réduisent à l'irrigation, à l'abreuvement et à l'évacuation des crues. Son lit n'est plus entretenu.

De nombreux ouvrages de gestion des niveaux d'eau (martelières, etc.) sont ainsi créés pour irriguer les terres, assortis de règlements d'eau.

Les moulins du XVIème au XIXème siècle

Si les grands aménagements n'ont pas affecté les rivières en amont de la basse vallée, la force hydraulique est utilisée, induisant l'aménagement de biefs d'amenée et de décharge au niveau des moulins.

Ainsi, du XVIème au XIXème siècle, près de **40 moulins** battent leur pleine activité sur le Vistre et ses affluents.

DEPUIS LE XIXÈME SIÈCLE : LE CLOISONNEMENT DU BASSIN

Axe de passage important, la plaine de Nîmes est progressivement maillée d'un réseau dense de voies de communication.

Les routes

La RN113 et la route « des canaux » constituent approximativement les limites externes de la plaine inondable du Vistre. L'axe de la **RN113** et de la **RN86** favorise le développement d'unités urbaines contiguës.

De multiples routes transversales sont créées avec des ponts édifiés au XIXème siècle.

Les voies ferrées

Créées vers 1850-1870, ce sont des **voies principales (Montpellier-Avignon, Arles, le Grau du Roi) ou secondaires (St Gilles, Sommières)**.

A noter le projet du contournement ferroviaire Nîmes Montpellier par la ligne grande vitesse qui borde au sud toute la plaine du Vistre.

Les canaux

Le canal Philippe Lamour : construit vers 1965 par la compagnie BRL, il longe la basse vallée et traverse la plaine du Vistre. Le Rhône le traverse en siphon.

Le canal du Rhône à Sète, exutoire du Vistre : il est aménagé à grand gabarit dans les années 1990 et devient infranchissable par le Vistre en crue.

Le constat

Sur une largeur moyenne de 4 km, 5 à 6 voies se partagent la plaine en longeant le Vistre : A9, voie ferrée, routes nationales, chemin « des canaux », canal BRL. Elles constituent autant de cloisonnements hydrauliques lors des crues.

Ces casiers ralentissent les écoulements mais aggravent localement les conséquences des inondations : submersion de voiries secondaires et de bas quartiers.

DEPUIS 1945 : LES GRANDS AMÉNAGEMENTS

Les grands bouleversements de l'aménagement du territoire et du fonctionnement des cours d'eau se produisent après la seconde guerre mondiale.

L'extension urbaine

Nîmes, et la plupart des bourgs dont l'origine date parfois de l'Antiquité, se sont installés en pied de coteaux.

La croissance démographique sans précédent de la région (+70% entre 1940 et 1990) entraîne l'explosion spatiale des zones urbanisées.

Dès les années 1970, les lotissements grignotent l'espace rural et l'urbain s'étale sur des zones inondables, en situation de vulnérabilité.

Des villages s'endiguent pour se protéger contre les inondations, mais les ouvrages empêchent aussi l'évacuation des eaux de ruissellement des coteaux.

Le lessivage pluvial des voiries, les rejets d'eaux usées qui échappent aux traitements chargent les eaux de ruissellement et des rivières de matières polluantes importantes.

Le développement agricole sur des terres humides ou incultes

La création d'un réseau dense de fossés (notamment de fossés profonds drainant la partie superficielle de la nappe) favorise l'extension des terres arables sur les zones humides

Dans les années 1960, le développement de l'irrigation par la compagnie BRL permet l'implantation des vergers et du maraîchage sur les pentes caillouteuses des Costières, génératrices de ruissellements, tandis que la polyculture revient dans la plaine inondable.

Le remembrement qui accompagne ces changements engendre une mécanisation complète et des méthodes de cultures intensives qui augmentent les ruissellements et les apports polluants.

Le recalibrage et la rectification des cours d'eau

Afin d'évacuer plus rapidement les crues et protéger les terres contre les inondations, plusieurs recalibrages de rivières sont réalisés :

- ▶ 1947 – 1948 : la section du Vistre est multipliée par trois, son cours est linéarisé, ses bras annexes sont abandonnés.
- ▶ 1975 – 1981 : nouveau curage et rectification du cours d'eau, les berges sont déboisées et endiguées. Ces ouvrages favorisent la « cabanisation » du lit majeur (reconversion d'anciens bâtiments) et l'implantation de populations en situation vulnérable.
- ▶ 1993 – 1995 : curage du Vieux Vistre au Cailar.

LIMITES DES AMENAGEMENTS ET ORIENTATIONS ACTUELLES

Un constat préoccupant

L'imperméabilisation des sols (liée à l'urbanisation et aux pratiques agricoles intensives) et le drainage des fossés conduisent l'eau très rapidement vers les rivières. Celles-ci, recalibrées, endiguées et linéarisées, évacuent aisément l'eau vers l'aval avec des temps de transfert réduits. Les crues sont amplifiées, générant des pics brutaux et violents.

En cas d'évènements majeurs, la rivière retrouve sa dynamique et reprend ses voies naturelles (notamment ses anciens bras), causant alors des ruptures de digues. Le ressuyage est plus long car les digues empêchent le retour des eaux épanchées vers le cours d'eau.

Par ailleurs, les rivières privées de leur milieu écologique et soumises à de fortes charges polluantes ne fonctionnent plus naturellement et s'eutrophisent (manque d'oxygénation).

Les objectifs actuels, les projets pilotes

Les trois objectifs principaux des futurs aménagements portés par le Syndicat Mixte du Bassin Versant du Vistre sont de ralentir les crues, réduire les pollutions, et restaurer les cours d'eau, afin de reconquérir un fonctionnement plus naturel et dynamique du territoire sur lequel la présence indispensable de l'eau doit être respectée.

Un site pilote de renaturation des berges du Vistre est en cours d'aménagement sur la commune de Bouillargues, entre le Mas des Isles et le Moulin Gazay route d'Arles, sur 2 km.

Deux autres sites sont à l'étude, l'un sur la commune de Nîmes, depuis la station d'épuration, le long du stade de la Bastide, jusqu'à Aubord, sur environ 2 km, et un autre à la traversée de la commune de Vestric et Candiac

2.4.1.2 Le Rhône

Source : Renaturation du Rhône et Confortement des digues de Vergèze et Codognan – ISL pour SMBVV, 2008.

JUSQU'À LA FIN DU XVIII^{ÈME} SIECLE

Jusqu'au XII^{ème} siècle, date vers laquelle commencèrent les premiers travaux d'importance, les eaux du Rhône, affluent du Vistre, se jetaient dans l'étang de Mauguio, situé à l'Ouest d'Aigues-Mortes. A cette époque, l'essentiel de l'activité humaine était concentrée près du littoral, autour des étangs, où les populations développaient la pêche et l'exploitation du sel. Les vallées du Vistre et de ces affluents, notamment le Rhône, étaient vraisemblablement peu peuplées en raison de l'humidité et de l'insalubrité qui y régnaient. Les populations étaient principalement concentrées sur les versants voisins qui ont vu ensuite se développer les principales agglomérations.

Entre le XII^{ème} et le XVI^{ème} siècle, on recense des travaux d'endiguements sur le Rhône pour faire face à la fréquence des inondations. Néanmoins, l'essentiel de ces travaux a été réalisé sur le cours aval du Rhône (en aval du Cailar). Divers travaux seront ensuite menés sur le Vistre du XVII^{ème} au XVIII^{ème} siècle, dont notamment le canal du Vistre, réalisé en étapes entre 1608 et 1777. Au cours des travaux de la deuxième étape (1774 à 1777), on note que l'exutoire du Rhône a été modifié, pour rejeter ses eaux dans le canal du Vistre. Mais, suite aux inondations fréquentes des terres, le Rhône a ensuite canalisé jusqu'à la Cubelle dont la confluence a été déplacée plus en aval.

DU XIX^{ÈME} SIECLE A LA SECONDE GUERRE MONDIALE

Sur cette période, des travaux de curage du Rhône ont été recensés. Le premier a été réalisé en 1858, et s'est étendu également à ses affluents. Le second curage a vraisemblablement été réalisé entre 1935 et 1940. C'est également durant cette période que la voie SNCF a été construite (1850-1870) sur la commune de Vergèze.

De nombreux moulins furent également construits durant cette période. Le Rhône en abritait neuf, tous situés à l'amont de Vergèze. Afin de palier le manque d'eau en période sèche, chaque moulin à eau était couplé avec un moulin à vent.

DE LA SECONDE GUERRE MONDIALE A AUJOURD'HUI

Les travaux réalisés après guerre avaient pour objectif :

- ▶ l'assainissement de nouvelles terres cultivables dans le lit majeur des cours d'eau par rectification et canalisation du lit,
- ▶ la protection contre les débordements fréquents du Vistre et de ses affluents des nouvelles terres agricoles ainsi que des centres urbains en développement en érigeant des endiguements.

Le canal BRL est édifié en 1965. La période de 1975–1981 a vu la principale opération de recalibrage du lit. En parallèle, on observe également durant cette période la construction de l'autoroute A9 et du pont sur le Rhône à Vergèze en 1975.

On note ensuite les modifications suivantes :

- ▶ la construction des premiers bâtiments de la Z.I. située au nord de la RN 113 en rive droite dans l'emprise de la zone inondée de 1988,
- ▶ le remblaiement d'un bras d'écoulement situé en rive gauche du Rhône en aval de la RD139 réalisé afin de constituer une parcelle agricole d'un seul tenant.

- ▶ une première excavation au nord du chemin de Védière dont la surface est de l'ordre de 0,8 ha et la profondeur par rapport au terrain naturel de l'ordre de 1,0 à 1,5 m,
- ▶ une seconde excavation entre la RN 113 et le canal BRL dont la surface est de l'ordre de 2,4 ha et la profondeur par rapport au terrain naturel de l'ordre de 1,5 à 2,1 m.

Suite à la crue de 1988, les communes de Vergèze et Codognan ont mis en place un réseau de digues implantées en rive gauche afin de protéger les secteurs habités contre les inondations. Une ultime opération de recalibrage du lit est réalisée sur la commune de Codognan en 1996. Une étude sur le confortement de ces digues est en cours (SMBVV, ISL).

2.4.1.3 Le Buffalon

Source : Etude morphologique du bassin du Vistre – CEDRAT pour SMBVV, 2000.

DES ORIGINES A LA REVOLUTION

Les besoins en agriculture ont nécessité d'opérer le drainage des terres marécageuses du Buffalon. Ces zones humides des Hautes Terres du Vistre étaient propices à la chasse et à la pêche.

DE LA REVOLUTION A LA SECONDE GUERRE MONDIALE

Peu d'éléments sont disponibles sur cette période. Le Buffalon a pu faire l'objet d'un curage ou d'un entretien comme le Rhône. Aucune intervention globale à l'échelle du linéaire ne semble avoir été réalisée.

Il s'agit d'une époque où les moulins battaient leur pleine activité sur le bassin du Vistre mais on dénombrait seulement deux moulins sur le sous-bassin du Buffalon (Moulin de l'Hôpital sur la commune de Rodilhan et Mas du Moulin sur la commune de Manduel), ce qui atteste de la faiblesse des débits de cet affluent.

DE LA SECONDE GUERRE MONDIALE A AUJOURD'HUI

Peu d'éléments sont disponibles sur cette période. Quelques fossés supplémentaires ont été ajoutés au réseau.

Des fossés ont été créés autour des agglomérations afin d'améliorer la protection des crues : Fossé Sud et Nord à Manduel, Fossé Sud à Redessan.

2.4.2 Ouvrages hydrauliques actuels

De l'amont vers l'aval jusqu'au pont de la RD104, on dénombre 40 ouvrages hydrauliques sur le linéaire du Vistre :

- ▶ sur Bezouze :
 - OH_VIS_01 : pont voie SNCF
 - OH_VIS_02 : pont La Solitude
 - OH_VIS_03 : pont Pierre Ficade
 - OH_VIS_04 : pont RD3b (Mas Saint-André)
 - OH_VIS_05 : sur la commune de Bezouze :
- ▶ sur Saint-Gervasy :

- OH_VIS_06 : pont RD3
- ▶ sur Marguerittes :
 - OH_VIS_07 : pont de la Lone
 - OH_VIS_08 : pont du Mas de Brignon
 - OH_VIS_09 : pont de Viécouloures
 - OH_VIS_10 : pont RD135a
 - OH_VIS_11 : pont voie SNCF
- ▶ sur Nîmes :
 - OH_VIS_12 : pont du Mas Florival
 - OH_VIS_13 : pont RD135
 - OH_VIS_14 : pont RD999 (Pont de Car)
 - OH_VIS_15 : pont du Mas de Peyre
 - OH_VIS_16 : pont du Mas du Rac
 - OH_VIS_17 : passerelle amont RN113 (Moulin Gazay)
 - OH_VIS_18 : pont RN113 (Moulin Gazay)
- ▶ sur Caissargues :
 - OH_VIS_19 : pont Moulin de Villard
 - OH_VIS_20 : pont A54
 - OH_VIS_21 : pont RD42
 - OH_VIS_22 : pont de Caissargues
 - OH_VIS_23 : pont du Moulin d'Ours
- ▶ sur Nîmes à nouveau :
 - OH_VIS_24 : pont RD13
 - OH_VIS_25 : pont voie SNCF
- ▶ sur Milhaud :
 - OH_VIS_26 : pont RD262
- ▶ sur Aubord :
 - OH_VIS_27 : pont RD14
- ▶ sur Bernis :
 - OH_VIS_28 : pont de Passinove
 - OH_VIS_29 : pont des Amphoux
 - OH_VIS_30 : pont de Barian (ou des Salesses)
- ▶ sur Bernis :
 - OH_VIS_31 : pont de Foucarand
 - OH_VIS_32 : pont de la Prade (ou des Fious)
 - OH_VIS_33 : pont de l'étang de Vestric
 - OH_VIS_34 : pont RD56 de Vestric (Moulin de Candiac)
- ▶ sur Le Cailar :
 - OH_VIS_35 : pont du Moulin d'Etienne (ou Moulin Pasquier)
- ▶ sur Vauvert :
 - OH_VIS_36 : passerelle du Mas de l'Ausselon
 - OH_VIS_38 : pont RN572 (Moulin de la Levade)
- ▶ sur Le Cailar à nouveau :

- OH_VIS_39 : pont voie SNCF
- OH_VIS_40 : pont RD104

De l'A9 jusqu'à la confluence avec le Vistre, on dénombre 19 ouvrages hydrauliques sur le linéaire du Rhône :

- ▶ sur Vergèze :
 - OH_RHO_01 : pont de Pascalet
 - OH_RHO_02 : pont A9
 - OH_RHO_03 : pont RD139
 - OH_RHO_04 : pont voie SNCF
 - OH_RHO_05 : pont de Pascalet
- ▶ sur Codognan :
 - OH_RHO_06 : pont de la Monnaie
 - OH_RHO_07 : pont de la Monnaie
 - OH_RHO_08 : pont de la Védière
 - OH_RHO_09 : pont de la Monnaie
 - OH_RHO_10 : pont RN113
 - OH_RHO_11 : siphon BRL
- ▶ sur Le Cailar :
 - OH_RHO_12 : pont du Mas Destier
 - OH_RHO_13 : pont de l'Hôpital (RD979)
 - OH_RHO_14 : pont du Clapas
 - OH_RHO_15 : pont RD6572 (Croix de Sang)
 - OH_RHO_16 : pont voie SNCF
 - OH_RHO_17 : pont RD104 (traversée du Cailar)
 - OH_RHO_18 : pont Est (traversée du Cailar)
 - OH_RHO_19 : pont Sud-Est (traversée du Cailar)

De l'amont vers l'aval, on dénombre 24 ouvrages hydrauliques sur le linéaire du Buffalon :

- ▶ sur Bezouze :
 - OH_BUF_01 : pont du Cheval Blanc
 - OH_BUF_02 : pont du Mazet
 - OH_BUF_03 : pont de Pédagouïre
 - OH_BUF_04 : pont des Caubres
- ▶ sur Redessan :
 - OH_BUF_05 : pont de Rastègues
 - OH_BUF_06 : pont du Mas du Sacré-Cœur
 - OH_BUF_07 : pont RD3
 - OH_BUF_08 : pont des Jonquilles
- ▶ sur Manduel :
 - OH_BUF_09 : pont de Boisset
 - OH_BUF_10 : pont amont RD999
 - OH_BUF_11 : pont RD999
 - OH_BUF_12 : pont amont voie SNCF
 - OH_BUF_13 : pont voie SNCF

- OH_BUF_14 : pont aval voie SNCF
 - OH_BUF_15 : pont RD403
 - OH_BUF_16 : pont du Mas du Moulin
- ▶ sur Rodilhan :
- OH_BUF_17 : pont Donadille
 - OH_BUF_18 : pont du Lycée Agricole
 - OH_BUF_19 : pont RD135a
 - OH_BUF_20 : pont RD257
 - OH_BUF_21 : pont de la Vicairesse
 - OH_BUF_22 : pont du Moulin de l'Hôpital
 - OH_BUF_23 : pont RD135
 - OH_BUF_24 : pont du Mas de Peyre

Globalement, ces ouvrages sont dans un bon état structurel. Un entretien régulier est assuré par les équipes techniques du CG30, de la DDTM30, de RFF, d'ASF, de BRL, et les équipes techniques du SMBVV sur les cours d'eau et des fossés de drainage aux abords des ouvrages, ce qui garantit une capacité hydraulique optimale des ouvrages.

Chaque ouvrage a fait l'objet d'une fiche précisant sa localisation, ses caractéristiques géométriques et la cote du fil d'eau. Ces fiches sont fournies dans le cahier de levés topographiques.

LIGNES STRUCTURANTES

Les infrastructures structurant le champ majeur des cours d'eau sont de plusieurs types :

- ▶ Les voiries, voies ferrés et canaux transversaux vis-à-vis des écoulements,
- ▶ Les levées de terre qui ont été réalisées lors des recalibrages et rectifications le long du lit mineur du Vistre , et que l'on ne peut qualifier de véritables digues ; leur vocation n'est pas la protection contre les crues ; compte tenu de leur état actuel dégradé et de leur caractère discontinu et non pérenne, ces ouvrages sont considérés comme transparents vis-à-vis des écoulements de crue de manière à intégrer le risque très probable de formation de brèches,
- ▶ Les digues de protection des zones habitées, qui présentent un bon état structurel et un caractère pérenne : il s'agit des digues de Caissargues, du Cailar et de Codognan.

La prise en compte de ces ouvrages dans le fonctionnement hydraulique du bassin versant est illustrée et détaillée ci-après (cf. § Analyse hydrologique, synthèse du fonctionnement hydraulique).

3. ANALYSE PREALABLE DES CRUES HISTORIQUES

Les informations synthétisées ici sur les crues historiques sont issues de l'analyse des études existantes et des enquêtes auprès des communes.

Les évènements de référence feront l'objet d'une analyse hydrologique poussée en intégrant les données observées disponibles (cf. § Analyse hydrologique).

3.1 LES CRUES DU VISTRE DEPUIS PLUS D'UN SIECLE

Source : SMBVV (site internet, 2009).

Sur le bassin versant du Vistre, ce ne sont pas moins de 37 inondations qui se sont produites en un siècle, essentiellement à l'automne.

Dates	Cours d'eau ou localité inondée
6 et 8 septembre 2005	Vistre – Rieu – Campagnolle
Décembre 2003	Rhône – Vistre
22 septembre 2003	Vistre – Rhône – Rieu - Campagnolle
8 au 9 septembre 2002	Vistre – Buffalon
21 octobre 1999	Vistre – Rhône – Rieu – Campagnolle
Décembre 1996	Vistre – Rhône
Octobre 1990	Nîmes
2 au 3 octobre 1988	Cadereaux - Vistre - Rhône
Janvier 1988	Rhône
Février 1987	Vistre – Rhône
23 août 1984	Cadereaux
26 octobre 1977	Cadereaux – Vistre
1976	Vistre – Rhône
1974	Rieu – Campagnolle
1972	Le Cailar
1967	Rhône
5 novembre 1963	Cadereaux – Vistre – Rhône
1962	Le Cailar
4 octobre 1958	Rhône
1952	Le Cailar
17 novembre 1951	Aubord
10-11 novembre 1951	Vistre
1945	Rhône
1942	Le Cailar
Septembre 1938	Calvisson-Vauvert-Le Cailar
26-27 septembre 1933	Rhône – Vistre
10 septembre 1931	Cadereaux – Vistre
5-6 octobre 1929	Bouillargues
6-7-8 novembre 1928	Vistre (3 inondations)
17 octobre 1920	Inondations générales
1er octobre 1920	Cadereaux
24-25 juin 1915	Rhône – cadereaux
22 septembre 1909	Vistre
1908	Vistre – Rieu – Campagnolle
8-9-10 novembre 1907	Cadereaux – Vistre Fontaine
30 août 1904	Cadereaux
Septembre – octobre 1901	Cadereaux d'Uzès

Plusieurs témoignages attestent également de crues du Vistre plus anciennes encore :

- ▶ 28 novembre 1790 : « Grands dégâts causés par le Vidourle et le Vistre. » ;
- ▶ Octobre 1827 : « Le mois d'octobre fut très pluvieux, les pluies torrentielles provoquèrent une crue extraordinaire de la Fontaine de Nîmes, le Vistre déborda. » ;
- ▶ 29 octobre 1863 : « Une trombe d'eau s'abattit le 29 octobre sur le territoire et particulièrement dans la cuvette naturelle qui porte le nom de Font Calvas. Des dégâts purement matériels signalèrent le passage des eaux dans le faubourg d'Uzès, qui fut de nouveau transformé en torrent impétueux. Mais toutes les précautions avaient été prises pour éviter une catastrophe. Sur un autre point cependant, on avait à déplorer un malheur. On sait qu'il existe à Saint Césaire deux puits qui à l'époque des grandes eaux débordent et forment chacun un ruisseau. Ces deux cours d'eaux traversent la route de Montpellier sur deux points différents et vont se réunir à l'entrée du chemin du Moulin de Vedel, qu'ils longent ensuite jusqu'au Vistre. Ce torrent, démesurément grossi par l'énorme quantité d'eau qui n'avait cessé de tomber pendant plusieurs heures, sortit de son lit et submergea la route et les terres qui le bordent. A ce moment, des personnes montées sur une charrette s'efforçaient, venant du mas Sagniès, de gagner St Césaire ; mais le courant violent eut bien vite fait de culbuter le véhicule et d'entraîner les malheureux. Quatre d'entre eux, dont une jeune fille, furent assez heureux pour s'accrocher aux vignes et regagner à travers mille dangers la terre ferme. Mais deux, nommés André Roux, du mas Sagniès, et Hippolyte Michaud, de St Césaire, perdirent la vie. Il fallut sur un autre point de notre plaine, à Caissargues, envoyer deux canots pour procéder au sauvetage de trois hommes qui s'étaient engagés trop avant sur le chemin de St Gilles et que les eaux menaçaient d'engloutir. De tous côtés, on signalait des accidents de même nature, des désastres dont la campagne avait à souffrir. Les plus modestes ruisseaux étaient transformés en rivières impétueuses, renversant tout sur leur passage. » ;
- ▶ 1399 : « Un si grand débordement d'eau causé par les pluies, que la ville en fut presque couverte et inondée. La rapidité des eaux abattit des pans de murs considérables en divers endroits des murailles et des fossés de la ville. L'épouvante générale se mit parmi les habitants. Ils crurent toucher au moment de se voir engloutir par les eaux. »,

(source : extraits de Ménard tome I-III).

3.2 LES CRUES MAJEURES RECENTES

L'année 1985 marque la fin des travaux de recalibrage et de restructuration du Vistre (cf. § Historique des aménagements) ; c'est pourquoi la description des crues historiques ne porte que sur les crues intervenues depuis ces modifications morphologiques conséquentes.

3.2.1 La crue de septembre 2005

Source : Atlas cartographique des zones inondées, dégâts et enjeux, SAFEGE 2006

L'événement des 6 et 8 septembre 2005 a provoqué des inondations impliquant le classement en catastrophe naturelle de 16 communes du secteur d'étude, pour inondations et coulées de boues.

SECTEUR AMONT : DE BEZOUCE A MILHAUD

Les premiers débordements du Vistre ont été observés au niveau du passage sous la RD 135 dite « route des Canaux », sur Marguerittes. La zone de débordement a pris de l'ampleur en aval de la RD999 sur Nîmes et Rodilhan, touchant notamment le pont proche du Mas de Peyre.

Une partie de la RN 113 au niveau de Nîmes est submergée par le débordement du Vistre. En aval de cette route jusqu'à Milhaud, l'enveloppe de la zone inondée se superpose quasiment avec celle définie par le PPRi du Moyen Vistre de 1996. Au-delà de la RN 262 sur Milhaud, la zone inondée est même plus étendue que la limite du PPRi de 1996.

Nîmes, secteur de la Bastide en rive gauche du Vistre (source : SAFEGE, 2006).



Sur ce secteur amont, les débordements en lit majeur ont principalement touché des mas isolés et des ouvrages de type station d'épuration. Les dégâts les plus importants sont dus non pas aux débordements du Vistre mais aux ruissellements importants des collines situées en amont des zones urbanisées : « ruissellements en nappe » venant des coteaux. Les ruissellements, canalisés par des fossés sur les secteurs agricoles ou naturels amont, débordent sur les axes routiers ou niveau des passages busés et atteignent les centres urbanisés avec des hauteurs d'eau et des vitesses importantes. De nombreux dégâts sont alors constatés : hauteurs d'eau importantes dans les rues des centres ville, habitations touchées, bâtiments publics (école à Milhaud notamment), habitants à évacuer et reloger, voiries et ouvrages de franchissement endommagés, érosion de berges, fossés engravés.

A Caissargues, Nîmes et Milhaud, les apports par ruissellement ont été particulièrement dévastateurs. Sur Caissargues, une vague d'eau a été observée le jeudi 8 septembre, acheminée notamment par le Garrigas. Le Mirman a généré de nombreux dégâts sur cette commune.

Caissargues, route de Nîmes (source : SAFEGE, 2006).



DE MILHAUD A VAUVERT

Sur ce secteur médian du bassin versant du Vistre, les dégâts ont été causés par les deux phénomènes : débordement du Vistre et ruissellements importants des collines en amont.

Le débordement du Vistre est généralisé au lit majeur et l'enveloppe de la zone inondée dépasse par endroits la limite fixée par le PPRi de 1996, notamment sur la commune d'Aubord. Cette dernière a été fortement touchée par les apports des ruisseaux du Grand et Petit Campagnolle et du Rieu, qui traversent le centre ville avant de rejoindre le Vistre en rive gauche.

Les communes fortement touchées par des ruissellements de coteaux sont Bernis, Aubord, Nîmes et Milhaud : les apports importants, conjugués à de fortes vitesses ont généré des dégâts importants dans les centres ville et sur les voiries et ouvrages de traversée.

Affouillements sur la Pondre à Milhaud (source : SAFEGE, 2006).



Les dégâts sur la commune de Bernis sont essentiellement dus aux ruissellements des vallats situés en amont : la Vallongue et le Chivallas.

Le Vistre connaît des débordements majeurs à l'amont de la commune de Vestric-et-Candiac, au niveau de l'ancien Moulin de Foucarand nommé aussi le « Pont de la Route du Clou ». Les débordements en rive droite atteignent le bras du « Vieux Vistre » situé en contre bas de l'actuel cours d'eau qui a été déplacé plus haut sur les Costières en 1975. En aval, une brèche ainsi que des surverses se produisent en rive droite du Vistre au droit de la route de la Prade à la Cadenette et des Pépinières BRL. Les écoulements en lit majeur sont alors importants en terme de débits et de vitesses ; les étangs de Vestric sont totalement recouverts. Les apports atteignent alors les bâtiments publics et lotissements de la zone urbanisée. De nombreuses personnes doivent être évacuées et relogées.

Lotissements inondés à Vestric-et-Candiac (source : SAFEGE, 2006).



Lors de la 2^{ème} pointe de crue du Vistre, le jeudi 8 septembre, le pont de la RD 139 cède et inonde tout le secteur situé en rive gauche du Vistre, y compris le Mas du Vistre, événement inédit jusqu'alors. Ces écoulements ne rejoignent pas le Vistre et inondent la plaine jusqu'au Canal de Rhône à Sète. Les mas de la commune de Vauvert situés en rive gauche sont touchés par ces écoulements. D'après les témoignages, l'usine d'embouteillage Perrier aurait été inondée en rive droite du Vistre par remontée des eaux le long du Canal BRL. Le canal déborde aussi en rive gauche du Vistre, au droit du giratoire RD139/RD135.

Pont de la RD 139 - Moulin de Candiac détruit par le Vistre.



Par ailleurs, Beauvoisin et Vauvert sont fortement touchées par les ruissellements de coteaux. Le centre ville de Beauvoisin ainsi que tout le territoire communal est touché par des écoulements forts, provoquant de nombreux dégâts dans des habitations et des chemins. Le centre ville de Vauvert est inondé par le Vallat de la Reyne notamment.

Vauvert, rue des Lilas : pont sur le vallat de la Reyne Station d'épuration de Vauvert (source : SAFEGE, 2006). (source : SAFEGE, 2006).



Au sud de ces deux communes, en bordure de l'étang du Charnier, les hameaux de Galician et Franquevaux sont touchés par les débordements du Canal de Rhône à Sète dont l'écoulement est bloqué par la fermeture des portes du Vidourle.

SECTEUR AVAL : DE BEAUVOISIN A SAINT LAURENT D'AIGOUZE

Deux brèches se produisent au Mas de l'Ausselon (Le Cailar), où le Vallat de la Reyne rejoint le Vistre perpendiculairement.

Plus en aval, au niveau de la RN572 et du pont de la Levade, le Vistre érode fortement la digue en rive droite le 6 septembre. Dans la crainte d'une prochaine rupture, des travaux de renforcement de la digue sont réalisés en urgence le 7 septembre par la commune, ce qui permettra qu'elle résiste à la crue.

Pont de la Levade et RN572 (source SAFEGE, 2006).



Dans la nuit du 8 au 9 septembre, 200 mètres plus au sud, le Vistre ouvre une brèche dans la digue en rive droite, et rejoint le village par l'Est sur ses lotissements.

En aval de la voie ferrée, le Vistre ouvre trois brèches en rive gauche et l'eau s'écoule vers les Pommières.

En aval de la confluence avec le Rhône, le Vistre surverse en rive droite au droit du mas du Vistrhône ainsi que plus en aval.

Tout le secteur aval de la plaine du Vistre se remplit. La fermeture des portes d'intersection du Canal du Rhône à Sète (gestion VNF en vue de la protection des ouvrages) est intervenue dès le début de l'événement le 6 septembre 2005. Les portes ne seront réouvertes qu'après la 2^{ème} pointe de crue le 7 septembre 2005, venant ainsi obturer l'exutoire principal de la zone de confluence Vidourle Vistre.

AFFLUENT LE RHONY

A la traversée des communes de Vergèze et Codognan, les débordements du Rhône sont limités et ne provoquent pas de dégâts importants.

3.2.2 La crue d'octobre 1988

L'évènement du 3 octobre 1988 a surtout touché les communes de Nîmes, Marguerittes, Milhaud, Codognan et Vergèze avec des conséquences catastrophiques pour la Ville de Nîmes.

La délimitation disponible de l'emprise des débordements atteints par le Vistre montre que l'inondation est d'une ampleur comparable à celle de 2005, sans toutefois atteindre les zones urbanisées d'Aubord et de Vestric et Candiac.

Sur le Rhône, la crue est majeure et atteint une partie des zones urbanisées de Vergèze et Codognan.

Au Cailar, la conjonction du Vistre et du Rhône impacte une grande partie de la zone urbanisée.

3.2.3 Autres évènements marquants

LA CRUE DE SEPTEMBRE 2002

8 au 9 septembre 2002 : crue importante sur l'amont du bassin (région nîmoise), qui s'est estompée de manière à ne donner qu'une crue faible en secteur aval. Les apports sont toutefois venus se cumuler aux apports majeurs de la crue du Vidourle sur les basses vallées du Gard.

LA CRUE DE SEPTEMBRE 2003

22 septembre 2003 : c'est une crue importante sur l'aval du bassin sur la plaine des Costières qui a principalement concerné les affluents en rive droite du Vistre (Rieu, Campagnolle et Gour).

LA CRUE DE DECEMBRE 2003

1 au 10 décembre 2003 : inondation de plaine occasionnée par le débordement du Rhône qui a principalement concerné le secteur aval du bassin du Vistre (communes du Cailar et de Vauvert).

3.3 RECENSEMENT ET NIVELLEMENT DES REPERES DE CRUE

Plusieurs bases de données sont disponibles concernant les repères des Plus Hautes Eaux (PHE) atteintes par les crues du Vistre et de ses affluents :

- ▶ des fiches de PHE recensés suite à la crue de 2005 puis nivelés en mNGF (DDTM 30, Hydrologik, 2005),
- ▶ des fiches de proposition d'implantation de repères de crue (Etude pour l'établissement de repères de crue sur le bassin versant du Vistre, identification des sites et conception de repères matérialisés, SMBVV, Hydratec 2009), dont une part reprend les repères recensés suite à la crue de 2005, mais qui identifient également de nombreux autres repères d'autres crues (1988 notamment) et de phénomènes de ruissellement pluvial. Ces PHE ont été intégrés à la campagne topographique programmée dans le cadre de la présente étude, pour être nivelés,
- ▶ des PHE identifiés sur des secteurs localisés, dans le cadre d'études hydrauliques spécifiques, notamment les études réalisées par RFF dans le cadre du projet de contournement ferroviaire de Nîmes Montpellier (CNM),
- ▶ les PHE levés et utilisées dans le cadre des études hydrauliques du Rhône (DDTM 30 1992, SMBVV-DDTM 30 2000, SMBVV 2004, SMBVV 2008)

Ces repères de PHE ont été implantés sur les cartes des crues historiques.

Une analyse critique de la fiabilité de ces repères sera réalisée dans les phases ultérieures de l'étude, lors du calage des modèles hydrauliques. La représentativité de ces repères vis-à-vis des phénomènes de débordement de cours d'eau ou de ruissellement sera notamment examinée.

4. ANALYSE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE

4.1 METHODOLOGIE ET CARTOGRAPHIE

L'atlas hydrogéomorphologique du bassin versant du Vistre a été réalisé en 2004 (DIREN, CAREX) à l'échelle du 1/25000 avec des zooms au 1:10 000 sur fond de plan IGN SCAN 25.

L'objectif de cette phase est double. Il s'agit de :

- ▶ vérifier et préciser à l'échelle du 1:5000 sur fond parcellaire les limites hydrogéomorphologiques existantes,
- ▶ compléter l'analyse (avec une précision du 1:5000 sur fond parcellaire) sur les cours d'eau non couverts par l'analyse existante.

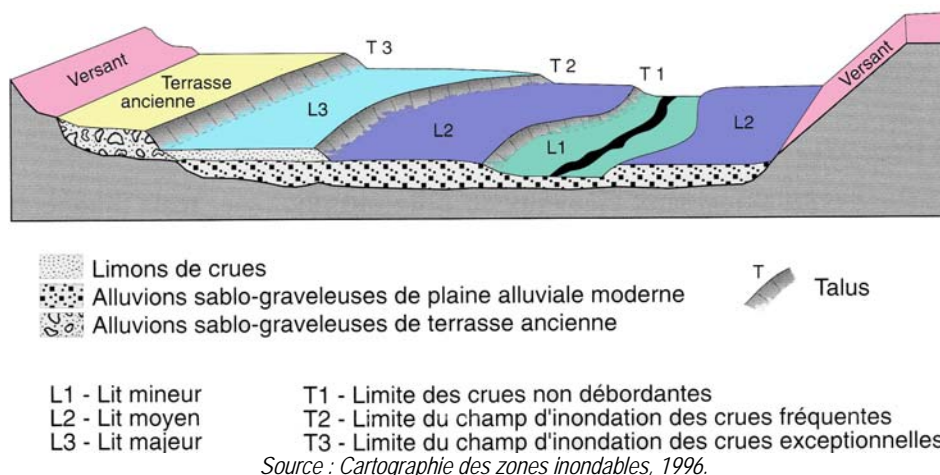
Les données de base utiles à l'analyse géomorphologique et qui ont été exploitées sont les suivantes :

- ▶ carte géologique BRGM au 1:50000 (Nîmes, Arles, Lunel et Sommières),
- ▶ Scan IGN 1:25 000,
- ▶ BD ORTHO, BD PARCELLAIRE,
- ▶ toutes données relatives aux crues observées par le passé,
- ▶ les photographies aériennes disponibles sur le secteur avec un recouvrement suffisant (60%) pour être utilisées en analyse stéréoscopique : campagne du 11 septembre 2002 fournie par la DDE30.

L'application des principes de la géomorphologie fluviale permet de déterminer l'emprise des zones inondables d'un cours d'eau (Masson et al, 1996). L'utilisation stéréoscopique des photographies aériennes permet de déterminer l'agencement des formes fluviales mises en place et ayant évolué avec le cours d'eau auxquelles elles sont attachées.

Le fonctionnement du cours d'eau se traduit dans le paysage par la distinction de différentes unités géomorphologiques que sont les différents lits d'un cours d'eau (lit mineur, lit moyen, lit majeur, lit majeur exceptionnel) et les formes encaissantes de ces lits (terrasses alluviales, formes colluviales, substratum...).

Exemple d'organisation d'une plaine alluviale fonctionnelle.



Cette interprétation des photographies aériennes est ensuite complétée par un certain nombre d'indicateurs qui permettent d'apporter des réponses aux incertitudes identifiées. Ces indicateurs sont relatifs à la géologie, aux observations de terrain et aux enquêtes réalisées.

L'analyse des prises de vues au 1/10 000e complétée par des visites de terrain spécifiques ont permis un report cartographique des unités géomorphologiques sur le fond ortho-parcellaire au 1/5000e.

4.2 COMMENTAIRES

4.2.1 Structures encaissantes

Il est convenu de traiter les formations détritiques des Costières comme une unité de substrat, et de ne plus retenir le terme de « terrasse alluviale » comme utilisé lors de la précédente analyse (Carex 2004). Les **cailloutis villafranchiens** constituent une terrasse alluviale ancienne du Rhône. La considérer comme du substratum se justifie par :

- ▶ son ancienneté, à l'origine d'une évolution morphodynamique complexe, assimilable à des formations de substratum ;
- ▶ L'intérêt de considérer la Costière comme une terrasse alluviale disparaît dans la mesure où elle ne joue plus de rôle dans le fonctionnement de la plaine alluviale du Vistre. Cette structure de cailloutis est en effet déconnectée du champ majeur du Vistre, suite notamment à l'évolution tectonique de la région (exhaussement de la Costière et enfoncement de la Ria camarguaise et de la Vistrenque).
- ▶ Cette terrasse ancienne est aujourd'hui drainée vers le nord par les affluents rive gauche du Vistre et vers le sud par les affluents du Rhône. Il s'agit de considérer au sein de la Costière les formes qui conditionnent l'écoulement et l'extension des eaux qui rejoignent le Vistre. Les cailloutis villafranchiens jouent le rôle de substrat pour ces affluents du Vistre.

Parmi les **formes colluviales** cartographiées de la zone d'étude, celles définies au sud-ouest de la Costière correspondent principalement aux sables astiens (Pliocène). Cette formation stratigraphique anté-villafranchienne se trouve aujourd'hui à l'affleurement sur les flancs nord des puechs situées sur les communes de Générac, Beauvoisin et Vauvert. Ces sables astiens non indurés présentent des pentes instables ; ils sont soumis à une érosion intense et peuvent être le lieu de glissements de terrain suite à de fortes pluies (Beauvoisin crues de septembre 2005).

4.2.2 Plaines alluviales

Pour les champs d'inondation définis par l'approche hydrogéomorphologique, il a été repris la plupart des entités définies par Carex. La plaine alluviale fonctionnelle du Vistre a été précisée à l'échelle cadastrale.

L'analyse antérieure a été complétée sur les affluents du Vistre non traités par l'atlas hydrogéomorphologique existant, en traitant les bassins versants dont la surface est au moins supérieure à 1 km².

4.2.3 Ruissellements

Sur certains bassins versants descendant des Costières, des zones de **ruissellement en nappe** ont été identifiées, le plus souvent en milieu agricole, et caractérisées par de faibles pentes vers le nord.

L'étude des photos aériennes combinée aux visites de terrains a permis d'identifier certains indicateurs de la mise en place de ce ruissellement en nappe : le remembrement de certaines parcelles, la disparition ou l'absence de plaine alluviale marquée, la réalisation de drains artificiels et le manque de développement d'un couvert végétal.

Enfin ce phénomène est accentué par la présence de structures anthropiques transversales qui favorisent les débordements en cas de fortes crues : routes, chemins, fossés, diguettes,... Cette analyse s'est appuyée également sur le retour d'expérience des crues récentes (notamment en 2002, 2003 et 2005).

A la faveur de l'augmentation de la pente dans certains secteurs (Nîmes sud, Milhaud sud, Aubord et Vauvert), des zones de concentration des eaux de ruissellements ont été identifiées et cartographiées en formes alluviales, bien que ce ruissellement ne génère pas a priori de hauteurs d'eau importantes (pas de forme alluviale visible bien marquée).

Les limites de ces secteurs restent toutefois relativement imprécises. Dans les zones de ruissellement, des phénomènes localisés de mise en vitesse et d'accumulation des eaux peuvent se produire et inversement dans les zones de concentration cartographiées en formes alluviales, les conditions hydrauliques amont ne sont pas forcément réunies pour engendrer une lame d'eau importante.

Dans ces zones de fonctionnement hydraulique complexe, dans certains secteurs à enjeux, la cartographie a pu être précisée dans la mesure du possible en utilisant la topographie du champ majeur du Vistre et de ses affluents levée par LIDAR, mais sur de nombreux autres secteurs, le risque inondation reste cartographié en **ruissellement en nappe**.

5. CARTOGRAPHIE ET ANALYSE DES ENJEUX URBAINS

5.1 METHODOLOGIE

Les enjeux urbains ont été identifiés dans l'emprise de la zone inondable du Vistre et de ses affluents, définie par l'approche hydrogéomorphologique : en lits mineur, moyen et majeur et majeur exceptionnel des cours d'eau, mais aussi dans les zones de ruissellement pluvial ou agricole en nappe.

La « tache urbanisée » (centre urbain et zone d'habitat continue) a été délimitée dans son ensemble, c'est-à-dire également en dehors de la zone inondable, de manière à avoir une approche globale des enjeux urbanistiques de la commune.

L'analyse a consisté à délimiter :

- ▶ le zonage de l'occupation du sol et les enjeux ponctuels vulnérables vis-à-vis des inondations, **en l'état actuel de l'urbanisation**.
- ▶ les projets d'urbanisation prévus à plus ou moins long terme sur chaque commune.

Les investigations s'appuient sur :

- ▶ une analyse détaillée des documents existants : SCAN 25 ® 2008 (source : IGN), BD CARTHAGE ® 2008 (source : IGN), BD ORTHO ® RGE, 2008 (source : IGN), BD PARCELLAIRE ® Vecteur RGE, 2008 (source : IGN), études spécifiques de type PCS ou schéma d'aménagement communaux, base de données enjeux urbains DTRM30, base de données SIG étude des dégâts de la crue de 2005 (DDE30, SAFEGE 2006), recherches Internet,
- ▶ les enquêtes menées auprès de chacune des communes (les informations concernant les enjeux font l'objet de points spécifiques abordés dans les questionnaires fournis en pièce jointe),
- ▶ des visites de terrain : des visites de terrain spécifiques aux enjeux ont été menées en mars 2010.

5.2 TYPOLOGIE DES ENJEUX URBAINS

5.2.1 Zonage de l'occupation des sols

La typologie du zonage de l'occupation des sols retenue pour la cartographie des enjeux est la suivante :

- ▶ Espace urbanisé :
 - Centre urbain dense : secteur de cœur historique et de faubourgs présentant une continuité bâtie et une mixité des usages entre logements, commerces et services,
 - Habitat résidentiel collectif,
 - habitat résidentiel pavillonnaire,
 - habitat résidentiel diffus,

- habitat léger (camping ou gens du voyage),
 - Zone d'activité (commerciale, artisanale ou industrielle)
 - équipement divers (zones de loisir, stades, cimetières, etc),
 - zone mixte mélangeant l'activité et l'habitat.
- Espace de développement futur : espaces de développement futur figurant dans les P.O.S. ou P.L.U., ou mentionnées dans un projet de P.L.U. arrêté par délibération du Conseil Municipal.

5.2.2 Enjeux urbains ponctuels

Enjeux ponctuels stratégiques

Il s'agit d'établissements participant à la gestion de crise (ils peuvent être situés en dehors de la zone inondable) : mairie, pompiers, gendarmerie,...

Enjeux ponctuels sensibles

Ce sont les établissements recevant du public (ERP) sensible : écoles, maisons de retraite,...

Autres enjeux ponctuels

Ce sont les autres ERP (salles polyvalentes,...), les équipements participant à la gestion de l'environnement (STEP, château d'eau...), les activités polluantes ou gênantes vis-à-vis de l'écoulement des crues (déchetterie,...), les lieux d'hébergement (hôtels, chambres d'hôtes...), les activités ponctuelles remarquables (usines, commerces, caves coopératives,...), les édifices ou sites de richesse patrimoniale ou environnementale (lieux de culte, monuments historiques, sites classés ou protégés, ...).

Habitat isolé

Ce sont les habitations situées en dehors de la ou des taches urbaines (analyse menée uniquement en zone inondable et zone de ruissellement).

5.2.3 Enjeux linéaires

Les enjeux linéaires comprennent :

- Les voies de communication principales et vulnérables situés en zone inondables ont été identifiées : autoroutes, routes, voie ferrées, canaux d'irrigation,...
- Les digues de protection des lieux habités (à Caissargues et au Cailar)
- L'enjeu futur que constitue le tracé de la Ligne Grande Vitesse de contournement ferroviaire Nîmes Montpellier.

5.3 CARTOGRAPHIE DES ENJEUX URBAINS

Les enjeux sont cartographiés au 1/10000^e sur fond de plan cadastral numérisés disponibles.

La base de données SIG correspondante est organisée de la manière suivante :

OBJET	Champs attributaires renseignés			
	CODE	CATEGORIE	TYPE	LIBELLE
Surfacique	1F1	Espace urbanisé	Centre urbain dense	Centre urbain dense
Surfacique	1F2	Espace urbanisé	Habitat résidentiel collectif	Habitat résidentiel collectif
Surfacique	1F3	Espace urbanisé	Habitat résidentiel pavillonnaire	Habitat résidentiel pavillonnaire
Surfacique	1F4	Espace urbanisé	Habitat résidentiel diffus	Habitat résidentiel diffus
Surfacique	1F5	Espace urbanisé	Habitat léger (camping, gens du voyage...)	Habitat léger (camping, gens du voyage...)
Surfacique	1D1	Espace urbanisé	Zone d'activité	Nom de la zone d'activité
Surfacique	1D2	Espace urbanisé	Equipements divers (zones de loisir, stades, cimetières...)	Nom du lieu
Surfacique	1D3	Espace urbanisé	Zone mixte	Nom du lieu
Surfacique	PRO1	Espace de développement futur	Projet d'urbanisation intégré au PLU ou POS actuel	Projet d'urbanisation intégré au PLU ou POS actuel
Surfacique	PRO2	Espace de développement futur	Projet d'urbanisation non intégré au PLU ou POS actuel	Projet d'urbanisation non intégré au PLU ou POS actuel
Ponctuel	1A1	ERP stratégique	Mairies, pompiers, gendarmeries, services techniques, etc.	Nom du lieu
Ponctuel	1A2	ERP sensible	Ecoles, maisons de retraite, cliniques, collèges, etc.	Nom du lieu
Ponctuel	1A3	ERP refuge	Foyers, salles communales, gymnases, etc. hors d'eau	Nom du lieu
Ponctuel	1A4	ERP divers	Hébergements, foyers, salles communales, gymnases, etc. non hors d'eau	Nom du lieu
Ponctuel	1D1	Etablissement industriel ou commercial	Caves coopératives, commerces alimentaires, activités diverses, etc.	Nom du lieu
Ponctuel	1B1	Alimentation en eau potable	Châteaux d'eau	Nom du lieu
Ponctuel	1B2	Site de traitement	Stations d'épurations, stations de pompage	Stations d'épurations, stations de pompage
Ponctuel	1B3	Site polluant	Déchetteries	Déchetteries
Ponctuel	1F4	Habitats isolés	Habitats isolés	Nom du lieu
Ponctuel	1C1	Equipement divers	zones de loisir, stades, cimetières, etc.	Nom du lieu
Ponctuel	1C2	Patrimoine	Eglises, mosquées, ruines, arènes, etc.	Nom du lieu
Linéaire	1E1	Voie de communication	Route départementale, nationale, autoroute, voie ferrée	Nom de la voie
Linéaire	1E2	Autre réseau	Digue, canal	Nom du réseau

5.4 ANALYSE DES ENJEUX URBAINS

5.4.1 Généralités

L'agriculture a une place prépondérante sur le bassin versant du Vistre. Elle présente une grande diversité et concerne une population active importante. Globalement on assiste à une baisse du nombre des exploitations mais à un agrandissement des structures d'exploitation. Avec 60% des terres dédiées à l'agriculture, l'occupation du sol sur le bassin versant du Vistre est donc majoritairement à but agricole. (Source : *Etude Morphologique du bassin du Vistre – CEDRAT – août 1999*).

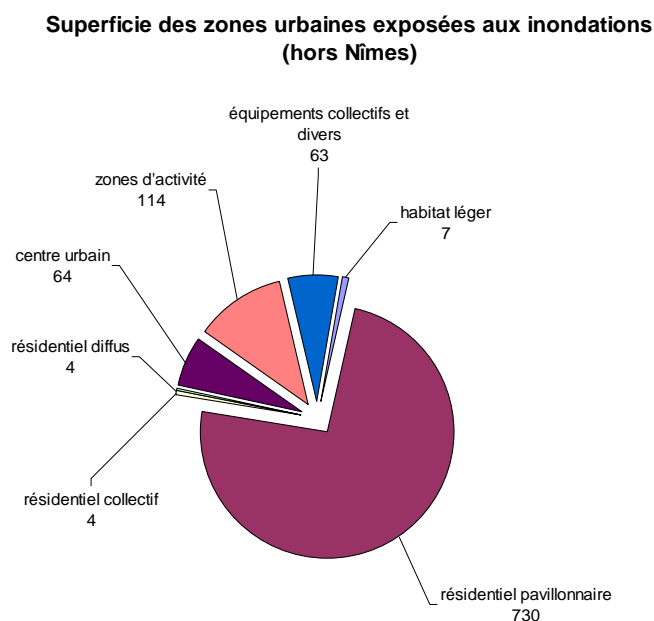
Les principales activités économiques sur le bassin versant du Vistre sont donc liées à l'agriculture avec une grande part de viticulture (38% de la surface agricole) dans la zone des Costières et le Piémont des garrigues. La plaine du Vistre et de la Vistrenque présentent quant à elles une grande hétérogénéité des cultures avec une majorité de grandes cultures et de maraîchage intensif en aval de Vestric. (Source : *Etude Morphologique du bassin du Vistre – CEDRAT – août 1999*).

La partie aval du bassin versant du Vistre constitue une porte d'entrée vers la Petite Camargue et vers certaines villes touristiques comme Aigues Mortes, La Grande Motte ou Le Grau du Roi. Cette même zone est traversée par le sentier de Grande Randonnée GR 653.

5.4.2 Démographie

Cette zone regroupe 231 013 habitants sur un territoire de 490 km², cette population a plus que doublé en un demi-siècle. La plus grosse commune est Nîmes qui compte 147 114 habitants. Viennent ensuite Vauvert avec 11 008 habitants et Marguerittes avec 8920 habitants. Les autres communes comptent moins de 6000 habitants. (Population au 1er janvier 2006 – Source : INSEE)

Les zones urbanisées exposées au risque inondation, **Nîmes mis à part**, représentent 987 ha qui se répartissent de la manière suivante :



Ce sont des zones d'habitat résidentiel pavillonnaire qui sont majoritairement exposées (74%). Certaines zones d'activité sont touchées (12%) (Le Cailar, Codognan, Bernis, Uchaud, Aubord, Caissargues, Bouillargues, Marguerittes et Milhaud), ainsi que quelques centres urbains (7%) (Manduel, Rodilhan, Caissargues, Aubord, Generac, Le Cailar, Codognan, Vestric et Candiac, Bezouze, Bouillargues et Beauvoisin).

5.4.3 Commentaires sur les enjeux par commune

5.4.3.1 Aubord

La commune d'Aubord est très fortement exposée à l'aléa inondation. L'ensemble de la tache urbaine est situé dans le lit majeur des trois cours d'eau traversant la commune : le Vistre, le Grand Campagnolle et le Rieu. De même, toutes les habitations isolées situées en bordure du Vistre sont fortement exposées aux débordements du Vistre.

Les deux départementales traversant le village (D135 et D14) sont également implantées en champ majeur.

Les enjeux futurs se situent au Sud de la zone urbanisée actuelle, sur un secteur touché par des ruissellements en nappe provenant de Générac et peut être de Beauvoisin, qui se reconcentrent notamment sur la route de Beauvoisin.

5.4.3.2 Beauvoisin

Trois lotissements et la partie Est du centre urbain sont exposés au débordement du Gour, pour une superficie de bassin versant inférieure à 1 km². On ne dénombre pas d'enjeux stratégiques ou sensibles dans cette zone. A noter toutefois la présence d'une salle polyvalente, d'une chambre d'hôtes, d'un foyer et d'un temple.

Une zone de projet et un élevage de volaille sont implantés dans le lit majeur du Cabassan.

Le territoire de la commune est également exposé à du ruissellement pluvial en nappe sur les zones aval des 3 principaux cours d'eau (Ariasse, Gour et Cabassan).

Le hameau de Franquevaux est exposé aux crues du Rhône.

5.4.3.3 Bernis

Le Valat de Vallongue traverse la tache urbaine de Bernis ; les enjeux remarquables dans cette zone sont la gendarmerie, les ateliers municipaux et les principales voiries, à savoir l'A9, la nationale et la voie ferrée.

Le Chivalas peut inonder partiellement la zone d'activités ainsi que quelques maisons isolées.

Le lit majeur du Vistre s'étend sur la partie Sud de la commune où l'on recense la station d'épuration et de nombreuses maisons isolées.

5.4.3.4 Bezouze

Le village est situé en bordure de la plaine du Haut Vistre. L'école Notre Dame, la gare, la voie ferrée et les arènes sont situés en limite de la zone de débordement du Vistre.

La zone de ruissellement en limite de plaine du Vistre recouvre la moitié sud du village, on y recense l'école maternelle, l'église et une zone d'implantation future d'une ZAC.

5.4.3.5 Bouillargues

La zone urbanisée est traversée par les ruissellements de tête de bassin du Grand Michel et du ruisseau de la Fontaine.

Les champs majeurs de ces cours d'eau sont plus marqués à l'aval, et interceptés par les routes D57, D346 et D135, avant confluence avec le Vistre. Tout ce secteur aval est concerné par du ruissellement en nappe. On y recense des zones d'activité, un projet d'urbanisation, la station d'épuration.

5.4.3.6 Caissargues

L'ensemble du centre urbain ainsi que le tiers aval de la tache urbaine sont situés en champ majeur du Vistre, derrière la digue de protection. D'autre part, la commune est traversée par le Mirman qui peut inonder plusieurs quartiers pavillonnaires du centre et déborder sur la D135 et la D42. Une école est située dans cette zone.

Les enjeux remarquables concernés sont la police, la mairie, plusieurs salles polyvalentes, deux écoles, l'église, la poste, les services techniques et la station d'épuration.

Le projet de ZAC au Nord Est de la commune est également en limite de la zone inondable du Vistre.

La moitié Nord de la commune est concernée par du ruissellement pluvial où l'on dénombre des habitations isolées, la déchetterie, un espace plein air et plusieurs zones de projet intégrées au PLU.

5.4.3.7 Cabrières

Les seuls enjeux remarquables sont les maisons isolées situées à proximité du Goujac et de la Bastide sur l'aval de la commune, la zone urbanisée étant implantée en tête de bassin versant.

5.4.3.8 Générac

La tache urbaine de Générac est traversée par le Valat de Casseport et le Valat de la Fontaine des Pigeons dont les ruissellements (bassins versants inférieurs à 1 km² sur la quasi-totalité de la zone urbaine) s'étendent sur une grande partie des zones pavillonnaires et du centre urbain. Les enjeux concernés sont la mairie, les services techniques, le centre socio culturel, deux écoles et les arènes de la commune.

Les deux cours d'eau croisent ensuite la voie ferrée, la D139, la D197 et la D14.

A l'Est de la commune le Ruisseau de Barbe Blanche traverse des terres agricoles et peut inonder une partie du lotissement situé à l'extrémité Est de la tache urbaine.

Le Petit et le Grand Campagnolle peuvent inonder plusieurs habitations isolées de la commune et croisent la voie ferrée en limite communale d'Aubord.

5.4.3.9 Lédenon

La commune de Lédenon, située en amont du Vistre, est traversée par le Valat des Agaouts qui se jette dans le Buffalon à l'extrémité Sud de la commune.

Le lit majeur du Valat des Agaouts concerne quelques habitations de zones pavillonnaires, mais seulement sur sa partie amont (bassin versant inférieur à 1 km²), ainsi que quelques habitations isolées. Il intercepte la D223 et la D205.

5.4.3.10 Manduel

La commune de Manduel est traversée par le Buffalon et le Tavernolle dont les lits majeurs s'étendent en partie sur la tache urbaine et le centre urbain. Les enjeux situés dans cette zone (mairie, police, services techniques, salles polyvalentes, école, crèche, STEP, bibliothèque et arènes, cave coopérative, plusieurs lotissements, garage automobile et centre commercial Ecomarché) sont donc exposés à l'aléa débordement de cours d'eau.

Les principales voiries de la commune (D403, D503, D999 et voie ferrée) sont également en zone inondable du Buffalon ou du Tavernolle.

La zone de ruissellement pluvial recouvre la quasi-totalité des lotissements de la tache urbaine.

A noter également quelques habitations isolées à proximité du Buffalon.

5.4.3.11 Marguerittes

Cette commune est traversée par le Canabou dont le lit majeur s'étend sur plusieurs lotissements et le Bartadet qui peut inonder la zone de loisirs (centre aéré, poney club et stade de foot) située à l'est de la commune.

Toute la zone agglomérée est concernée par du débordement (apports provenant de l'amont de l'A9 ou de la zone urbanisée elle-même). De nombreux enjeux sont situés dans cette zone de ruissellement : sapeurs pompier du Gard, école, crèche, station d'épuration et de nombreuses habitations isolées situées sur les terres agricoles dans la partie sud de la commune.

5.4.3.12 Milhaud

La Poudre traverse deux zones d'activités de la commune et la tache urbaine de Bernis, rendant vulnérable l'école maternelle. La piste de karting, la déchetterie et la station d'épuration sont elles-aussi en zone inondable.

La commune est également exposée au ruissellement pluvial qui s'étend sur la quasi-totalité de la tache urbaine.

La voie ferrée, la nationale 113 et la départementale 262 sont concernées par les crues du Vistre.

5.4.3.13 Poulx

La commune de Poulx est très peu concernée par le risque inondation, la zone urbanisée étant située en tête de bassin versant. Le seul enjeu vulnérable est une habitation isolée située dans le lit majeur du Canabou.

5.4.3.14 Redessan

Environ un tiers de la tache urbaine de Redessan est située dans la zone inondable du Buffalon, de même que la décharge municipale, la station d'épuration, la gare SNCF et un grand nombre d'habitations isolées.

La RD3 menant au centre ville de Redessan est exposée.

Le ruissellement pluvial concerne une partie du centre urbain et un lotissement de la tache urbaine, englobant les arènes, le foyer du 3eme âge, l'église, la halle de sport, le stade de foot et de tennis et le cimetière.

5.4.3.15 Rodilhan

Le champ majeur du Buffalon traverse le village D'Est en Ouest. Les équipements municipaux et administratifs ainsi que la station d'épuration, les arènes, le lycée agricole, le groupe scolaire et la cave coopérative sont concernés.

De même, les projets d'urbanisation à la frontière avec Nîmes et d'urbanisation à l'Est de la commune sont situés en zone inondable.

Les routes départementales D135, D257, D999, D135a, D546 sont exposées aux débordements du Buffalon et du Couladou.

5.4.3.16 Saint-Gervasy

Le cours d'eau du Canabou passe en bordure de lotissements pavillonnaires, à l'extrémité ouest de la tache urbaine.

Le Goujac traverse le village du Nord au Sud, à proximité de deux écoles, du foyer socio culturel et d'équipements sportifs.

La station d'épuration est située dans le lit majeur du ruisseau de la Bastide, à l'Est de la commune.

L'autoroute A9, la nationale 86, la voie ferrée et la D6 sont interceptés par ces cours d'eau.

5.4.3.17 Uchaud

Le Rézil traverse l'Ouest du village, les débordements à l'A9 s'étalant en nappe à l'aval.

Le débordement concerne les quartiers sud de la commune, ainsi que les arènes, le foyer municipal, la maison des associations, le jardin des Aires Blanches et le château de Villèle. Le projet d'extension de l'urbanisation de la commune entre le village et la N113 est également dans cette zone de débordement.

Les habitations isolées, les mas agricoles et la station d'épuration situés sur la partie sud de la commune sont dans la zone inondable du Vistre.

5.4.3.18 Vauvert

Les principaux enjeux exposés au risque inondation sont situés dans le lit majeur du Valat de la Reyne qui traverse le Nord de la tache urbaine. On trouve dans cette zone la maison sociale de l'enfance, plusieurs lotissements pavillonnaires, la station d'épuration et de nombreuses habitations isolées.

Toute la zone aval de la commune est concernée par des ruissellement en nappe et les débordements du Vistre, avec de nombreuses habitations isolées.

Le canal BRL, la voie ferrée, la D56 et la D135 sont les principaux enjeux linéaires exposés.

Le hameau de Gallician est concerné par les crues du Rhône et du Valat de la Crosse.

5.4.3.19 Vestric-et-Candiac

Les deux tiers du village sont dans le lit majeur exceptionnel du Vistre et ont d'ailleurs été inondés en 2005. Les enjeux vulnérables de la zone sont les lotissements situés en partie sud, la mairie, l'église, le temple, les services techniques.

En zone inondable du Vistre, on recense les pépinières BRL, la station d'épuration, l'école, les arènes et la déchetterie.

Certains projets intégrés au POS de la commune sont également placés en zone inondable.

Plus au Nord, entre l'autoroute A9 et le centre urbain, la commune est concernée par du ruissellement pluvial atteignant une partie de la zone d'activités et les lotissements du Nord de la tache urbaine.

6. ANALYSE HYDROLOGIQUE

6.1 SECTORISATION EN SOUS-BASSINS VERSANTS

Deux niveaux de sectorisation hydrologique du bassin ont été distingués :

- ▶ un premier découpage en **7 sous-bassins versants principaux** utilisé pour l'analyse spatiale des pluies et la caractérisation hydrométéorologique des événements historiques :
 - Haut Vistre (65 km²),
 - Buffalon (60 km²),
 - Moyen Vistre Amont Nord (105 km²),
 - Moyen Vistre Amont Sud (45 km²),
 - Moyen Vistre Aval Nord (55 km²),
 - Moyen Vistre Aval Sud (70 km²),
 - Rhône (85 km²)



- ▶ un second découpage plus fin en **sous-bassins versants secondaires** utilisé pour le calcul des débits de références en différents points du réseau hydrographique. La carte est fournie en pièce jointe et les caractéristiques morphométriques des sous bassins versants sont fournies en annexe 1.

6.2 ANALYSE PLUVIOMETRIQUE

6.2.1 Réseau de suivi pluviométrique

PLUVIOMETRIE AU SOL

Réseau pluviométrique du bassin du Vistre.



Notation : « HS » pour « Hors Service »

Source : Météo France, SPC GD.

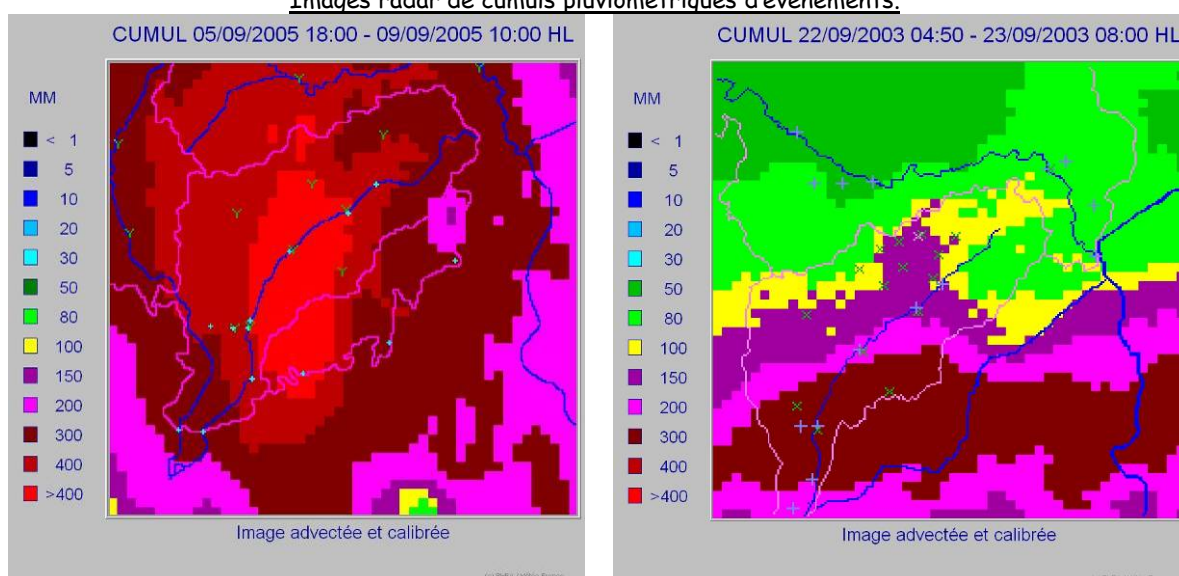
Le réseau de suivi pluviométrique au sol actuel du bassin du Vistre est composé des stations pluviométriques suivantes (14 pluviographes et 10 pluviomètres).

Type	Code	Désignation	Altitude [mNGF]	Disponibilité des mesures
Pluviographe	30036001	Bernis_SPC	16	1994 – 2010 (16 ans)
	30059002	Cailar_SPC	7	1994 – 2010 (16 ans)
	30060001	Caissargues_SPC	22	1993 – 2010 (17 ans)
	30123001	Gallargues_MF	17	1985 – 2010 (25 ans)
	30128003	Générac_SPC	80	1994 – 2010 (16 ans)
	30156001	Marguerittes_SPC	41	1994 – 2010 (16 ans)
	30189001	Nîmes-Courbessac_MF	59	1921 – 2010 (89 ans) *
	30189015	Nîmes-DDE_SPC	50	1980 – 2010 (30 ans)
	30258001	Nîmes-Garons_MF	92	1964 – 2010 (46 ans)
	30212003	Remoulins_SPC	22	1980 – 2010 (30 ans)
	30321002	Sommières_SPC	29	1989 – 2010 (21 ans)
	30249001	Saint-Dionisy_SPC	36	1994 – 2010 (16 ans)
	30341005	Vauvert_SPC	50	1994 – 2010 (16 ans)
	30352002	Villevieille_MF	41	1970 – 2010 (40 ans)
Pluviomètre	30034002	Bellegarde-Balandran_MF	51	1964 – 2010 (46 ans)
	30047001	Bouillargues_MF	57	1974 – 1999 (25 ans)
	30128001	Générac_MF	72	1932 – 2009 (77 ans) *
	30138001	Langlade_MF	90	2001 – 2010 (9 ans)
	30166001	Meynes_MF	71	1965 – 2010 (45 ans)
	30189008	Nîmes-BRL_MF	31	1959 – 1992 (33 ans)
	30189002	Nîmes-Ponge_MF	157	1932 – 2010 (78 ans) *
	30212002	Remoulins_MF	22	1987 – 2010 (23 ans)
	30258001	Saint-Gilles-Asport_MF	72	1963 – 2010 (47 ans)
	30341001	Vauvert_MF	17	1978 – 2007 (30 ans)
	30347001	Vestric_MF	26	1961 – 2010 (49 ans)

* Nombreuses lacunes pendant la période de la Seconde Guerre Mondiale

LAMES D'EAU RADAR

Images radar de cumuls pluviométriques d'évènements.



On dispose également des lames d'eau radar CALAMAR recalibrées et réanalysées *a posteriori* pour les épisodes pluvieux majeurs (le radar est opérationnel depuis octobre 1995) pour les sous-bassins versants au droit des stations limnimétriques du Vistre ainsi que pour ceux du Rhône et du Buffalon (données SPC GD).

COMPARAISON ENTRE PLUIE « RADAR » ET PLUIE « SOL »

Une comparaison des cumuls pluviométriques « radar » (lames d'eau radar) et « sol » (cumul calculé à partir des données enregistrées au niveau des stations au sol du SPC GD) a été effectuée sur les événements de septembre 2005 (du 06/09/2005 06:00 UTC au 09/09/2005 06:00 UTC), septembre 2003 (du 22/09/2003 06:00 UTC au 23/09/2003 06:00 UTC) et septembre 2002 (du 08/09/2002 06:00 UTC au 10/09/2002 06:00 UTC).

Cumuls pluviométriques « radar » et « sol ».

Evènement	Pluie	BV "Limni Vistre Caissargues"	BV "Limni Vistre Bernis"	BV "Limni Vistre Vauvert"	BV "Limni Rhône au Cailar"	BV "Buffalon"
du 8 au 9 sept.02	radar	243.9	202.9	175.2	164.2	268.7
	sol	196.7	166.5	144.7	134.7	227.1
le 22 sept.03	radar	92.2	112.2	132.1	125.8	82.1
	sol	89.0	100.6	116.4	130.4	86.9
du 6 au 8 sept.05	radar	288.1	334.0	365.1	315.7	260.6
	sol	351.9	391.7	397.5	304.0	334.9

Ecart absolu entre les cumuls pluviométriques « radar » et « sol ».

Ecart absolu relatif mm (%)	BV "Limni Vistre Caissargues"	BV "Limni Vistre Bernis"	BV "Limni Vistre Vauvert"	BV "Limni Rhône au Cailar"	BV "Buffalon"	Moyenne
du 8 au 9 sept.02	47.2 (24%)	36.4 (22%)	30.5 (21%)	29.5 (22%)	41.5 (18%)	37.0 (24%)
le 22 sept.03	3.2 (4%)	11.6 (11%)	15.6 (13%)	4.6 (4%)	4.8 (6%)	8.0 (4%)
du 6 au 8 sept.05	63.8 (18%)	57.7 (15%)	32.4 (8%)	11.8 (4%)	74.3 (22%)	48.0 (18%)
Moyenne	38.1 (15%)	35.2 (16%)	26.2 (14%)	15.3 (10%)	40.2 (15%)	31.0 (15%)

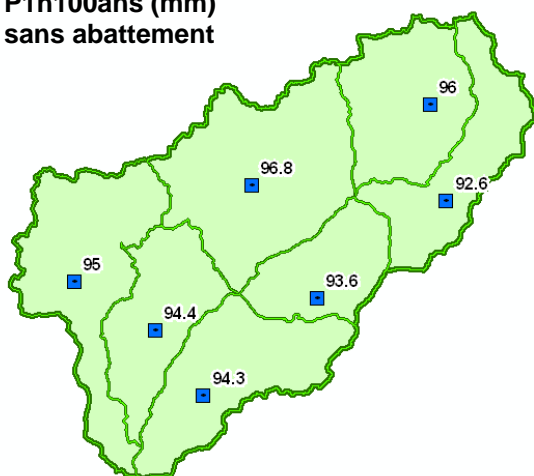
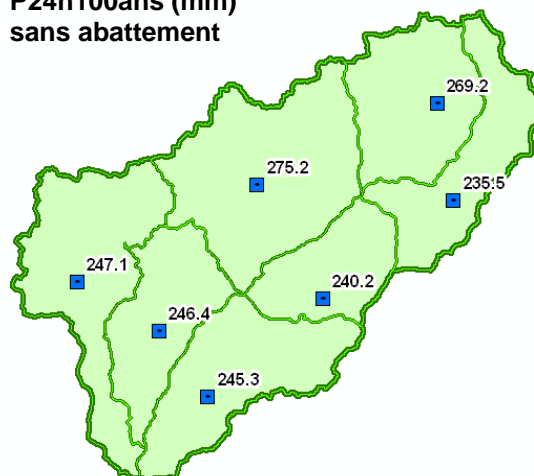
L'écart global moyen entre les pluies « radar » et « sol » est de 15%. On retiendra cette valeur 15% comme ordre de grandeur de l'incertitude sur les mesures radar.

6.2.2 Méthode régionalisée SHYREG

La méthode SHYREG développée par le CEMAGREF permet de s'affranchir des biais introduits dans les analyses statistiques par les phénomènes extrêmes très localisés. La pluviométrie est ainsi lissée et spatialisée par maille de 1 km².

Les quantiles de pluies issus de la méthode SHYREG de période de retour 100 ans et de durées 1h (P1h100ans) et 24h (P24h100ans) ont été collectées sur 6 pixels centrés sur chacun des sous-bassins versants principaux définis précédemment. Il s'agit de valeurs ponctuelles non abattues.

Carte de localisation des pixels SHYREG et valeurs de P1h100ans et P24h100ans associées.

P1h100ans (mm)
sans abattementP24h100ans (mm)
sans abattement

Source : Cemagref - Météo France, 2009 (données extraites de la Climathèque).

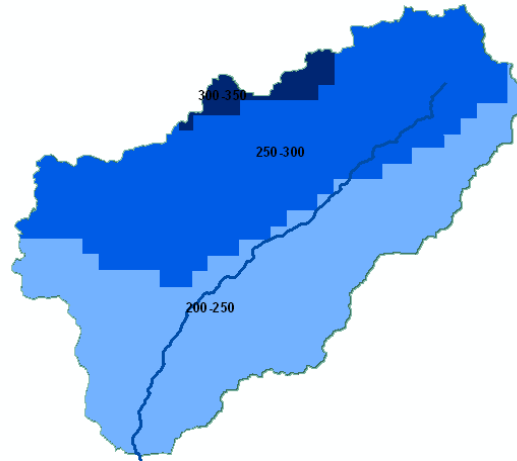
Au regard des cartes ci-avant, on constate que :

- ▶ les valeurs P1h100ans sont relativement homogènes à l'échelle du bassin versant étudié.
- ▶ les valeurs P24h100ans font clairement apparaître une spatialisation de la pluie (gradient Nord-Sud avec un épïcentre au Nord de la ville de Nîmes).

Carte des P24h100ans SHYREG sur le bassin du Vistre.

La carte ci-contre présente les intervalles de P24h100ans SHYREG non abattus pour le bassin du Vistre et met également en évidence le phénomène de spatialisation des pluies.

Il sera donc nécessaire de prendre en compte ce phénomène dans la définition de la pluie de référence.



On dispose également des quantiles de pluies de durée de 1 à 24 heures et de périodes de retour 2 à 100 ans pour un pixel centré sur la Nîmes (source : *Analyse de l'évènement pluviométrique des 6 et 8 septembre 2005 et comportement des barrages du PPCI – CEMAGREF pour la Ville de Nîmes, Octobre 2005*). Les valeurs issues de ce pixel ont servi de référence pour de nombreuses études de la zone d'étude notamment l'*Etude de caractérisation de l'évènement de septembre 2005 sur le Vistre* (CETE Méditerranée, Juin 2006).

Période de retour [ans]	Quantiles de précipitations SHYREG du pixel à Nîmes « PPCI, 2005 » [mm]									
	P1h	P2h	P3h	P4h	P6h	P12h	P24h	P48h	P72h	
2	37.6	46.9	55.0	61.0	69.0	83.5	96.5	108.1	114.2	
5	50.1	60.7	71.0	78.2	89.0	109.0	125.1	139.2	146.4	
10	60.4	71.9	83.8	92.1	105.6	130.6	152.0	168.6	176.2	
20	70.8	83.7	96.5	106.3	123.4	157.0	187.7	208.6	215.6	
50	85.7	99.6	114.0	126.7	152.7	202.9	240.3	270.8	279.4	
100	97.4	111.9	128.4	145.3	180.5	234.5	284.5	315.8	324.8	
500	124.4	143.3	169.7	196.2	236.3	310.7	374.2	412.4	424.4	
1000	136.7	158.7	190.6	219.6	262.1	341.2	410.8	450.5	464.7	

La valeur P24h100ans de ce pixel « PPCI 2005 » est de 284.5 mm.

La valeur P24h100ans du pixel de la grille SHYREG le plus proche de la station de Nîmes-Courbessac (X [mL2E] = 767 000 et Y [mL2E] : 1 875 000) a été extraite de la Climathèque Météo France. Cette valeur est de 286.2 mm.

Les deux valeurs P24h100ans étant quasi-identiques, on assimilera les quantiles SHYREG du pixel « PPCI 2005 » à ceux du pixel de Nîmes-Courbessac, ce qui permettra la comparaison des quantiles de pluies SHYREG à ceux obtenus par les méthodes statistiques usuelles en hydrologie à partir des données de la station de Nîmes-Courbessac.

6.2.3 Analyse pluviométrique classique

STATION METEO-FRANCE DE NIMES-COURBESSAC

Description générale

La station Météo France de Nîmes-Courbessac propose la plus longue série d'observations journalières et horaires de la zone d'étude.

- Latitude : 43:51:30 N
- Longitude : 04:24:24 E
- Altitude [mNGF] : 59
- Date d'ouverture : 04/01/1920
- Date de fermeture : ouverte
- Lacunes :
 - ✓ 472 jours de 1920 à 1926
 - ✓ 1494 jours de 1940 à 1944
- Chroniques complètes :
 - ✓ Pluies journalières depuis 1945
 - ✓ Pluies horaires depuis 1964



Etude statistique des pluies journalières

Sur la base de la chronique complète de pluies journalières de 1945 à 2009 (65 ans), les ajustements statistiques¹ par plusieurs méthodes couramment appliquées en hydrologie ont été réalisés :

- ▶ ajustement de la loi de Gumbel (usuelle en France) sur maxima annuels,
- ▶ ajustement de la loi de Jenkinson (ou GEV) sur les maxima annuels,
- ▶ ajustement de la loi de Log-Pearson III (usuelle aux USA) sur les maxima annuels,
- ▶ ajustement de la loi Exponentielle (ou Fuller) par la méthode du Renouvellement (seuil² : 55 mm),
- ▶ ajustement de la loi de Weibull par la méthode du Renouvellement (seuil : 55 mm).

Le graphique ci-après présente les courbes d'ajustement obtenues par ces différentes méthodes ainsi que les maxima annuels des pluies journalières observés sur la période de 1945 à 2009³ et la courbe d'ajustement de la méthode SHYREG⁴ pour le pixel de Nîmes « PPCI, 2005 ».

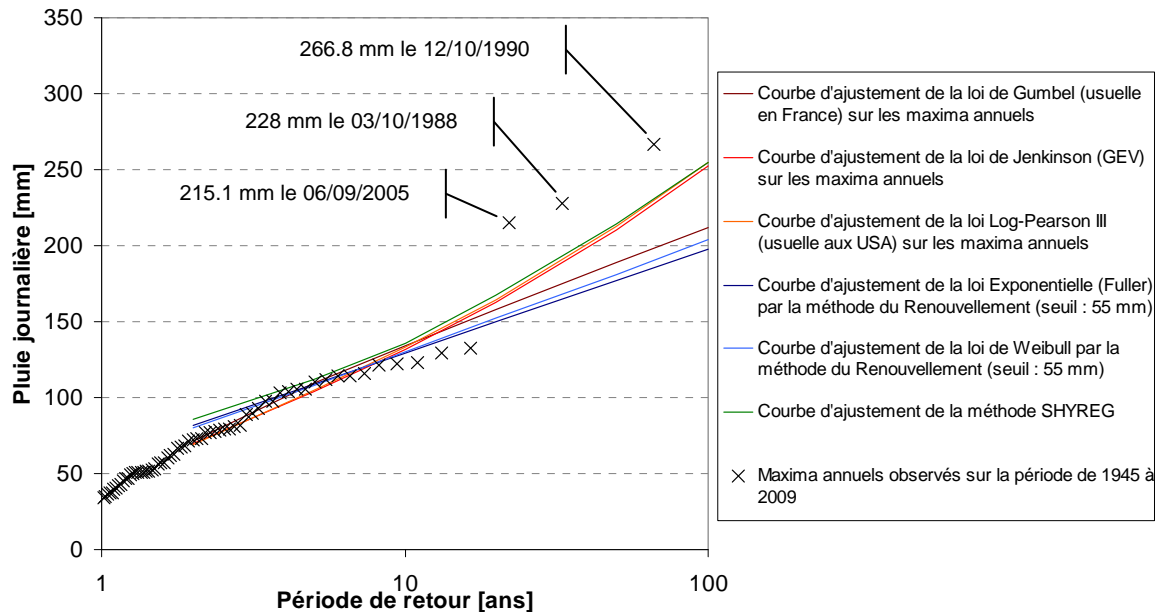
¹ La méthode des Moments a été utilisée pour l'estimation des paramètres des lois statistiques.

² Pour la méthode du Renouvellement, le seuil de 55 mm a été retenu de telle sorte qu'on atteigne une stabilisation des valeurs des quantiles tout en garantissant un nombre suffisant de valeurs dans l'échantillon.

³ Les données observées ont été ordonnées et classées selon leur fréquence empirique déterminée à partir de la formule de Weibull.

⁴ Pour la méthode SHYREG, Les quantiles de pluies journalières (Pj) ont été déduits des quantiles de pluies maximales en 24 heures (P24h) en appliquant le ratio P24h/Pj égal à 1.12 (moyenne des maxima annuels observés de Pj et P24h à Nîmes-Courbessac sur la période 1964-2009). Cette valeur est quasi-identique à celle du coefficient correctif de Weiss qui vaut 1.14 (coefficient usuel en hydrologie).

Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies journalières à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1945-2009).



Au vu du graphique précédent, on peut faire les constatations suivantes :

- ▶ les 3 valeurs maximales observées (12 octobre 1990, 3 octobre 1988 et 6 septembre 2005) revêtent un caractère très exceptionnel d'après l'ensemble des différentes méthodes,
- ▶ les résultats obtenus par ajustement des lois de Jenkinson et de Log-Pearson III sur les maxima annuels et ceux issus de la méthode SHYREG ont un comportement asymptotique similaire pour les périodes de retour supérieures à 10 ans ; les quantiles de pluies journalières centennales issues de ces 3 méthodes sont de l'ordre de 250 mm et sont supérieurs à ceux issus des autres méthodes⁵ ;
- ▶ les résultats obtenus par ajustement de la loi de Gumbel sur les maxima annuels et ceux issus de la méthode du Renouveau ont un comportement asymptotique similaire pour les périodes de retour supérieures à 10 ans ; les quantiles de pluies journalières issues de ces 3 méthodes sont de l'ordre de 200 mm et sont inférieurs à ceux issus des autres méthodes.

A l'issue de cette première analyse, on retiendra les résultats des deux méthodes suivantes :

- ▶ la méthode des maxima annuels avec ajustement de la loi GEV⁶,
- ▶ la méthode régionalisée SHYREG.

Etude statistique des pluies horaires

Sur la base des échantillons des maxima annuels de pluies de 1, 2, 3, 6, 12 et 24 heures observés sur la période de 1964 à 2008, les ajustements statistiques par deux méthodes ont été effectués :

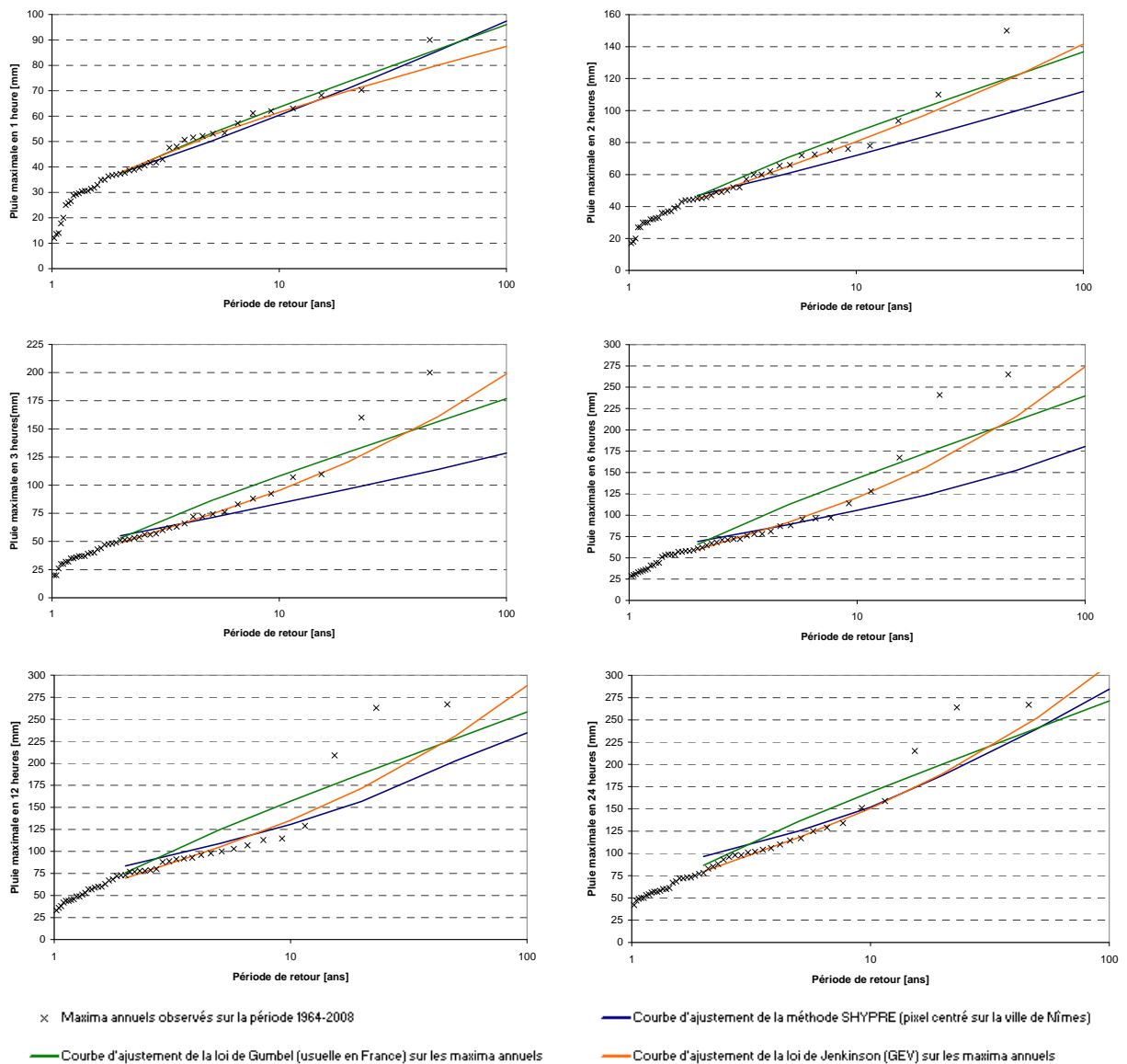
- ▶ ajustement de la loi de Gumbel (usuelle en France) sur maxima annuels,
- ▶ ajustement de la loi de Jenkinson (ou GEV) sur les maxima annuels.

⁵ La différence des comportements asymptotiques s'explique par le caractère « super-exponentiel » des lois de Jenkinson, Log-Pearson III et de la méthode SHYREG alors que les lois de Gumbel et de la méthode du Renouveau sont de type « exponentielle simple ».

⁶ Les ajustements sur les maxima annuels par les lois de Jenkinson (GEV) et Log-Pearson (III) donnent des résultats quasi-similaires. On retient arbitrairement la loi GEV plus communément utilisée en France.

Les graphiques ci-après présentent les courbes d'ajustement obtenues par ces deux méthodes ainsi que les maxima annuels des pluies journalières observés sur la période de 1964 à 2009 et la courbe d'ajustement de la méthode SHYREG pour le pixel de Nîmes « PPCI, 2005 ».

Ajustements des maxima annuels de pluies horaires à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008).



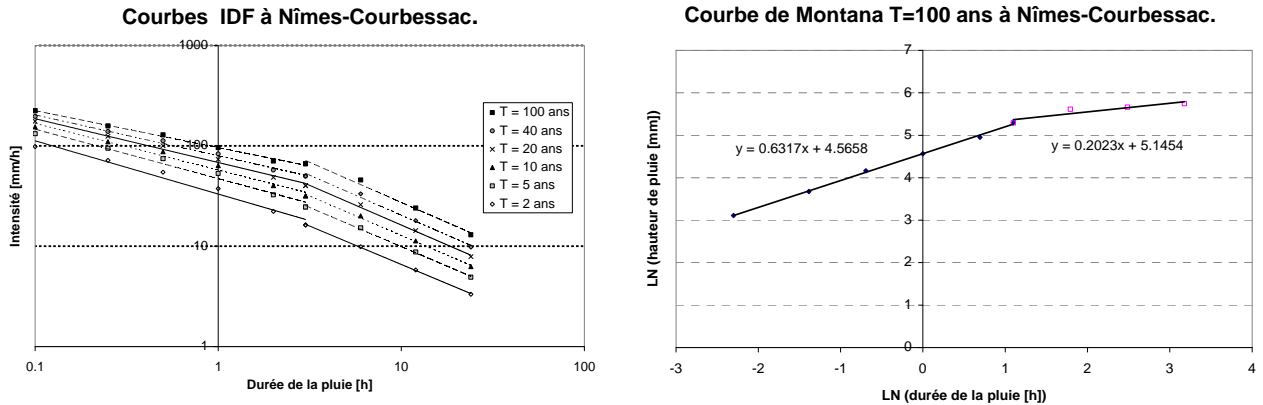
Au vu des graphiques précédents, on peut faire les remarques suivantes :

- ▶ les valeurs maximales observées pour les pluies du 12 octobre 1990 et du 2 au 3 octobre 1988 revêtent un caractère très exceptionnel pour les durées de 2 à 24 heures ;
- ▶ les valeurs maximales observées pour les pluies du 12 octobre 1990, du 2 au 3 octobre 1988 et du 6 septembre 2005 revêtent un caractère très exceptionnel pour les durées de 12 et 24 heures ;
- ▶ à l'exception des pluies maximales en 1 heure, la méthode d'ajustement de la loi GEV fournit les meilleurs ajustements pour les périodes de retour faibles (inférieures à 10 ans) et les quantiles les plus forts pour les périodes de retour élevée (supérieures à 10 ans) sans pour autant « dépasser » les valeurs réellement observées.

A l'issue de cette seconde analyse, la méthode d'ajustement GEV semble la plus adaptée pour l'estimation des quantiles horaires de précipitations.

Construction des courbes IDF et des courbes de Montana

L'analyse statistique des données de pluies horaires voire infra-horaires (6 min, 15 min, 30 min) depuis 1964 à 2008 (soit 45 ans) a permis de construire les courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) et de courbes de Montana au poste de Nîmes Courbessac.



Pour ce poste, les coefficients de Montana (a et b) pour l'occurrence centennale sont les suivants :

- ▶ Pour les durées de pluies inférieures à 3 heures : a = 96.1 et b = 0.37
- ▶ Pour les durées de pluies supérieures à 3 heures : a = 171.6 et b = 0.80

Avec la loi de Montana : $P = a \cdot t^{(1-b)}$ où P la hauteur de pluie en mm et t la durée de pluie en h

Le coefficient b de Montana de la station de Nîmes-Courbessac sera utilisé pour le calcul des pluies de courtes durées (1 à 12 heures) sur les autres postes pluviométriques du bassin étudié qui ne présentent pas de chroniques de pluies horaires suffisamment longues pour opérer le même traitement statistique.

AUTRES STATIONS DE DUREES D'OBSERVATIONS SUPERIEURES A 30 ANS

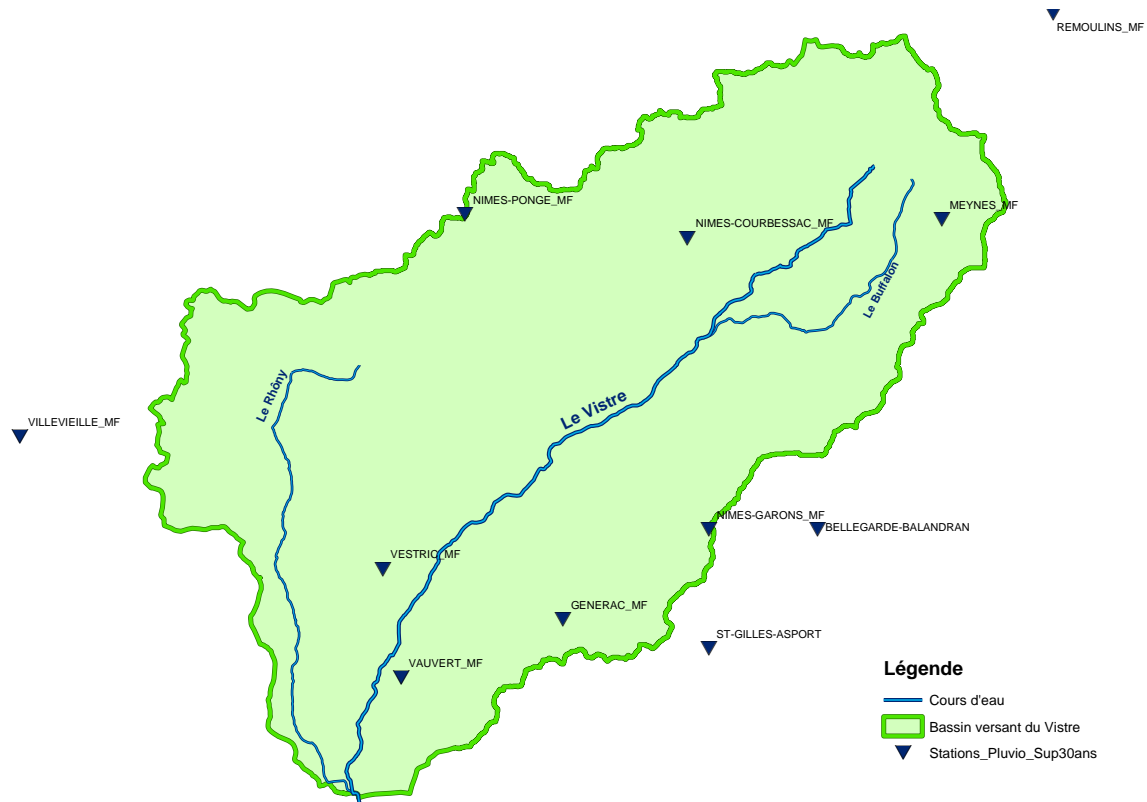
La période de 1978 à 2009 sera retenue pour l'étude statistique des pluies, compte tenu de la disponibilité des données.

Cette période est suffisamment longue (plus de 30 années d'observations) au sens de la norme fixée par l'Organisation Mondiale de Météorologie (OMM).

De plus, la méthode régionalisée SHYREG développée par le CEMAGREF s'appuie sur une base de données de pluies horaires sur la période 1978 à 2002. Par conséquent, les comparaisons effectuées entre les méthodes usuelles en hydrologie et la méthode SHYREG se baseront sur une période d'observations quasi-identique.

Stations retenues dans le cadre de cette analyse

Les stations retenues dans le cadre cette analyse sont celles qui présentent une chronique de pluies journalières présentant plus de 30 ans de données sur la période de 1978 à 2009 situés sur le bassin du Vistre ou à proximité, soit 11 stations appartenant toutes au réseau Météo-France.

Localisation des stations pluviométriques de durées d'observations supérieures à 30 ans.**Etude statistique des pluies journalières**

A partir des données de maxima mensuels de pluies journalières extraites de la Climathèque Météo France, une analyse statistique des pluies maximales journalières a été réalisée.

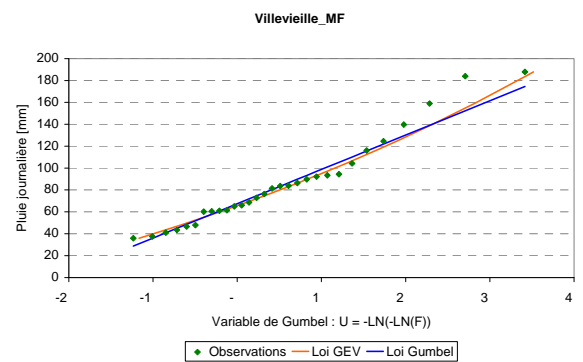
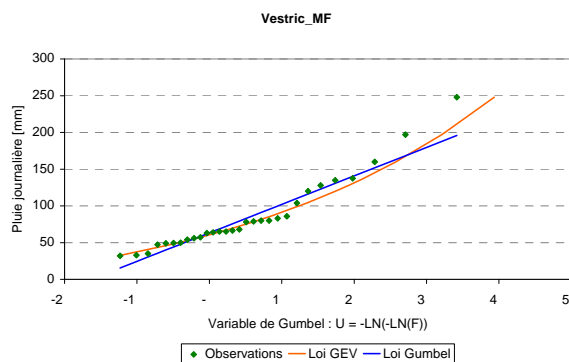
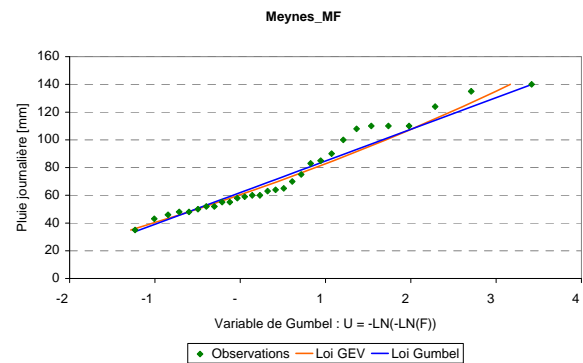
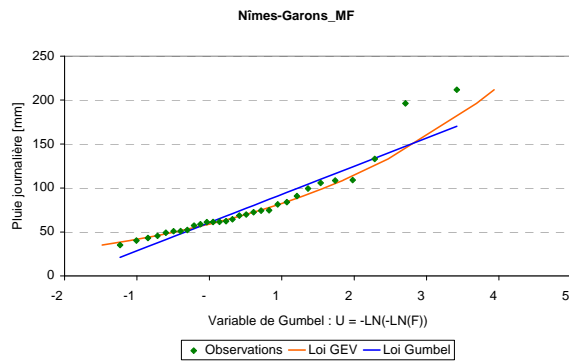
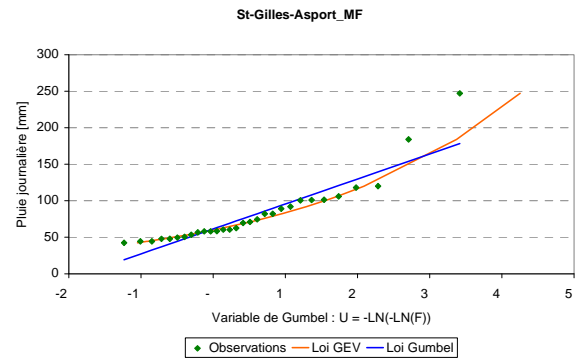
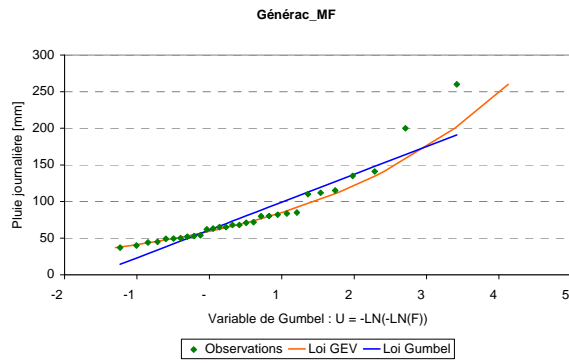
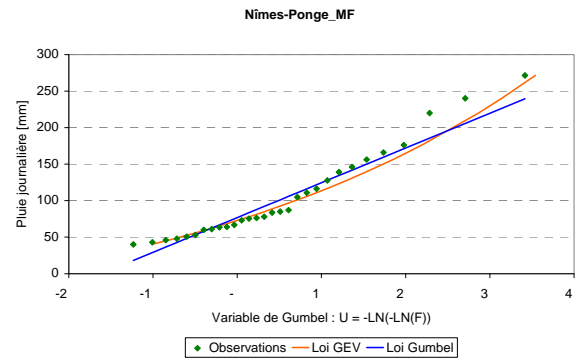
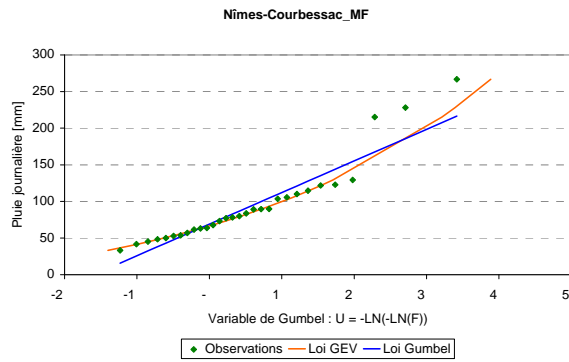
Deux lois statistiques suivantes : Gumbel (usuelle en France) et GEV (Generalized Extreme Value). La méthode des Moments a été utilisée pour estimer les paramètres de ces deux lois.

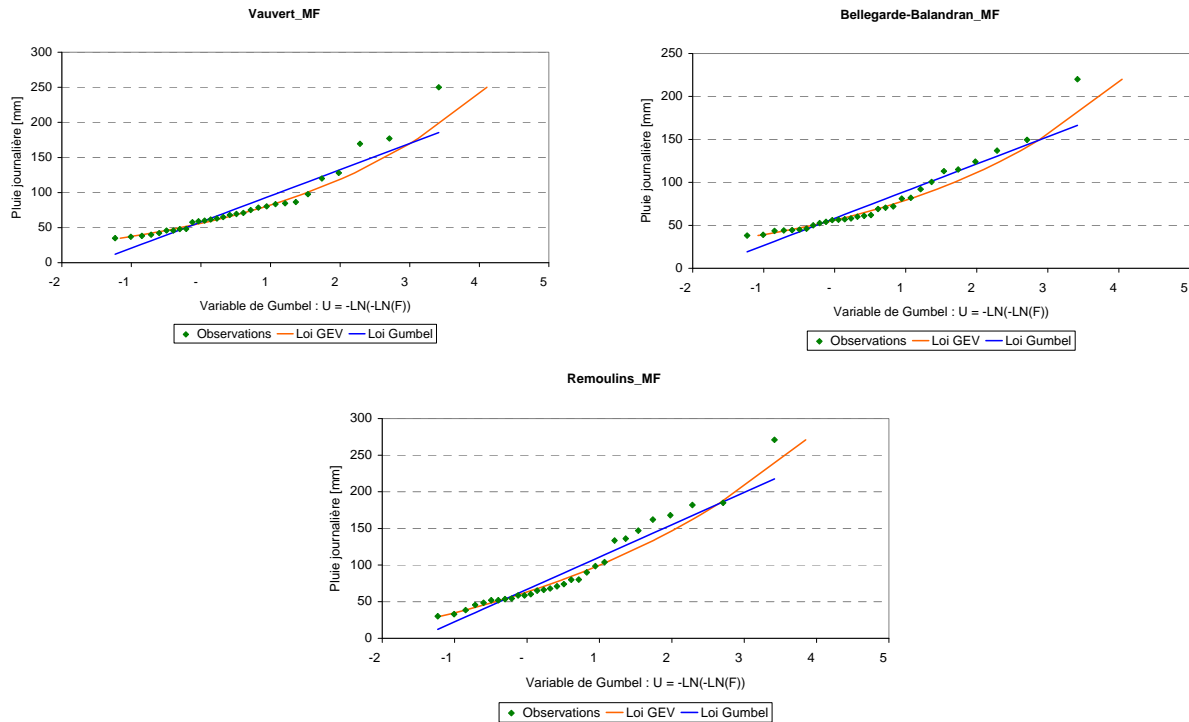
Les calculs statistiques ont été conduits à partir des échantillons de maxima annuels observés de 1978 à 2009 (période commune à l'ensemble des postes⁷), en considérant l'année hydrologique de septembre à août.

Ajustements des maxima annuels de pluies journalières en 11 postes pluviométriques du bassin (1978 – 2009).

⁷ Pour les postes Météo France de Vauvert (fermé fin 2007) et de Générac (fermé fin 2008), les maxima annuels des dernières années correspondent respectivement à ceux des stations SPC GD de Vauvert et de Générac.

Pour le poste Météo France de Générac, la valeur de pluie journalière pour le 6 septembre a été considérée comme un « hors – sain » et la valeur du poste SPC GD de Générac pour la même date a été retenue à la place.





L'analyse visuelle des graphiques précédent montre que :

- ▶ Les courbes des deux lois sont en dessous des valeurs extrêmes observées.
- ▶ La loi GEV s'ajuste mieux que la loi Gumbel⁸.

Pour les 11 postes pluviométriques étudiés, le tableau ci-après présente les quantiles centennaux de pluies journalières obtenus par les deux méthodes (Gumbel et GEV).

Désignation de la station	PJ100ans (mm)	
	Gumbel	GEV
Nîmes-Courbessac_MF	267	332
Nîmes-Ponge_MF	296	370
Nîmes-Garons_MF	208	261
Meynes_MF	167	186
Générac_MF	236	308
Vestric_MF	242	304

Désignation de la station	PJ100ans (mm)	
	Gumbel	GEV
Villevieille_MF	211	238
Vauvert_MF	229	296
St-Gilles-Asport_MF	219	277
Bellegarde-Balandran_MF	204	264
Remoulins_MF	270	340

Nous proposons donc de retenir les quantiles issus de l'ajustement de la loi GEV plutôt que ceux de la loi de Gumbel.

Estimation des quantiles centennaux de pluies horaires

Les quantiles de pluies horaires ont été déterminés de la manière suivante :

- ▶ dans un premier temps, les quantiles de pluies maximales en 24 heures de période de retour 100 ans (P24h100ans) ont été déterminés à partir des quantiles de pluies journalières de période de retour 100 ans (Pj100ans) en appliquant de la relation suivante : $P24h100ans = 1.14 * Pj100ans$ (le coefficient de 1.14 a été déterminé de manière empirique entre les pluies maximales en 24 heures et journalières au poste de Nîmes-Courbessac sur la période de 1978 à 2008, valeur égale au coefficient correctif de Weiss appliqué usuellement en hydrologie) ;

⁸ Les études récentes faites sur de longues chroniques de précipitation au niveau régional et national montrent que la loi de Gumbel conduit à des valeurs de quantiles minorées par rapport aux observations réelles.

- dans un second temps, à partir des quantiles P24h100ans et des valeurs du coefficient b de la loi de Montana du poste de Nîmes-Courbessac, les quantiles centennaux pour les durées de pluies 1, 2, 3, 6, 12 et 24 heures ont été calculés pour chacune des 11 stations.

Les estimations des quantiles pour les 11 stations sont fournis dans le tableau ci-après.

Désignation de la station	Quantiles de pluies centennales (mm)											
	Loi Gumbel						Loi GEV					
	1h	2h	3h	6h	12h	24h	1h	2h	3h	6h	12h	24h
Nîmes-Courbessac_MF	100	155	200	230	265	304	124	192	249	286	329	378
Nîmes-Ponge_MF	111	172	222	255	293	337	138	214	277	319	367	422
Nîmes-Garons_MF	78	121	156	179	206	237	98	151	195	225	259	298
Meynes_MF	62	97	125	144	165	190	70	108	139	160	184	212
Générac_MF	88	137	177	203	234	269	115	178	231	265	305	351
Vestric_MF	90	140	181	208	240	276	114	176	228	262	301	347
Villevieille_MF	79	122	158	182	209	241	89	138	178	205	236	271
Vauvert_MF	86	133	171	197	227	261	111	172	222	255	293	337
St-Gilles-Asport_MF	82	127	164	189	217	250	104	160	207	239	274	316
Bellegarde-Balandran_MF	76	118	153	176	202	233	99	153	198	227	262	301
Remoulins_MF	101	156	202	233	268	308	127	197	254	293	337	388

En moyenne, les quantiles issus de la loi GEV sont supérieurs de 25% à ceux de Gumbel.

ESTIMATION DES QUANTILES CENTENNAUX DE PLUIES BASSINS

Quantiles centennaux non abattus

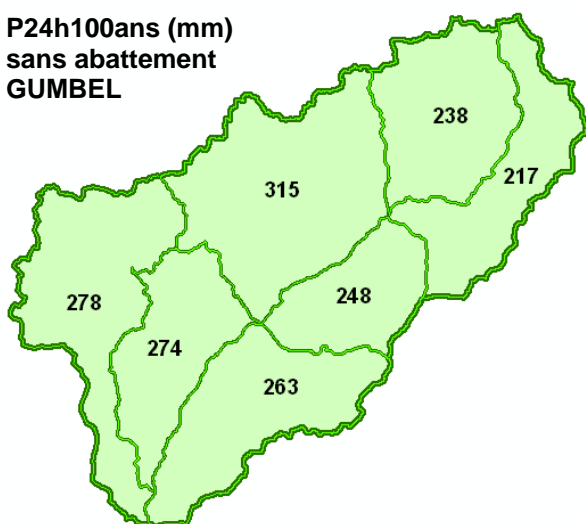
Les quantiles de pluies bassins non abattus ont été déterminés par application de la méthode des polygones de Thiessen. Le tableau ci-après fournit les coefficients de pondération pour les 7 sous-bassins versants principaux ainsi que pour le bassin versant du Vistre au Cailar (zone d'étude).

	Haut Vistre	Buffalon	Moyen Vistre Amont Nord	Moyen Vistre Amont Sud	Moyen Vistre Aval Nord	Moyen Vistre Aval Sud	Rhône	Vistre au Cailar
Nîmes-Courbessac_MF	41%	13%	42%	10%	-	-	-	<u>17.3%</u>
Nîmes-Ponge_MF	-	-	46%	-	1%	-	20%	<u>13.8%</u>
Nîmes-Garons_MF	-	-	5%	77%	-	9%	-	<u>9.1%</u>
Meynes_MF	59%	63%	-	-	-	-	-	<u>15.5%</u>
Générac_MF	-	-	3%	13%	-	44%	-	<u>8.4%</u>
Vestric_MF	-	-	4%	-	84%	9%	44%	<u>19.3%</u>
Villevieille_MF	-	-	-	-	-	-	23%	<u>4.1%</u>
Vauvert_MF	-	-	-	-	15%	35%	13%	<u>9.2%</u>
St-Gilles-Asport_MF	-	-	-	-	-	3%	-	<u>0.5%</u>
Bellegarde-Balandran_MF	-	22%	-	-	-	-	-	<u>2.6%</u>
Remoulins_MF	-	3%	-	-	-	-	-	<u>0.3%</u>

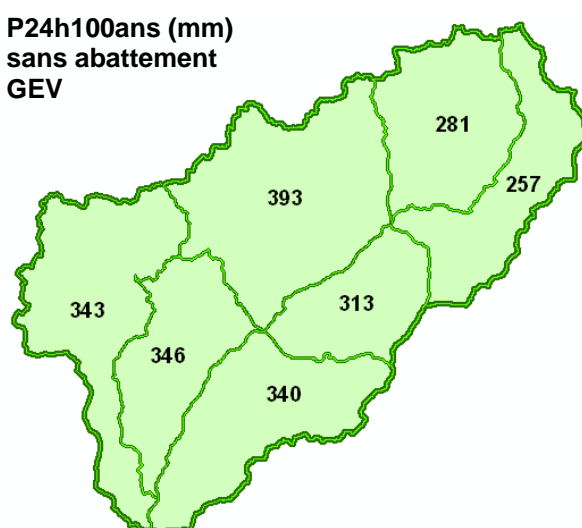
Le tableau ci-après fournit les estimations des quantiles centennaux non abattus des pluies maximales en 24 heures sur chaque sous-bassin.

Désignation du BV	Quantiles de pluies centennales non abattus (mm)											
	Loi Gumbel						Loi GEV					
	1h	2h	3h	6h	12h	24h	1h	2h	3h	6h	12h	24h
Haut Vistre	78	121	156	180	207	238	92	143	185	212	244	281
Buffalon	71	110	143	164	189	217	84	131	169	194	223	257
Moyen Vistre Amont Nord	103	160	207	238	273	315	129	200	258	297	341	393
Moyen Vistre Amont Sud	81	126	163	187	216	248	103	159	205	236	272	313
Moyen Vistre Aval Nord	90	139	180	207	239	274	114	176	227	262	301	346
Moyen Vistre Aval Sud	86	134	173	199	229	263	112	173	223	257	296	340
Rhône	91	141	182	210	242	278	112	174	225	259	298	343
Vistre au Cailar	88	136	176	202	233	268	109	169	218	251	289	332

**P24h100ans (mm)
sans abattement
GUMBEL**



**P24h100ans (mm)
sans abattement
GEV**



Les cartes ci-avant mettent en évidence le phénomène de spatialisation des pluies en cohérence avec méthode SHYREG.

Quantiles centennaux abattus

Les quantiles centennaux abattus de pluies de bassins ont été déduits des valeurs non abattues en appliquant le coefficient d'abattement spatial de la formule régionale suivante : $K = 1 / (1 + 0.02 * S^{0.5} / ((1/T)^{0.07} * d^{0.33}))$ avec S la superficie du BV en km², d la durée de la pluie en h et T la période de retour en années (source : Neppel, 2003).

Le tableau ci-après fournit les estimations des quantiles centennaux abattus des pluies maximales en 24 heures sur chaque sous-bassin.

Désignation du BV	Quantiles de pluies centennales abattus (mm)											
	Loi Gumbel						Loi GEV					
	1h	2h	3h	6h	12h	24h	1h	2h	3h	6h	12h	24h
Haut Vistre	64	103	135	160	188	220	75	121	160	189	222	261
Buffalon	59	94	124	147	173	202	70	112	147	174	204	239
Moyen Vistre Amont Nord	80	130	172	205	243	286	100	163	215	256	303	357
Moyen Vistre Amont Sud	69	110	145	170	200	233	87	139	182	215	252	294
Moyen Vistre Aval Nord	75	120	158	186	219	256	94	151	199	235	276	323
Moyen Vistre Aval Sud	70	113	149	176	208	244	91	146	192	228	268	315
Rhône	73	117	155	184	217	255	90	145	191	227	268	315
Vistre au Cailar	55	92	124	152	184	221	68	114	153	188	228	274

Pour pluies maximales en 24 heures, l'abattement varie entre 6 et 9% pour les sous-bassins versants principaux et atteint 18% pour le bassin versant considéré dans son ensemble.

6.2.4 Comparaison avec les pluies diluviennes observées

Le tableau suivant présente les pluies ponctuelles maximales en 1h, 2h, 3h, 6h, 12h et 24h pour les pluies diluviennes du 3 octobre 1988, du 12 octobre 1990, du 22 septembre 2003 et du 6 septembre 2005.

Date Lieu	Pluies maximales observées (mm)					
	1h	2h	3h	6h	12h	24h
3 octobre 1988 Nîmes-DDE_SPC	47.5	93.5	135.0	257.5	310.5	310.5
12 octobre 1990 Nîmes-Courbessac_MF	90.0	150.0	200.0	265.0	267.0	267.0
22 septembre 2003 Cailar_SPC	95.0	160.5	188.0	266.0	304.5	304.5
6 septembre 2005 Bernis_SPC	98.0	168.0	217.0	270.0	311.0	326.0

Au cours des deux dernières décennies, les pluies extrêmes ponctuelles observées ont dépassé :

- ▶ 90 mm en 1 heure (pour 3 évènements),
- ▶ 150 mm en 2 heures (pour 3 évènements),
- ▶ 200 mm en 3 heures (pour 2 évènements),
- ▶ 250 mm en 6 heures (pour 4 évènements),
- ▶ 300 mm en 12 heures (pour 3 évènements),
- ▶ 300 mm en 24 heures (pour 3 évènements).

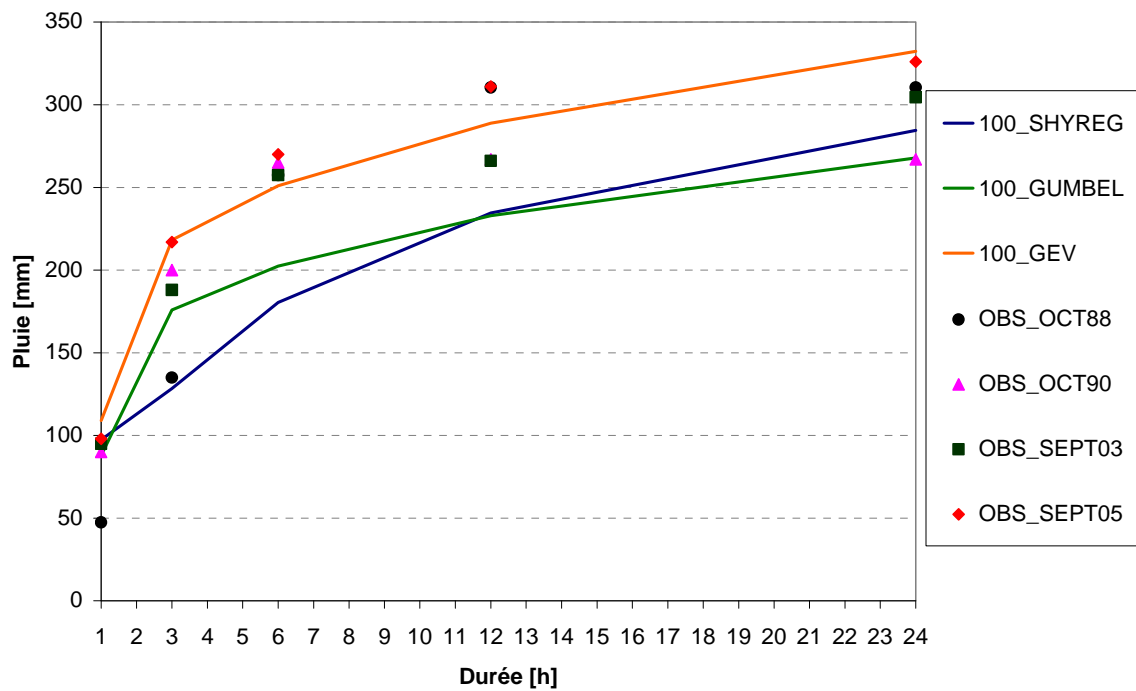
Le cumul record observé sur le bassin versant du Vistre est de 420 mm en 8h30 (220 mm en 3h30) au Mas de Ponge à Nîmes le 3 octobre 1988 (la valeur réelle est supérieure mais le pluviomètre a débordé).

Le tableau et le graphique ci-après permettent de comparer les données de pluies maximales en 1, 3, 6, 12 et 24 heures sans abattement suivantes :

- ▶ 100_SHYREG : quantiles centennaux SHYREG pour un pixel centré sur la Ville de Nîmes (source : *Analyse de l'évènement pluviométrique des 6 et 8 septembre 2005 et comportement des barrages du PPCI – CEMAGREF pour la Ville de Nîmes, octobre 2005*)
- ▶ 100_GUMBEL : quantiles centennaux non abattus pour le bassin du Vistre au Cailar issus des ajustements statistiques par la loi Gumbel du présent rapport,
- ▶ 100_GEV : quantiles centennaux non abattus pour le bassin du Vistre au Cailar issus des ajustements statistiques par la loi GEV du présent rapport,
- ▶ OBS_OCT88 : observations à la station Nîmes-DDE_SPC le 3 octobre 1988
- ▶ OBS_OCT90 : observations à Nîmes-Courbessac_MF le 12 octobre 1990,
- ▶ OBS_SEPT03 : observations à la station Cailar_SPC le 22 septembre 2003,
- ▶ OBS_SEPT05 : observations à la station Bernis_SPC le 6 septembre 2005.

Comparaison entre les pluies diluviennes et les pluies extrêmes.

Durée [h]	100_SHYREG	100_GUMBEL	100_GEV	OBS_OCT88	OBS_OCT90	OBS_SEPT03	OBS_SEPT05
1	97.4	87.9	109.0	47.5	90.0	95.0	98.0
3	128.4	175.9	218.2	135.0	200.0	188.0	217.0
6	180.5	202.4	251.1	257.5	265.0	257.5	270.0
12	234.5	232.9	288.9	310.5	267.0	266.0	311.0
24	284.5	268.0	332.4	310.5	267.0	304.5	326.0



Le tableau et le graphique précédents montrent que les quantiles « 100_GEV » sont les plus proches des valeurs extrêmes observées.

La pluie d'octobre 1988 observée à Nîmes-DDE et la pluie de septembre 2005 observée à Bernis, auraient une occurrence (sur une durée de 12h) :

- ▶ d'environ 500 ans si l'on retient la méthode SHYREG,
- ▶ d'environ 130 ans si l'on retient la méthode GEV.

Il est donc convenu de retenir les quantiles obtenus par la méthode GEV plutôt que ceux obtenus par les méthodes Gumbel et SHYREG.

6.3 ANALYSE DE L'HYDROMETRIE

6.3.1 Réseau hydrométrique

DESCRIPTION GENERALE

Le réseau de suivi hydrométrique du bassin versant du Vistre est actuellement composé de 5 stations de mesures limnimétriques :

Code	Désignation	Surface BV [km ²]	Zéro échelle [mNGF]	Disponibilité des mesures
Y3514005	Le Vistre à Caissargues - Moulin Villard RD42, en aval de l'A54	184	23.25	1993 – 2010 (17 ans)
Y3514020	Le Vistre à Bernis - Prés du Moulin RD14, à l'Ouest d'Aubord	291	15.21	1951 – 2010 (59 ans)
Y3514015	Le Vistre à Vauvert - Moulin de la Levade RN572, à l'Ouest de Vauvert	370	2.65	1994 – 2010 (16 ans)
Y3534010	Le Vistre au Cailar – Pont RD104 en aval de la confluence du Rhône	490	0.99	1968 – 2010 (42 ans)
Y3525010	Le Rhône au Cailar - Pont RN572 Entre Aimargues et Vauver, au Nord du Cailar	80	3.99	1993 – 2010 (17 ans)

Réseau hydrométrique du bassin du Vistre.



Source : SPC GD.

Le réseau de télémesure du SPC GD sur le Vistre a été mis en place en 1992 suite à l'évènement marquant du 3 octobre 1988 sur l'agglomération nîmoise. A l'origine constitué de 4 stations, il s'est enrichi en 2008 de deux stations d'hydrométrie d'étiage (dont une faisant doublon à Caissargues), qui ont été transférées depuis la DIREN LR vers le SPC GD, conformément à la réforme de l'hydrométrie sur le bassin Rhône Méditerranée Corse.

Ce réseau a été conçu dans une logique d'alerte qui était celle du Service d'Annonce des Crues de l'époque (désormais SPC GD) pour être en mesure d'alerter les élus en cas de débordement du Vistre sur les digues.

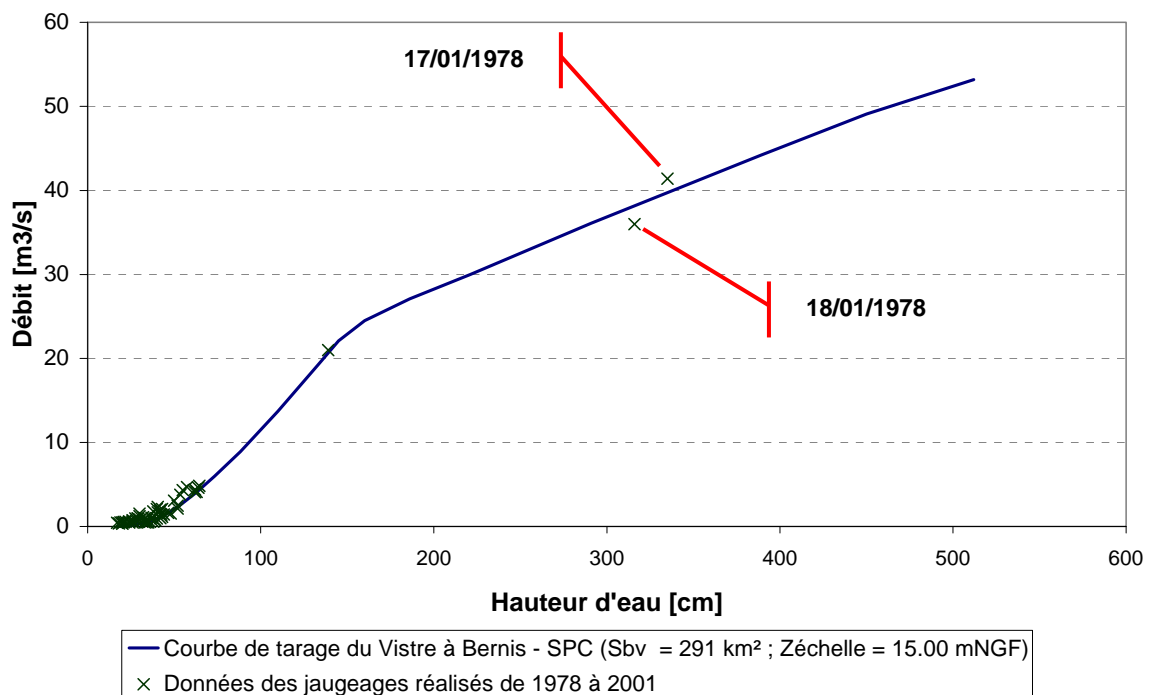
COURBES DE TARAGE

Pour la station du Vistre à Caissargues, celle du Vistre à Vauvert et celle du Rhône au Cailar, on ne dispose pas suffisamment de données de jaugeages pour établir une relation entre la hauteur d'eau et le débit en ces deux points, y compris pour les crues non débordantes.

Concernant la station du Vistre au Cailar, elle se situe à l'aval de la défluence du Vistre et du Vieux Vistre. Dans l'état actuel, la répartition des débits au droit de la défluence est inconnue⁹. Par conséquent, il n'est pas possible de construire une relation hauteur-débit en ce point, y compris pour les crues non débordantes.

Concernant la station du Vistre à Bernis, on dispose de données de 63 jaugeages réalisés de 1978 à 2001 (source : Banque Hydro). Une courbe de tarage est également disponible pour ce point, courbe considérée comme valable pour une hauteur comprise entre 20 cm et 356 cm (source : Banque Hydro).

Courbe de tarage de la station du Vistre à Bernis (1).



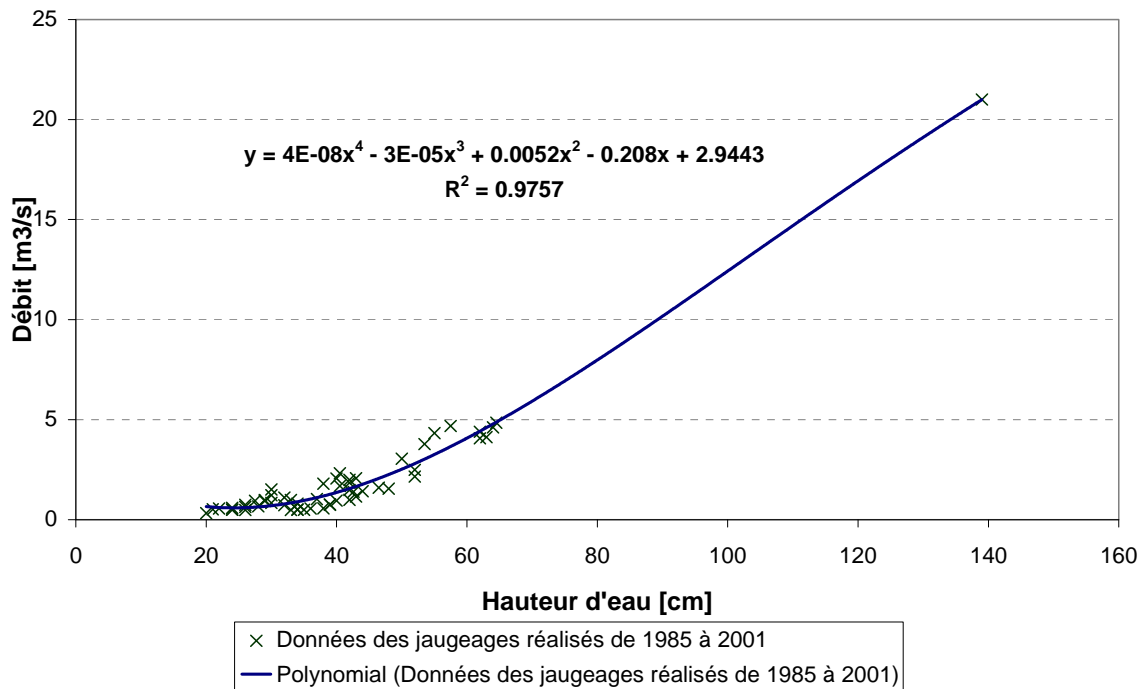
Source : Banque Hydro.

⁹ Dans l'étude morphologique du bassin du Vistre (août, 1999), CEDRAT propose tout de même une estimation « à partir des sections des lits mineurs (50 m² pour le canal du Vistre et 18 m² pour le Vieux Vistre) ; à plein bord, la répartition des débits est donc de l'ordre de 75% pour le Vistre et 25% pour le Vieux Vistre. »

Les deux couples de valeurs hauteur-débit maximales du graphique précédent proviennent des jaugeages réalisés lors de la crue de janvier 1978. L'année 1985 marque la fin des travaux de recalibrage et de restructuration du Vistre qui a vu le Vistre subir des modifications morphologiques conséquentes (cf. § Historique des aménagements). Il paraît donc non pertinent de prendre en compte les données de jaugeage antérieures à cette date, incluant celles de la crue de 1978.

Compte tenu de la remarque précédente, on retiendra la courbe de tarage suivante pour la station du Vistre à Bernis valable pour une hauteur d'eau comprise entre 20 et 140 cm, soit une gamme de débits correspondante de 0.3 à 21 m³/s.

Courbe de tarage du Vistre à Bernis (2).



La station du Vistre à Bernis est donc la seule station hydrométrique du réseau actuel qui fournisse une relation hauteur-débit utilisable, mais fiable pour des valeurs de débits relativement faibles (inférieures à 20 m³/s).

A partir des données de pluies journalières aux postes des stations pluviographiques du SPC GD (construction de la pluie bassin pour le BV du Vistre au droit de la station hydrométrique de Bernis) et des données de débits moyens journaliers à la station du Vistre à Bernis extraites de la Banque Hydro, nous avons estimé le coefficient d'écoulement du Vistre à Bernis (rappel : 291 km²) pour les crues (débordantes ou non) de ces 10 dernières années :

Crue	Dates de début et de fin	Date du pic	Débordement	Coeff. d'écoulement
Janvier 2001	Du 23/12/2000 au 15/02/2001	28/01/2001	Non	35%
Septembre 2002	Du 17/08/2002 au 07/10/2002	10/02/2002	Oui	32%
Septembre 2003	Du 01/09/2003 au 11/10/2003	22/09/2003	Oui	17%
Décembre 2003	Du 06/11/2003 au 31/12/2003	03/12/2003	Oui	32%
Novembre 2004	Du 16/10/2004 au 28/11/2004	05/11/2004	Non	39%
Septembre 2005	Du 07/08/2005 au 12/10/2005	09/09/2005	Oui	28%
Septembre 2007	Du 05/09/2007 au 19/11/2007	30/09/2007	Non	47%
Février 2009	Du 20/01/2009 au 28/02/2009	03/02/2009	Non	37%

Sur les 8 périodes de crue analysées, le coefficient d'écoulement moyen est de 33%.

Le coefficient moyen est de 27% pour les crues débordantes contre 39% pour les non débordantes. Ainsi, une partie des eaux de débordement n'est pas « contrôlée » par la station du Vistre à Bernis.

CONCLUSION

Du fait de sa faible pente et du fort cloisonnement de son lit par des traversées d'infrastructures de transport, le Vistre est pourvu d'un lit majeur très large et de vitesses d'écoulement très lentes. La propagation de la crue s'effectue alors plutôt comme un remplissage de casiers successifs qui se déversent les uns dans les autres au travers des ouvrages de franchissement et/ou par surverse sur les remblais.

Les mesures de hauteur d'eau collectées par les stations s'avèrent insuffisantes pour apprécier le fonctionnement des crues dès que le Vistre déborde, car la plupart des mesures effectuées par les stations se situent au droit du lit mineur dans des secteurs endigués, et la cote mesurée peut alors être totalement différente de celle qui existe réellement dans le lit majeur rive droite ou rive gauche en fonction du sens des débordements et de l'importance des apports latéraux. Du fait de la petite section du lit mineur et de sa configuration en toit, la majorité du débit des fortes crues passe généralement en écoulement préférentiel dans le lit majeur, sans que la mesure à la station puisse en rendre compte.

Ainsi, les stations de mesure actuelles ne permettent pas d'appréhender le déroulement des crues après débordement du lit mineur, car les écoulements en lit majeur sont déconnectés du lit mineur par la configuration endiguée et en toit. Les débits historiques ne peuvent donc être évalués par les stations de mesure du bassin versant du Vistre.

Cependant, l'analyse des hyétogrammes et limnigrammes des récents évènements permettront d'apporter un éclairage sur le fonctionnement hydrologique et hydraulique du bassin versant : répartition de la pluie, temps de réaction entre la pluie et le débit, temps de propagation des crues, débit de base initial, etc. (cf. § Analyse hydrologique).

6.3.2 Les hauteurs d'eau maximales observées depuis 1985

L'analyse des hauteurs d'eau mesurées à la station de Bernis depuis 1985 (date des derniers travaux importants de recalibrage du Vistre) permet d'identifier les crues majeures du Vistre sur les 25 dernières années dont les 5 plus importantes sont :

- ▶ la crue de septembre 2005 avec une hauteur maximale de 4.15 m le 8 à 20h21 HL,
- ▶ la crue de d'octobre 1988 avec une hauteur maximale de 3.73 m le 3 à 23h00 HL,
- ▶ la crue de septembre 2002 avec une hauteur maximale de 3.69 m le 10 à 07h11 HL,
- ▶ la crue de septembre 2003 avec une hauteur maximale de 3.58 m le 22 à 19h31 HL,
- ▶ et la crue de décembre 2003 avec une hauteur maximale de 3.47 m le 3 à 07h11 HL.

Ces évènements correspondent aux crues du Vistre les plus dommageables et les plus mémorables sur les 25 dernières années à l'échelle du bassin (cf. § Analyse préalable des crues historiques). En attestent également les témoignages recueillis auprès des représentants des communes.

Ce sont ces 5 évènements historiques qui ont été étudiés en détail ci-après, afin de caractériser le fonctionnement du bassin du Vistre en crue d'un point de vue hydrologique.

6.4 ANALYSE HYDROLOGIQUE DES CRUES HISTORIQUES

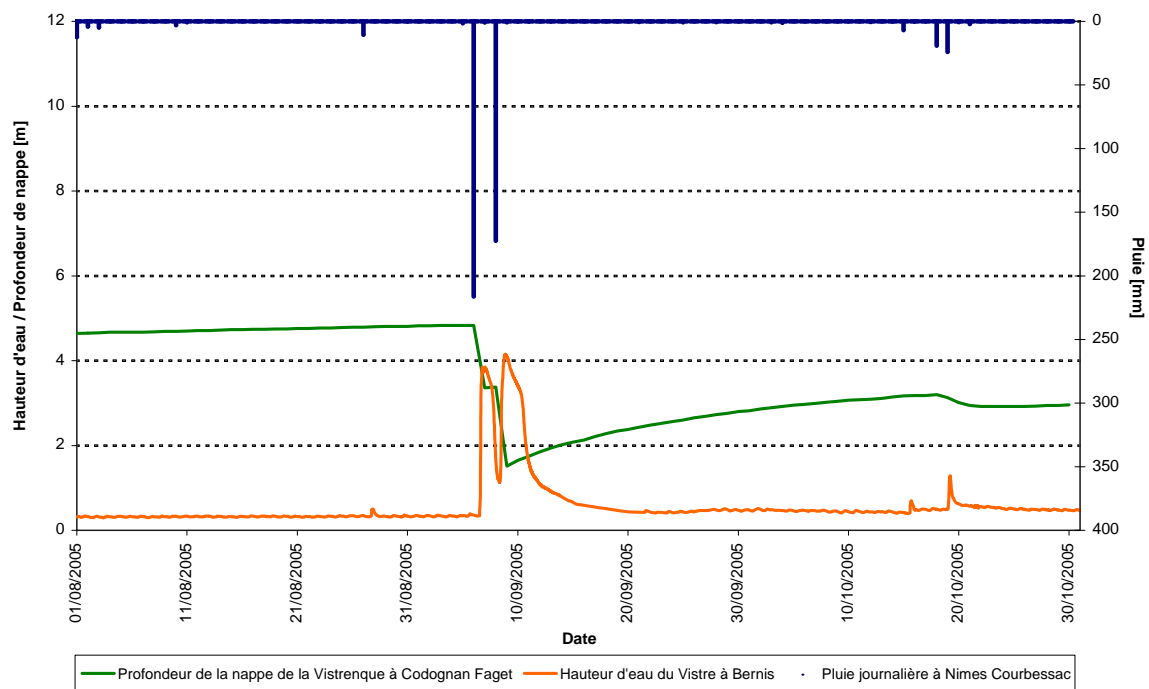
6.4.1 Crue de septembre 2005

Du 6 au 9 septembre, le bassin du Vistre a subi un épisode pluvio-orageux intense caractérisé par deux événements pluvieux distincts qui ont provoqué une crue importante du Vistre et du Rhône.

Un premier épisode a affecté le bassin du Vistre le mardi 6 septembre. Cet épisode fait suite à une période de relative sécheresse qui a permis une bonne absorption en début d'évènement. Cependant, les sols sont saturés à la fin de l'épisode et malgré l'accalmie du mercredi 7 septembre, la décrue est relativement lente par rapport aux bassins versants voisins (Vidourle et Cèze) du fait des caractéristiques morphologiques spécifiques du bassin (vidange des casiers).

Le jeudi 8 septembre un second épisode affecte le bassin versant avec des cumuls moindres que le premier épisode. Mais, du fait de la saturation préalable des sols par le premier évènement, les débordements sont plus importants.

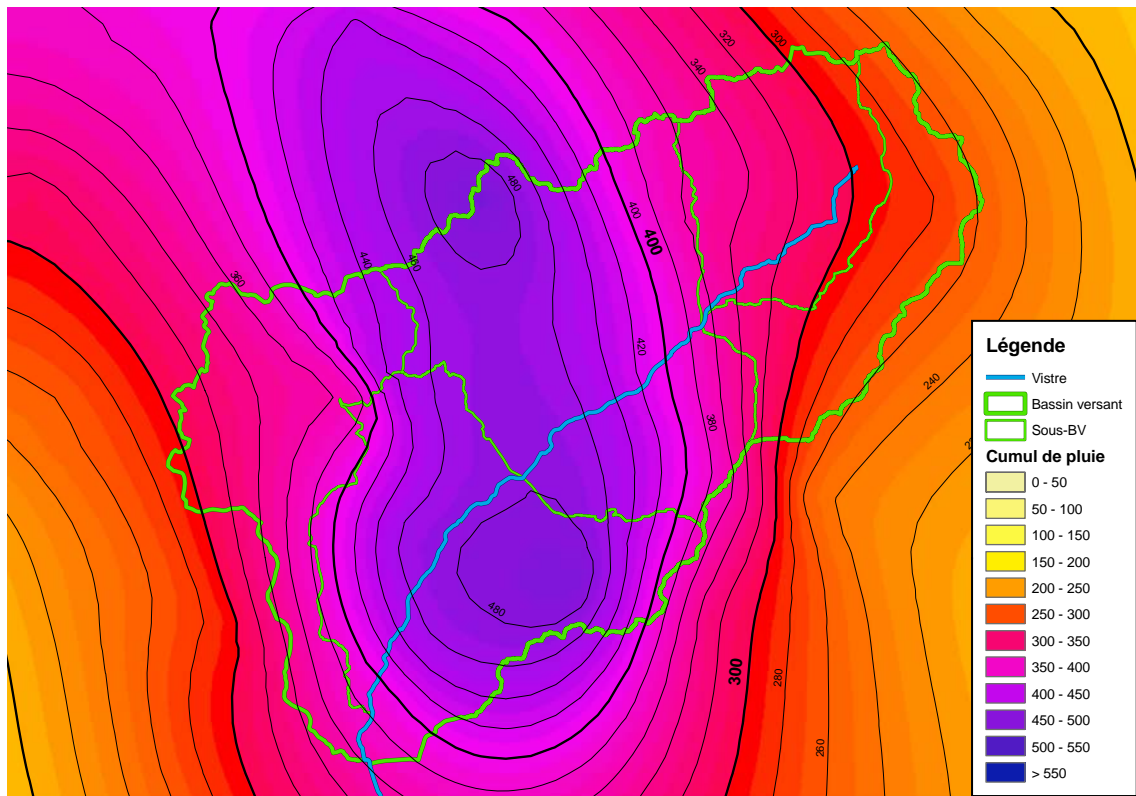
Comportement hydrologique général du Vistre lors de la crue de septembre 2005.



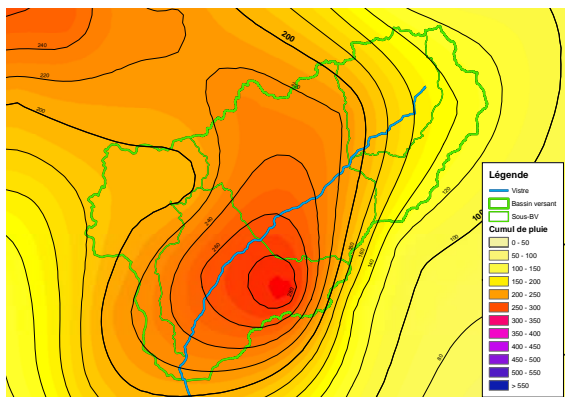
Au vu du graphique précédent, on peut faire les constations suivantes :

- ▶ le faible antécédent pluviométrique (10 mm sur les 30 jours précédents la première pluie) et la grande profondeur de la nappe (4.8 m) témoignent de conditions hydrologiques antérieures très sèches ;
- ▶ la variation importante de la profondeur de la nappe (delta maximum de 3.3 m) montre la forte absorption du sol pour le premier pic de crue ; les sols étant saturés par la première pluie, le second pic de crue est le plus élevé bien que la seconde averse soit plus faible ;
- ▶ si on peut clairement distinguer deux épisodes pluvieux indépendants, il est difficile de dissocier les deux pics de crue ; en effet, la seconde crue s'amorce alors que la première décrue n'est pas encore achevée.

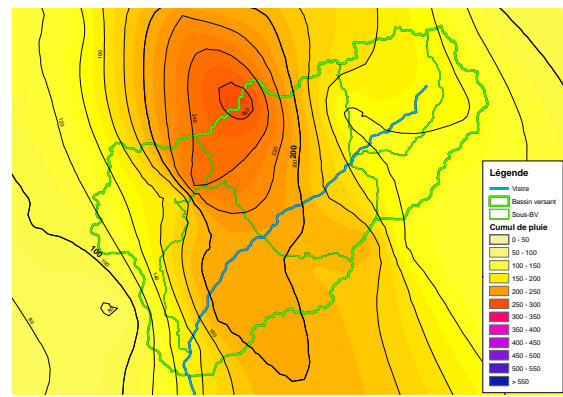
Cumul pluviométrique spatialisé du 06/09/2005 06h00 au 09/09/2005 06h00 (UTC).



Du 06/09/2005 à 6h au 08/09/2005 à 6h (UTC).



Du 08/09/2005 à 6h au 09/09/2005 à 6h (UTC).

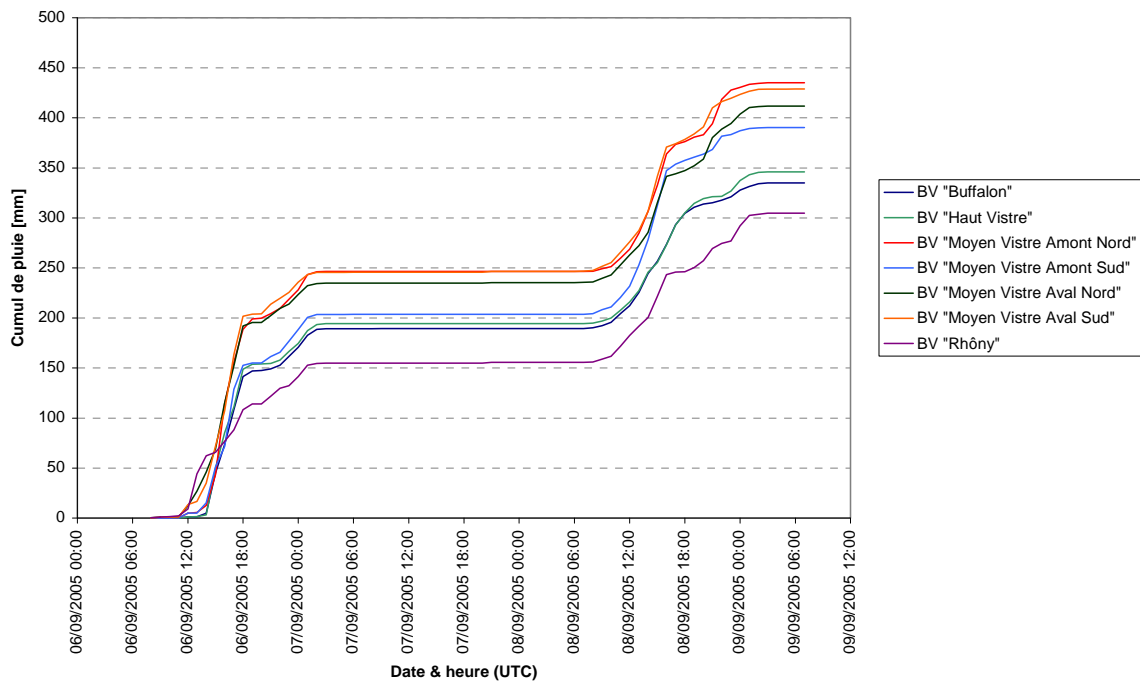


Source : OHMCV (SEVNOL).

Au vu des cartes ci-dessus, on peut faire les constatations suivantes :

- ▶ l'évènement dans son ensemble a globalement concerné la zone du Moyen Vistre ;
- ▶ la première cellule orageuse (6 septembre) a principalement affecté les bassins versants du Moyen Vistre Aval Nord et Sud (324.5 mm au pluviographe de Bernis) ;
- ▶ la seconde cellule orageuse (8 septembre) a principalement affecté le bassin versant du Moyen Vistre Amont Nord (218.5 mm à la station Nîmes-DDE).

Pluies de bassin - septembre 2005.



	P1Hmax	P2Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax	PJMAX	CUMUL
BV "Buffalon"	40.1	68.5	103.8	145.6	183.9	189.4	142.4	281.6
BV "Haut Vistre"	46.6	82.1	107.9	152.2	190.2	194.4	182.7	332.3
BV "Moyen Vistre Amont Nord"	70.9	112.3	145.3	193.4	237.6	246.5	237.2	439.8
BV "Moyen Vistre Amont Sud"	57.2	81.0	113.4	150.0	195.5	203.6	207.1	394.9
BV "Moyen Vistre Aval Nord"	45.8	83.1	122.8	179.7	212.4	234.7	247.2	452.7
BV "Moyen Vistre Aval Sud"	56.5	94.7	129.9	188.3	226.6	245.8	266.4	461.1
BV "Rhôny"	34.9	53.0	59.9	99.1	132.1	154.8	165.2	335.8
BV "Vistre au Cailar"	37.9	74.3	106.2	155.7	192.0	211.1	207.8	388.4

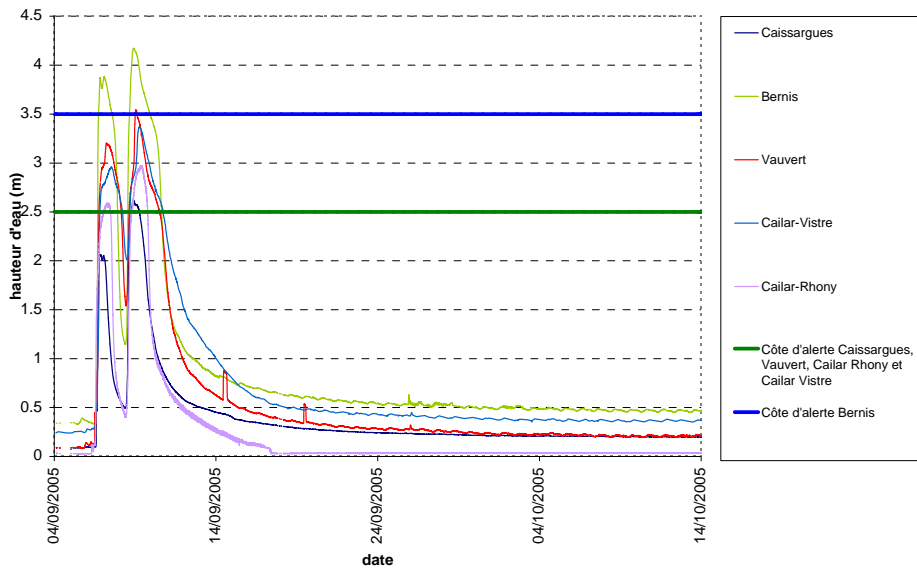
Au regard des pluies de bassin maximales en 12 heures (durée de chacune des deux averses), la période de retour des pluies des sous-bassins versants principaux est inférieure à l'occurrence centennale.

A l'échelle globale du bassin versant (490 km²), la pluie maximale en 12h est de 192 mm (1^{ère} averse), soit une période de retour comprise entre 25 et 30 ans.

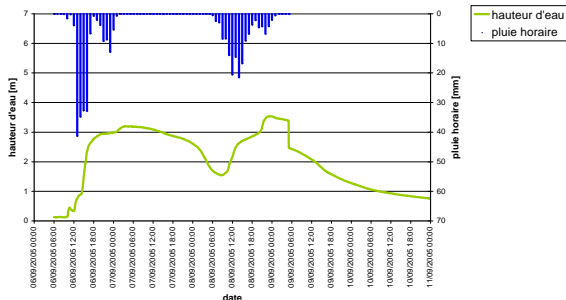
Toujours à l'échelle globale du bassin versant, le cumul pluviométrique total qui correspond à une pluie maximale en 72h est de 388 m. Cette valeur est supérieure au quantile de pluie bassin centennale en 72h (361 mm). **La pluie maximale observée en 72h lors de la crue de septembre 2005 est donc plus que centennale (période de retour estimée à 120 ans environ).**

Localement, au regard de la pluie bassin du Vistre sans prise en compte de l'abattement, les cumuls atteints sont plus que centennaux. A Bernis par exemple, le cumul maximal en 12h est de 308 mm, soit une période de retour de 130 ans environ.

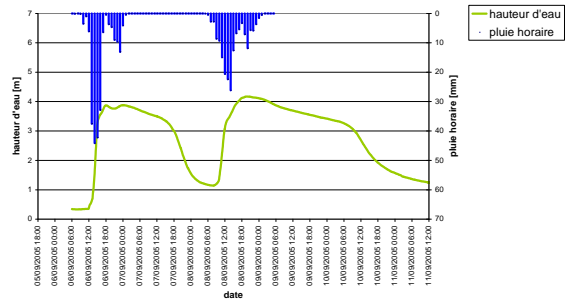
Limnigrammes et hyétogrammes associés - septembre 2005.



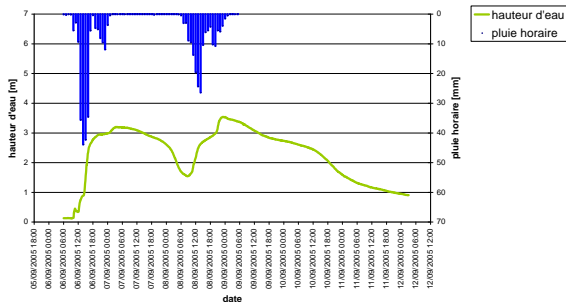
Caissargues sept2005



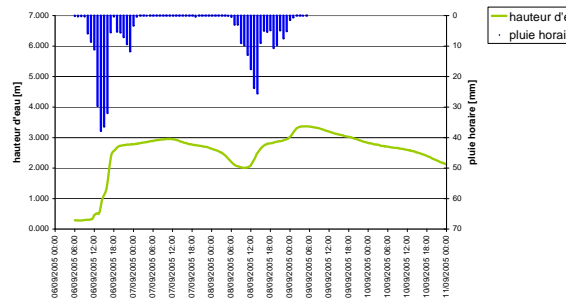
Bernis sept2005



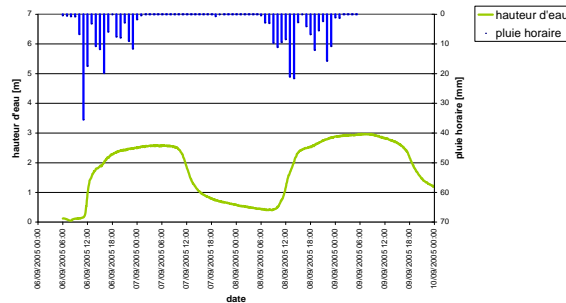
Vauvert sept2005



Vistre au Cailar sept2005



Rhône au Cailar sept2005



Les éléments concernant les temps de propagation entre les stations et les temps de réponse du bassin versant figurent dans la synthèse de l'analyse hydrologique des crues historiques.

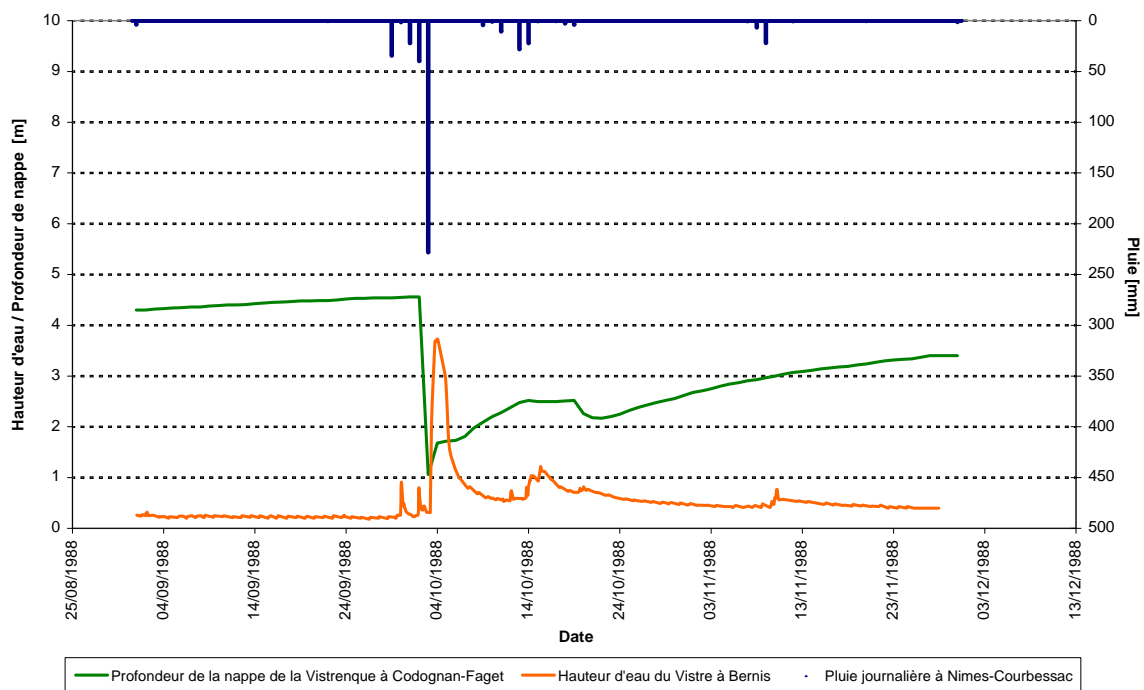
6.4.2 Crue d'octobre 1988

Dans la nuit du 2 au 3 octobre 1988, la région Nîmoise a été affectée par un épisode pluvieux d'une rare intensité.

L'évènement, très localisé, a principalement affecté le plateau des Garrigues au Nord-Est de l'agglomération de Nîmes provoquant la crue des cadereaux interceptés par les zones urbaines de Nîmes. Le système orageux a duré environ 8 heures avec des intensités pluvieuses de l'ordre de 50 mm/h, le cumul ayant atteint 420 mm sur les hauteurs de Mas de Ponge.

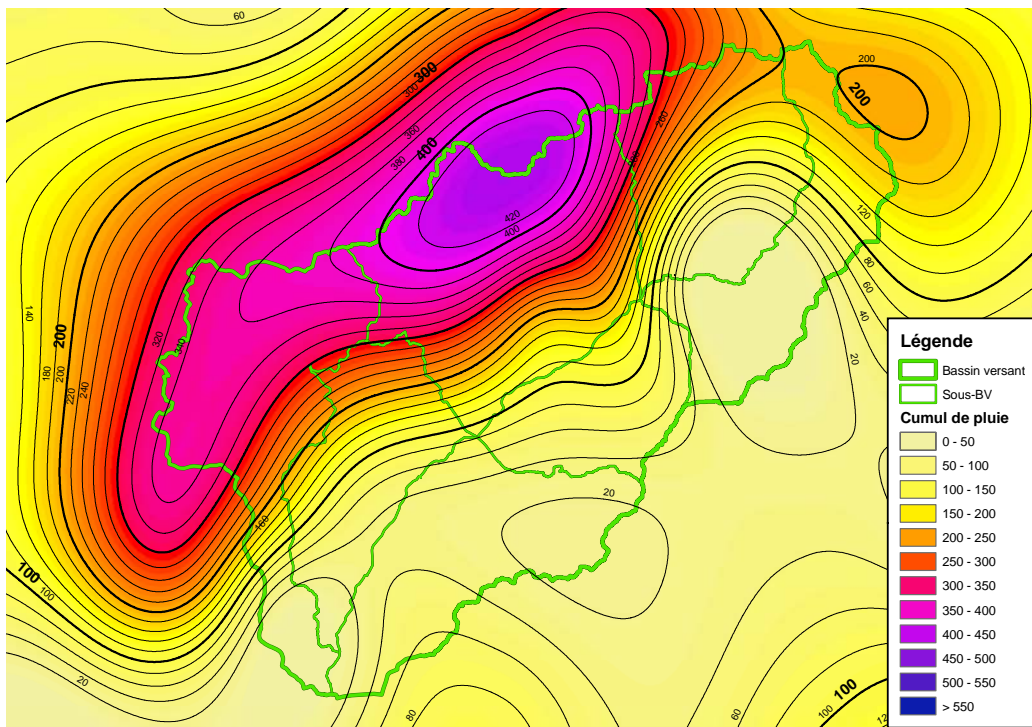
A l'origine de cet évènement, un système convectif régénératif et quasi stationnaire, qui a touché quasi-exclusivement les bassins versants des cadereaux de Nîmes et le bassin du Rhône. En effet, les stations de Bouillargues et de Nîmes-Garons situés quelques kilomètres au Sud-Est n'ont respectivement relevé que mm.

Comportement hydrologique général du Vistre lors de la crue d'octobre 1988.



Au vu du graphique précédent, on peut faire les constatations suivantes :

- ▶ bien que l'antécédent pluviométrique soit assez élevé (60 mm environ sur les 3 jours précédents la pluie diluvienne de la nuit du 2 au 3 octobre), le faible niveau de la nappe de la Vistrenque témoigne d'un faible degré de saturation des sols ;
- ▶ la variation importante de la profondeur de la nappe (delta maximum de 3.5 m) montre la forte absorption du sol pour le pic de la crue du Vistre.

Cumul pluviométrique spatialisé du 02/10/1988 06h00 au 04/10/1988 06h00 (UTC).

Source : Météo France, DDTM30.

Au vu de la carte ci-dessus, on constate clairement que :

- ▶ l'épisode pluvio-orageux a principalement touché la partie Nord du bassin (Moyen Vistre Amont Nord, Rhône et Haut Vistre) ;
- ▶ les précipitations sur la partie médiane et aval ont été bien plus faibles.

Pluies de bassin - octobre 1988.

	P12Hmax	P24Hmax	PJMAX	CUMUL
BV "Buffalon"	93.1	93.1	93.1	93.1
BV "Haut Vistre"	161.1	161.1	161.1	161.1
BV "Moyen Vistre Amont Nord"	283.0	283.0	283.0	283.0
BV "Moyen Vistre Amont Sud"	93.4	93.4	93.4	93.4
BV "Moyen Vistre Aval Nord"	99.4	99.4	99.4	99.4
BV "Moyen Vistre Aval Sud"	31.2	31.2	31.2	31.2
BV "Rhône"	280.0	280.0	280.0	280.0
BV "Vistre au Cailar"	168.6	168.6	168.6	168.6

Au regard des pluies de bassin maximales en 12 heures (durée de l'averse), la période de retour des pluies du bassin du Rhône est plus que centennale (comprise entre 110 et 120 ans). Pour le bassin du Moyen Vistre Amont Nord, l'effet de spatialisation fait que, bien que la pluie maximale en 12h est quasi égale à celle du bassin du Rhône, son occurrence est inférieure à la centennale (comprise entre 50 et 60 ans).

A l'échelle globale du bassin versant (490 km²), le cumul pluviométrique global, qui correspond peu ou prou à la pluie maximale en 12h est de l'ordre de 170 mm, soit une période de retour de 20 ans.

Localement, au regard de la pluie bassin du Vistre sans prise en compte de l'abattement, les cumuls atteints sont plus que centennaux. Par exemple, les cumuls maximaux en 12h enregistrés à Nîmes-DDE, Calvisson (BV du Rhône) et Nîmes-Ponge (au Nord de Nîmes) sont respectivement de 310.5, 339 et 420 mm de périodes de retour respectives 130, 170 et 350 ans environ.

Les éléments concernant le temps de réponse du bassin versant figurent dans la synthèse de l'analyse hydrologique des crues historiques.

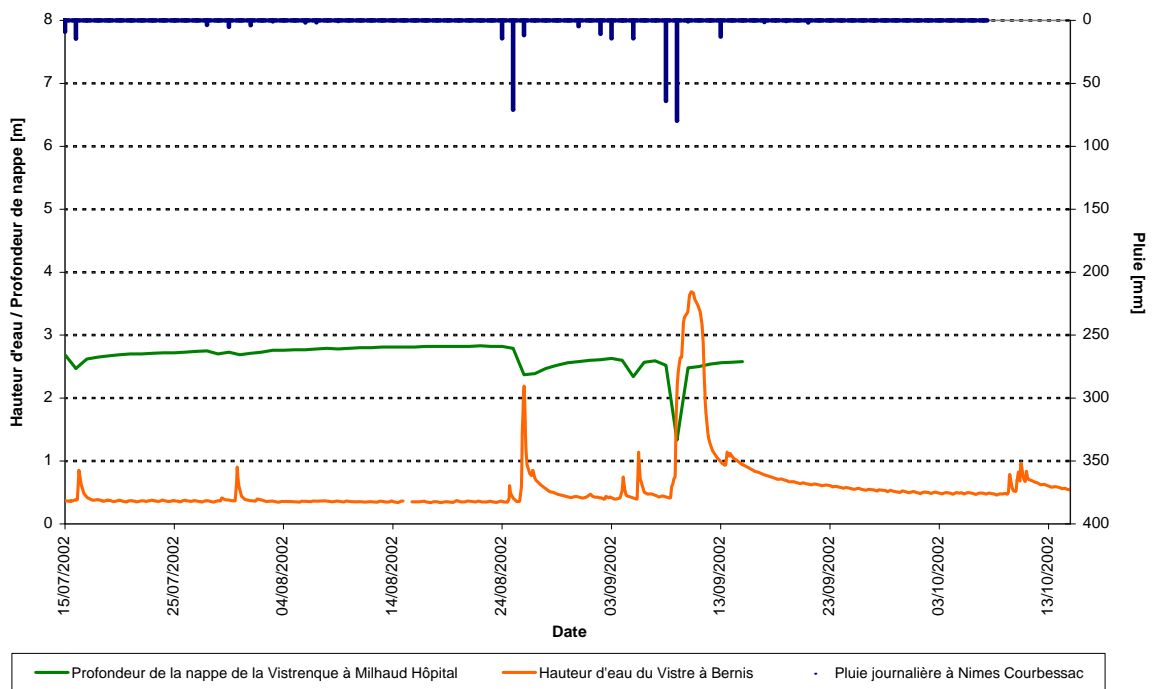
6.4.3 Crue de septembre 2002

Les dates des 8 et 9 septembre 2002 restent associées aux inondations catastrophiques pour le département du Gard avec un épocentre de pluies à plus de 600 mm à Anduze.

Les deux tiers du département ont été touchés par des précipitations de plus de 300 mm et des cumuls de 400 mm en 2 jours ont concerné près de 1800 km².

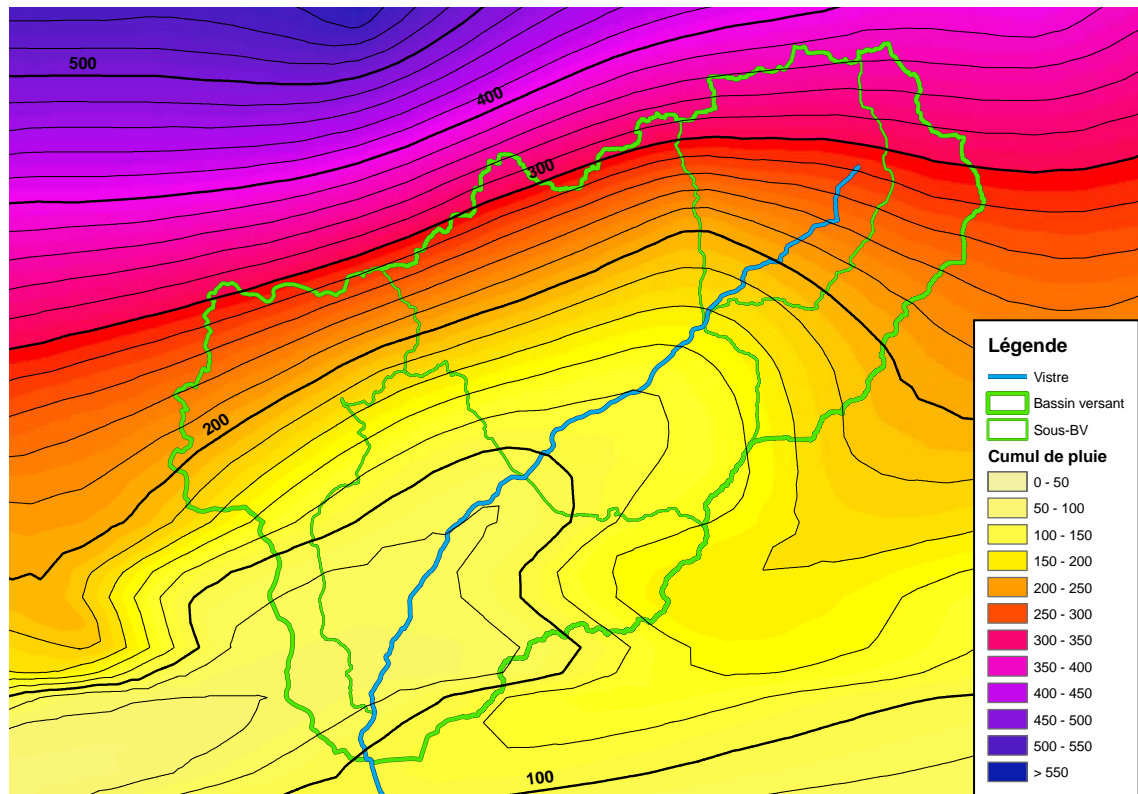
Cet épisode a principalement concerné le Nord et le centre du département du Gard. Le bassin du Vistre a été touché dans une moindre mesure.

Comportement hydrologique général du Vistre lors de la crue de septembre 2002.



Au vu du graphique précédent, on peut faire les constatations suivantes :

- ▶ les antécédents pluviométriques à 10 et 30 jours avant la pluie du 8 septembre sont respectivement de 30 et 90 mm ainsi que la profondeur de la nappe de 20 cm plus bas qu'en temps sec, témoignent d'un degré de saturation des sols assez élevé ;
- ▶ la variation de la profondeur de la nappe durant la crue du 8 et 9 septembre (delta maximum de 1.2 m) montre néanmoins que la nappe « tamponne » assez fortement le pic de crue.

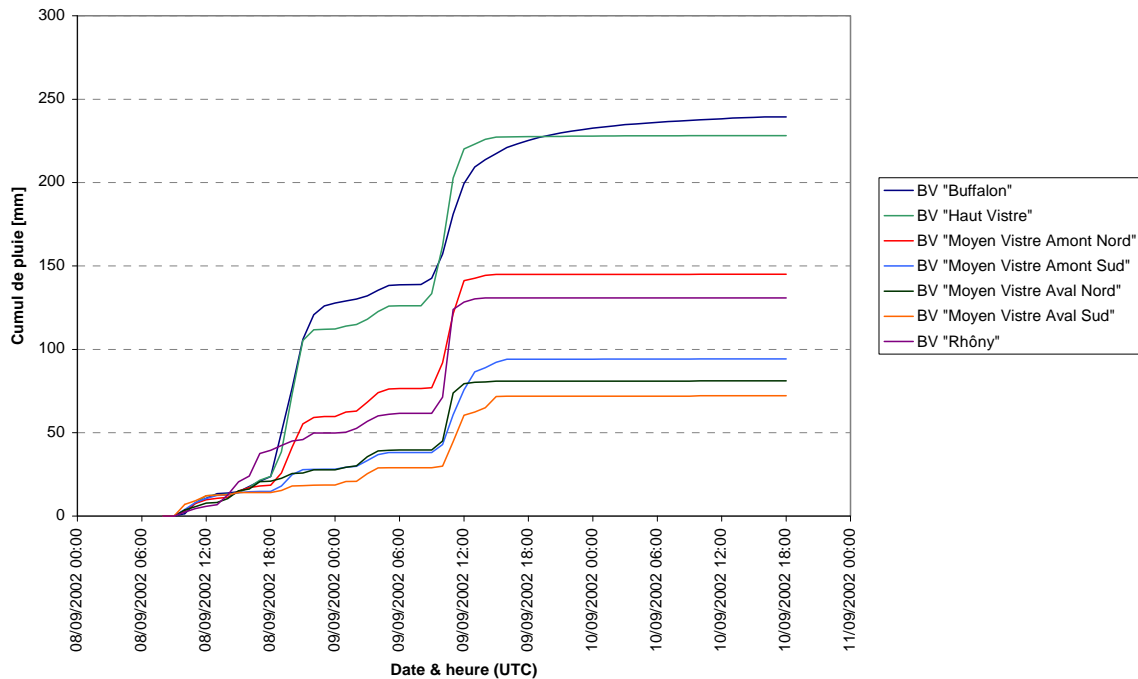
Cumul pluviométrique spatialisé du 08/09/2002 06h00 au 10/09/2002 06h00 (UTC).

Source : OHMCV (SEVNOL).

Au vu de la carte ci-dessus, on peut faire les constatations suivantes :

- ▶ l'évènement a principalement concerné le Nord et l'amont du bassin du Vistre ;
- ▶ les principaux secteurs concernés sont ceux du Haut Vistre et du Buffalon (234.5 mm à Marguerittes, 260 mm à Meynes et 389.5 à Remoulins) ;
- ▶ les secteurs Sud et aval n'ont quasiment pas été touchés (31 mm à Vauvert, 33 m au Cailar et 58 mm à Bernis).

Pluies de bassin - septembre 2002.



	P1Hmax	P2Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax	PJMAX	CUMUL
BV "Buffalon"	29.0	55.7	82.2	105.0	119.2	203.2	118.8	227.4
BV "Haut Vistre"	40.6	69.3	86.8	99.9	111.0	213.2	125.3	233.5
BV "Moyen Vistre Amont Nord"	29.2	49.2	64.2	67.8	81.5	133.1	91.4	167.3
BV "Moyen Vistre Amont Sud"	17.9	32.8	43.6	54.1	59.1	79.4	52.8	90.7
BV "Moyen Vistre Aval Nord"	28.7	34.3	39.7	41.3	51.6	72.0	38.6	76.6
BV "Moyen Vistre Aval Sud"	15.9	30.5	32.4	42.6	46.3	57.8	38.6	69.4
BV "Rhôny"	52.5	62.3	66.7	69.2	80.0	123.5	71.9	130.6
BV "Limni Vistre au Cailar"	31.1	45.1	56.9	64.5	74.2	125.3	73.1	145.5

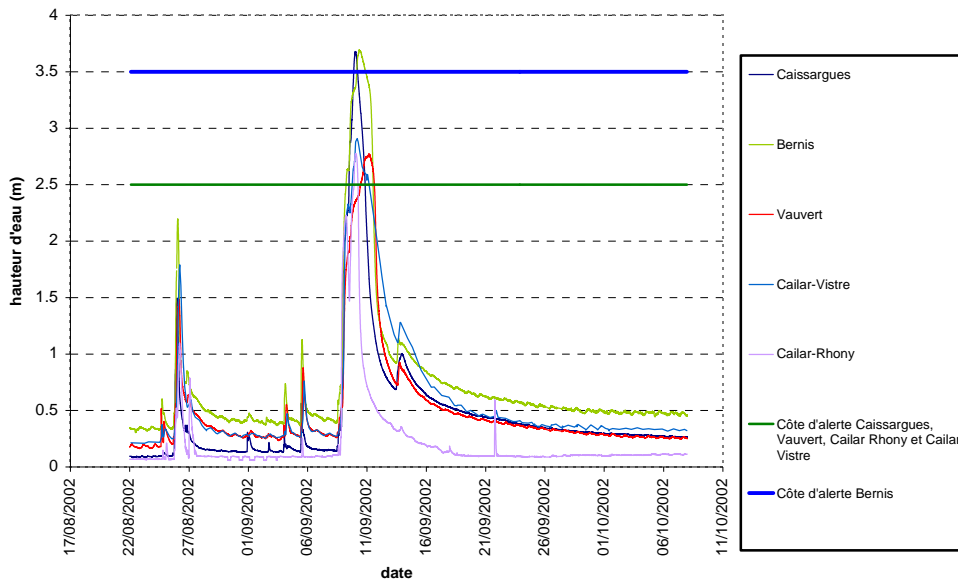
Le graphique ci-dessus montre que cet évènement pluvieux se décompose en 2 épisodes intenses, le 8 septembre en fin d'après-midi et le 9 septembre entre 10h et 13h, la deuxième averse étant la plus intense.

Au regard des pluies de bassin maximales en 3 heures (durée approximative de chacune des deux averses), la période de retour des pluies de chaque secteur reste inférieure à l'occurrence centennale.

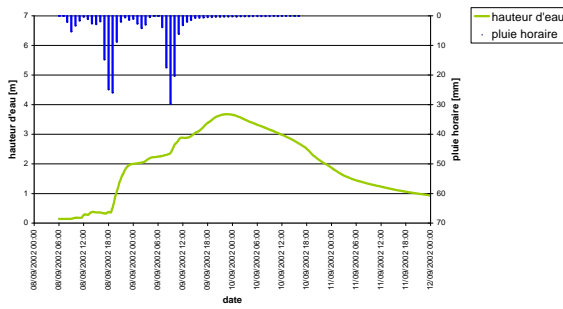
A l'échelle globale du bassin versant (490 km²), les pluies maximales en 3h et 24h sont respectivement de 56.9 et 125.5 mm avec des périodes de retour associées assez faibles (inférieure à la décennale).

Localement, au regard de la pluie bassin du Vistre sans prise en compte de l'abattement, les cumuls atteints sont assez élevés. A Meynes par exemple, le cumul journalier est de 260 mm, soit une période de retour comprise entre 40 et 50 ans environ.

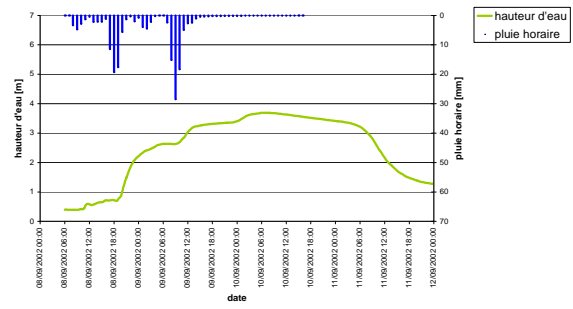
Limnigrammes et hyétogrammes associés - septembre 2002.



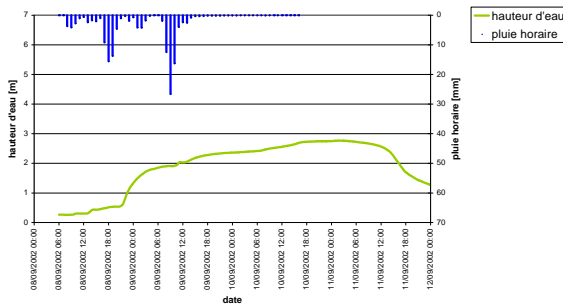
Caissargues sept2002



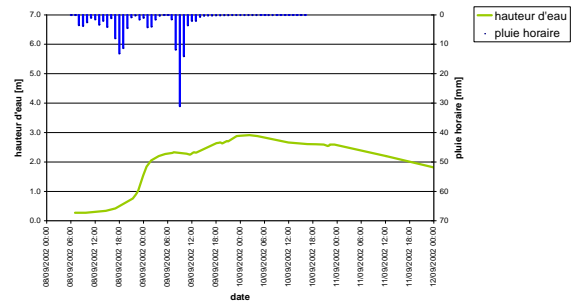
Bernis sept2002



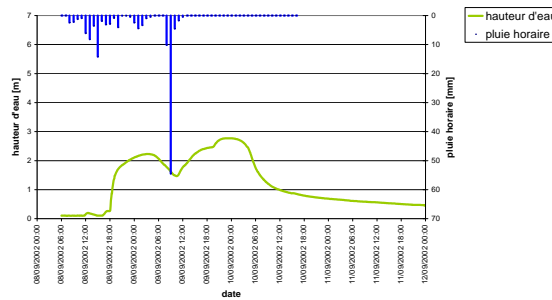
Vauvert sept2002



Vistre au Cailar sept2002



Rhony au Cailar sept2002



Les éléments concernant les temps de propagation entre les stations et les temps de réponse du bassin versant figurent dans la synthèse de l'analyse hydrologique des crues historiques.

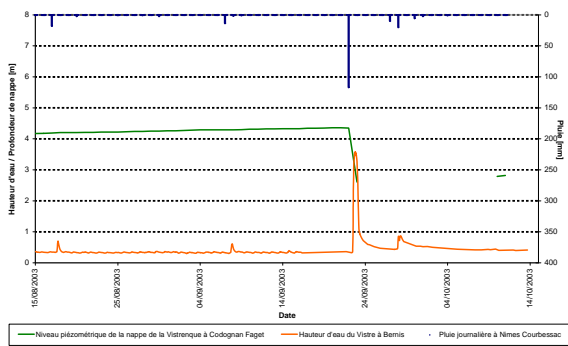
6.4.4 Crues de septembre 2003 et de décembre 2003

Les évènements pluvio-orageux de septembre 2003 et de décembre 2003 ont entraîné des débordements du Vistre mais sont de moindre importance comparés à ceux ayant engendré les crues de septembre 2005, octobre 1988 et septembre 2002.

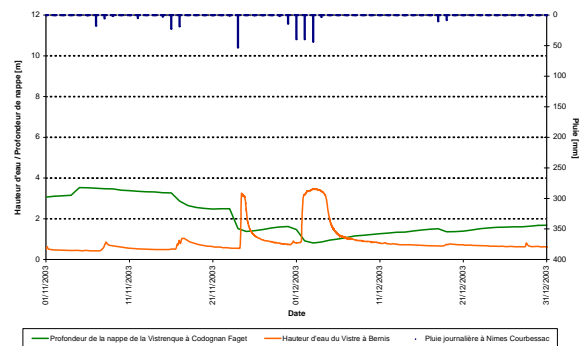
La crue du 22 septembre 2003 fait suite à une longue période de sécheresse et reste très localisée dans le temps (averse de 12 heures) et dans l'espace (cellule pluvio-orageuse centrée sur le plateau des Costières sur l'امت des bassins versants du Rieu, du Petit et du Grand Campagnolle, du Gour et de l'Arriasse, de l'Araille et du Valat de la Reyne). Les cumuls atteints localement sont importants (247 mm au Mas d'Asport à Saint-Gilles, 280 mm à la cave coopérative de Générac, 304.5 mm à la station du SPC GD au Cailar).

La crue de décembre 2003 fait suite à une longue période humide (antécédents pluviométriques en 10 et 30 jours respectivement de 100 et 175 mm environ) et s'est donc produite dans des conditions de sols saturés, ce qui explique l'importance de cette crue malgré des pluies relativement faibles (pour l'ensemble des pluviographes de la zone, les pluies maximales en 24h excèdent rarement 100 mm). Il n'est pas possible de localiser un épicentre du phénomène sur le bassin du Vistre. En effet, il s'agit des pluies résiduelles et éparées suite au déluge qui s'est abattu pendant plusieurs jours sur la vallée du Rhône.

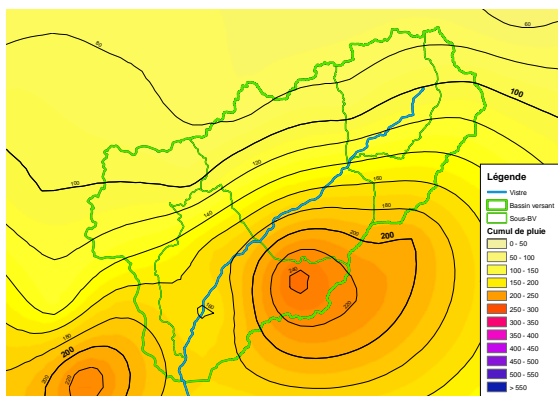
Crue de septembre 2003.



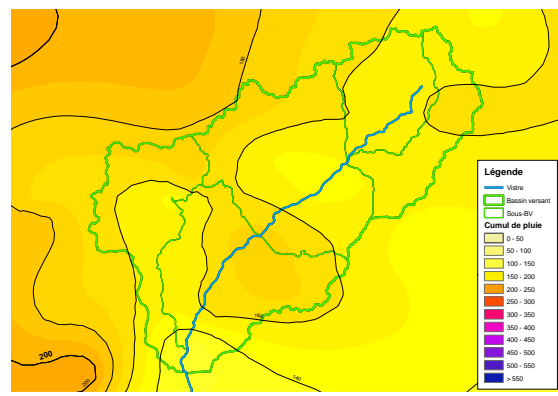
Crue de décembre 2003.



Cumul pluviométrique spatialisé du 22/09/2003 06h00 au 23/09/2003 06h00 (UTC).

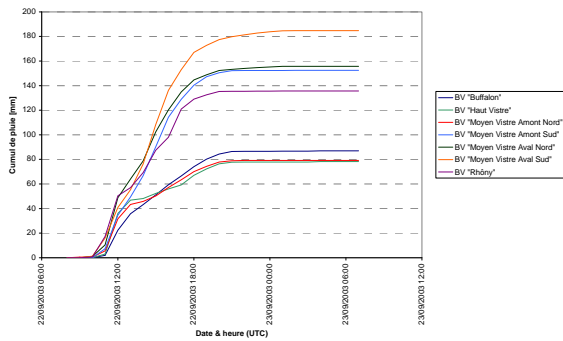


Cumul pluviométrique spatialisé du 29/11/2003 06h00 au 04/12/2003 06h00 (UTC).



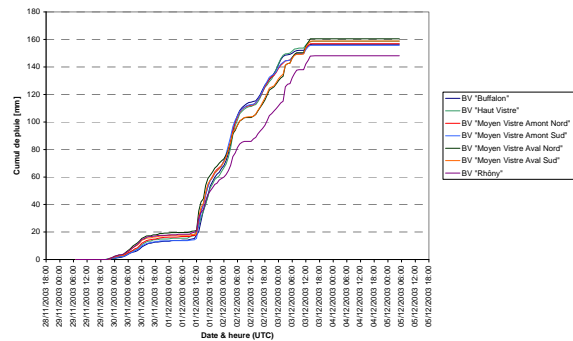
Source : OHMCV (SEVNOL).

Pluies de bassin - septembre 2003.



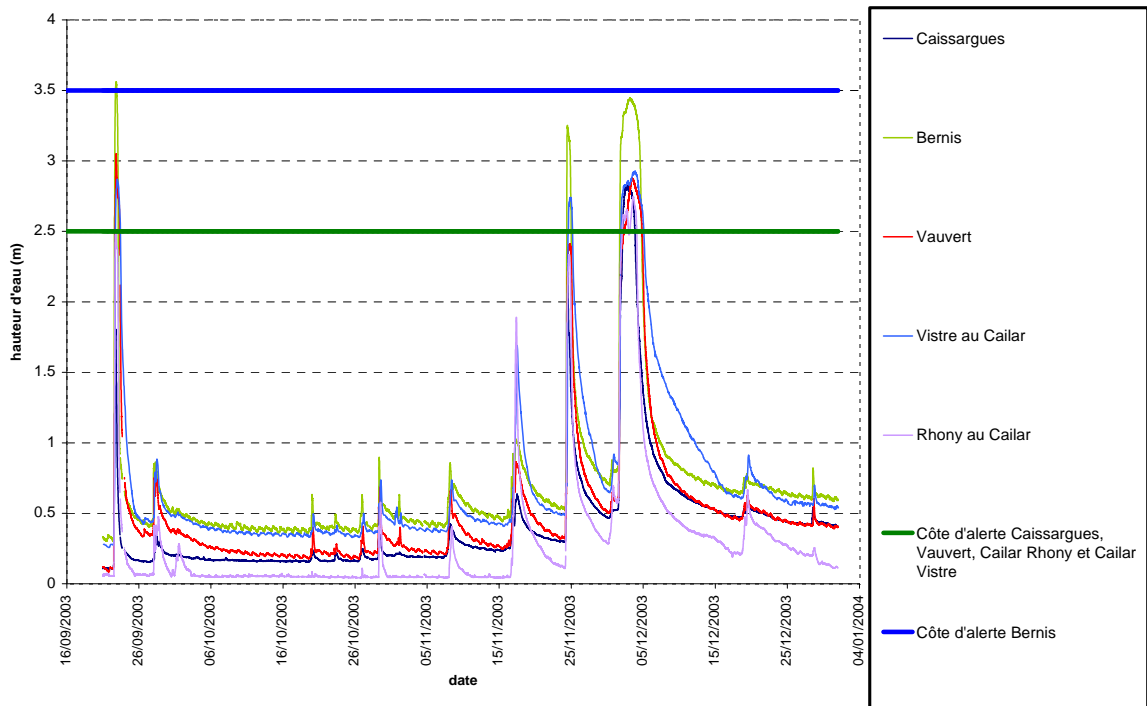
	P1Hmax	P2Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax	PJMAX	CUMUL
BV "Buffalon"	20.5	33.9	41.2	64.5	86.8	86.9	117.2	117.2
BV "Haut Vistre"	33.0	43.8	46.8	56.1	77.8	78.2	82.2	82.2
BV "Moyen Vistre Amont Nord"	26.0	37.7	42.8	57.7	78.6	79.2	81.1	81.1
BV "Moyen Vistre Amont Sud"	27.4	47.5	64.8	121.6	152.3	152.4	159.7	159.7
BV "Moyen Vistre Aval Nord"	38.4	53.6	68.3	124.5	153.2	155.7	168.9	168.9
BV "Moyen Vistre Aval Sud"	32.0	59.9	80.8	137.0	180.1	184.6	206.2	206.2
BV "Rhöny"	33.0	49.6	56.4	103.7	135.4	135.6	134.0	134.0
BV "Limni Vistre au Cailar"	28.9	40.9	50.9	91.2	119.2	120.5	130.3	130.3

Pluies de bassin - décembre 2003.



	P1Hmax	P2Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax	PJMAX	CUMUL
BV "Buffalon"	9.5	16.7	23.3	36.4	54.1	96.9	101.2	163.7
BV "Haut Vistre"	9.6	16.4	23.0	36.5	51.9	93.7	91.0	161.6
BV "Moyen Vistre Amont Nord"	9.3	17.7	22.0	39.6	53.6	94.3	99.1	172.2
BV "Moyen Vistre Amont Sud"	10.6	18.4	25.0	41.9	56.4	96.1	91.8	158.5
BV "Moyen Vistre Aval Nord"	14.4	20.8	23.2	40.2	52.2	83.3	84.4	170.4
BV "Moyen Vistre Aval Sud"	11.8	18.9	22.0	38.6	52.1	85.5	85.0	171.6
BV "Rhöny"	10.4	13.6	15.5	29.0	39.2	67.4	69.2	157.1
BV "Limni Vistre au Cailar"	8.7	15.5	19.7	36.1	49.5	87.5	88.8	165.5

Limnigrammes de septembre 2003 et de décembre 2003.

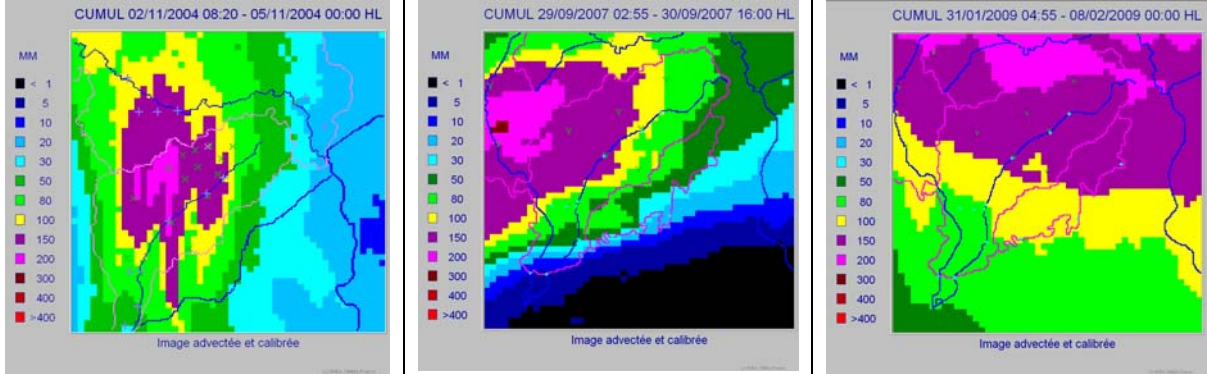


Les éléments concernant les temps de propagation entre les stations et les temps de réponse du bassin versant figurent dans la synthèse de l'analyse hydrologique des crues historiques.

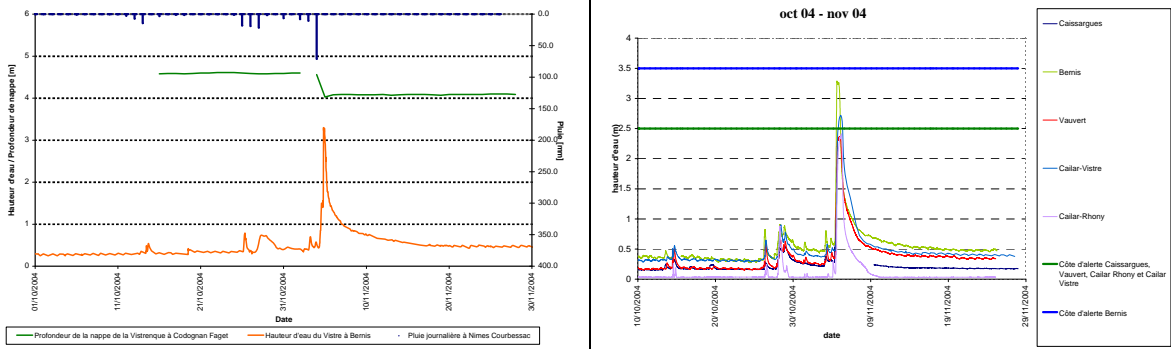
6.4.5 Crues de novembre 2004, septembre 2007 et février 2009

Trois crues récentes du Vistre, significatives mais non débordantes, ont été également analysées : novembre 2004, septembre 2007 et février 2009.

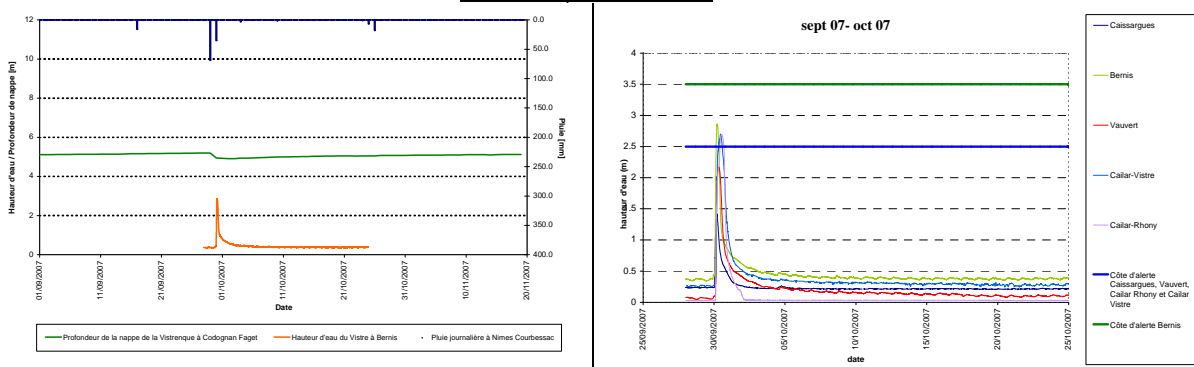
Lames d'eau radar.



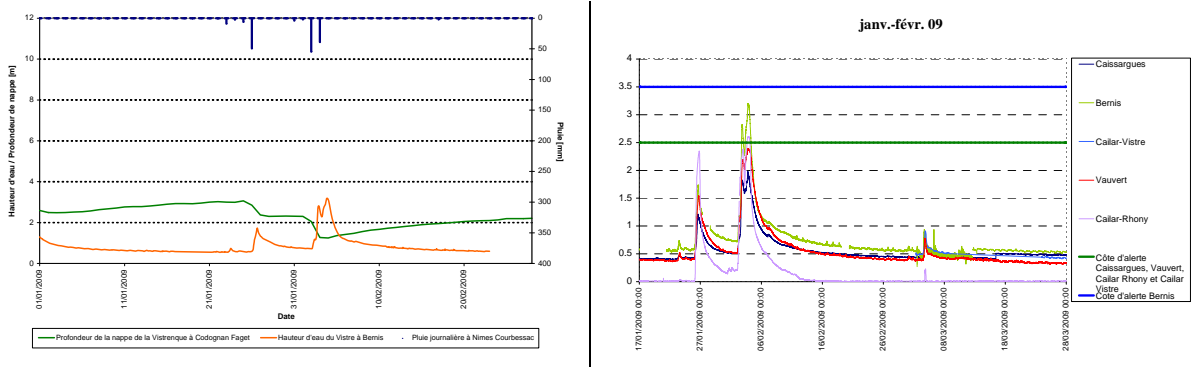
Crue de novembre 2004.



Crue de septembre 2007.



Crue de février 2009.

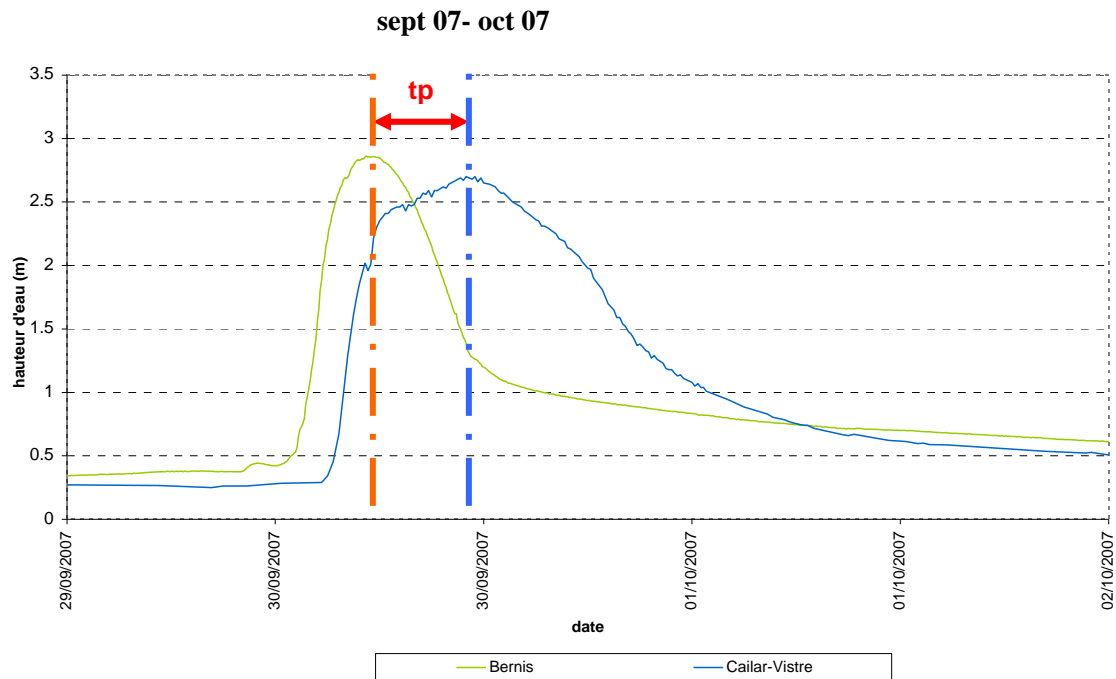


6.4.6 Temps de propagation et temps de réponse

TEMPS DE PROPAGATION ENTRE LES STATIONS

Le temps de propagation (tp) est défini ici comme la durée entre l'instant où un pic de crue donné est atteint à une station amont et l'instant où ce même pic de crue est atteint à une station aval.

Illustration de la définition du temps de propagation entre 2 stations.



L'analyse a été menée sur les 7 crues suivantes : septembre 2002, septembre 2003, décembre 2003, novembre 2004, septembre 2005, septembre 2007 et février 2009.

Les ordres de grandeur qui résultent de cette analyse sont les suivants :

Tronçon	Longueur [km]	Temps de propagation [h]			Vitesse de propagation [m/s]		
		min	moy	max	min	moy	max
Caissargues – Bernis	7.9	1.0	1.5	2.5	0.9	1.5	2.2
Bernis – Vauvert	10.4	2.0	2.5	3.5	0.8	1.2	1.4
Vauvert – Le Caillar	2.2	0.5	2.0	3.0	0.2	0.3	1.2
Caissargues – Le Caillar	20.5	3.5	4.5	6.5	0.9	1.3	1.6

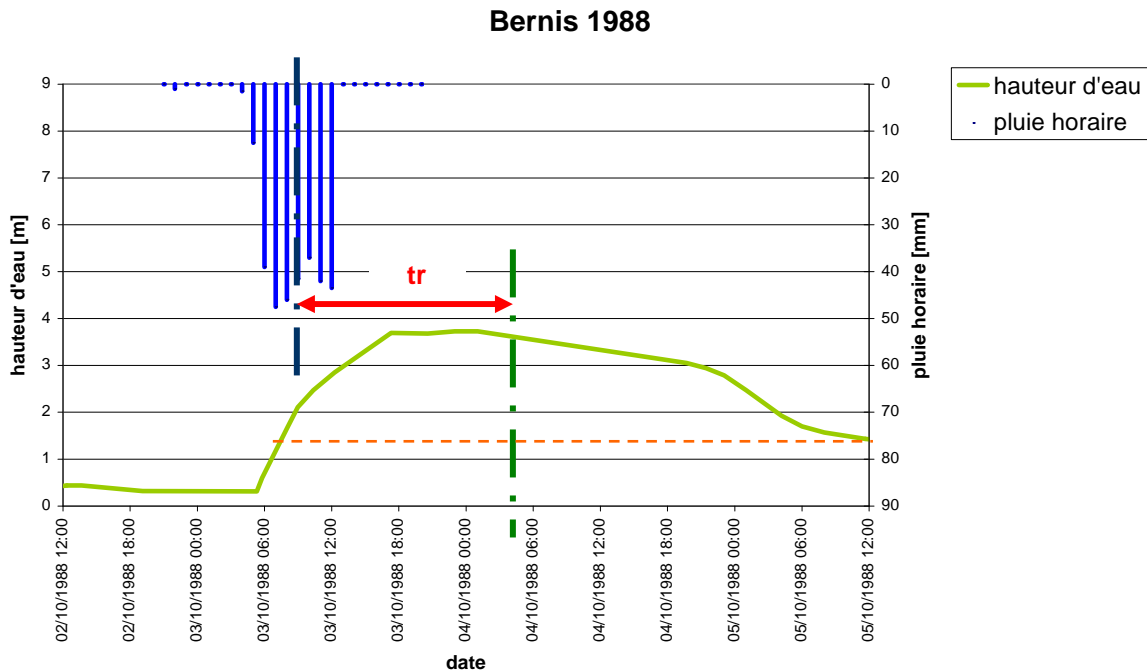
On constate que la vitesse de propagation décroît progressivement de l'amont vers l'aval, ce qui est logique compte tenu des caractéristiques morphologiques de pente du cours d'eau.

On notera que les valeurs faibles de temps de propagation et donc les valeurs élevées de vitesse correspondent aux crues non débordantes (novembre 2004, septembre 2007 et février 2009), ce qui s'explique par un ralentissement dynamique de l'onde de crue lorsque le cours d'eau déborde.

TEMPS DE REPONSE DES BASSINS VERSANTS AU DROIT DES STATIONS

Le temps de réponse du bassin versant (t_r) est défini ici comme le temps qui sépare les barycentres du hétérogramme et du limnigramme associé.

Illustration de la définition du temps de réponse du bassin versant.



L'analyse a été menée sur les 8 crues suivantes : octobre 1988, septembre 2002, septembre 2003, décembre 2003, novembre 2004, septembre 2005, septembre 2007 et février 2009.

Désignation du BV	Aire BV [km ²]	Temps de réponse (t_r) pour les évènements [h]									Moyenne des t_r [h]		
		oct-88	sept-02	sept-03	déc-03	nov-04	sept-05 (pic 1)	sept-05 (pic 2)	sept-07	févr-09	toutes les crues	crues débord.	crues non débord.
Vistre à Caissargues	184	-	23	6	22	-	19	12	6	4	13	16	5
Vistre à Bernis	291	35	33	7	27	6	14	18	6	7	17	22	6
Vistre à Vauvert	370	-	36	10	35	9	24	23	8	12	20	26	10
Vistre au Cailar	490	-	33	10	32	12	21	24	13	-	21	24	12
Rhône au Cailar	80	-	-	7	21	12	10	15	12	14	13	13	13

Au vu du tableau précédent, on peut faire les constatations suivantes :

- ▶ globalement sur le Vistre, le temps de réponse croît de l'amont vers l'aval avec l'augmentation de la superficie drainée ; toutefois, selon l'importance de la crue du Rhône (apport situé entre les stations du Vistre à Vauvert et au Cailar), le pic de crue « Vistre + Rhône » observé au Cailar peut être légèrement en avance par rapport à la crue « Vistre seul » ;
- ▶ toujours concernant le Vistre, le temps de réponse moyen est plus grand pour les crues débordantes que pour les crues non débordantes, ce qui s'explique par un ralentissement dynamique de l'onde de crue lorsque le cours d'eau déborde.

On retiendra un temps de réponse global du bassin du Vistre au Cailar de 12 heures pour les crues non débordantes et de 24 heures pour les crues débordantes, ainsi qu'un temps de réponse du Rhône au Cailar de 13 heures.

6.5 SYNTHÈSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE

6.5.1 Description générale du fonctionnement hydraulique

Protégés des crues des cours d'eau principaux (Vistre, Rhône) du fait de leur position de piémont, **les villages situés dans les zones amont des bassins versants sont exposés au risque d'inondation :**

- ▶ **par ruissellement**, provenant du plateau des Garrigues ou du plateau des Costières,
- ▶ **par les débordements des vallons secs** de ces piémonts, qui pour certains traversent les villages, et qui se transforment en torrents lors des fortes pluies. Les ruisseaux issus des collines amont ont été pour la plupart canalisés ; du fait de leur faible capacité hydraulique, leur débordement induit l'inondation d'une partie importante des espaces récemment urbanisés, notamment ceux situés en périphérie des centres bourgs historiques.

Certaines communes connaissent actuellement un développement urbain important vers les pieds de versants, anciennement réservés aux cultures agricoles, ce qui les expose au **risque d'inondation par débordement du Vistre dans la plaine**.

Les villages situés dans la plaine amont du Vistre et du Buffalon sont également soumis à un risque d'inondation par ruissellement, combiné au risque d'accumulation d'eau dans la plaine, générant une configuration complexe. Caractérisés par une très forte pression démographique, ces secteurs sont particulièrement vulnérables (Manduel, Redessan, Rodilhan, Marguerittes).

Depuis la confluence avec le Buffalon jusqu'au Cailar, **la plaine du Vistre** fonctionne comme une large zone d'expansion lors des grandes crues, avec un rétrécissement au droit du pont de Candiac (RD139).

Le canal du Rhône à Sète sert d'exutoire aux eaux du Vistre, avec deux évacuations possibles: une vers les portes du Vidourle, l'autre vers le chenal maritime du Grau-du-Roi. Cependant, les crues du Vidourle entraînent la fermeture des portes du Vidourle, empêchant l'évacuation des crues du Vistre lors des crues concomitantes des deux cours d'eau.

Par ailleurs, l'altitude très basse de la plaine dans la partie aval (1 à 3 m NGF), induit une forte influence du niveau marin, notamment lors des périodes de dépression atmosphérique et de fort vent du Sud qui accompagnent généralement les événements pluviométriques majeurs. Cette configuration topographique n'est pas propice au ressuyage des terres inondées à l'issue de la crue ; la durée d'évacuation des eaux peut alors être de plusieurs semaines.

Les épisodes de crues se déroulent généralement suivant les étapes suivantes :

- ▶ **étape 1 : fortes précipitations amenées par un flux de Sud** sur le plateau des Garrigues ou le plateau des Costières ; la durée intense des épisodes pluvieux significatifs variant de 6 à 24 heures ;
- ▶ **étape 2 : ruissellements pluviaux sur les bassins de tête**, montées des eaux rapides des affluents prenant source en piémont de coteaux (Valat des Agaouts, Canabou, cadereaux de Nîmes, Pondre, Rézil, Lone, Grand Michel, Mirman, Campagne, Rieu, Gour, Valat de la Reyne, etc.) et alimentation des cours d'eau de plaine ; formation de zones de stockage à l'amont des ouvrages structurants (A9 pour Nîmes, RN113 pour Saint-Gervasy, Milhaud et Uchaud, CD135 pour Aubord, voie SNCF pour Bezouce et Marguerittes, canal BRL pour Vauvert et Codognan, etc.) ; débits de pointe observés 1 à 3 heures après le pic d'averse selon la taille du bassin versant ;

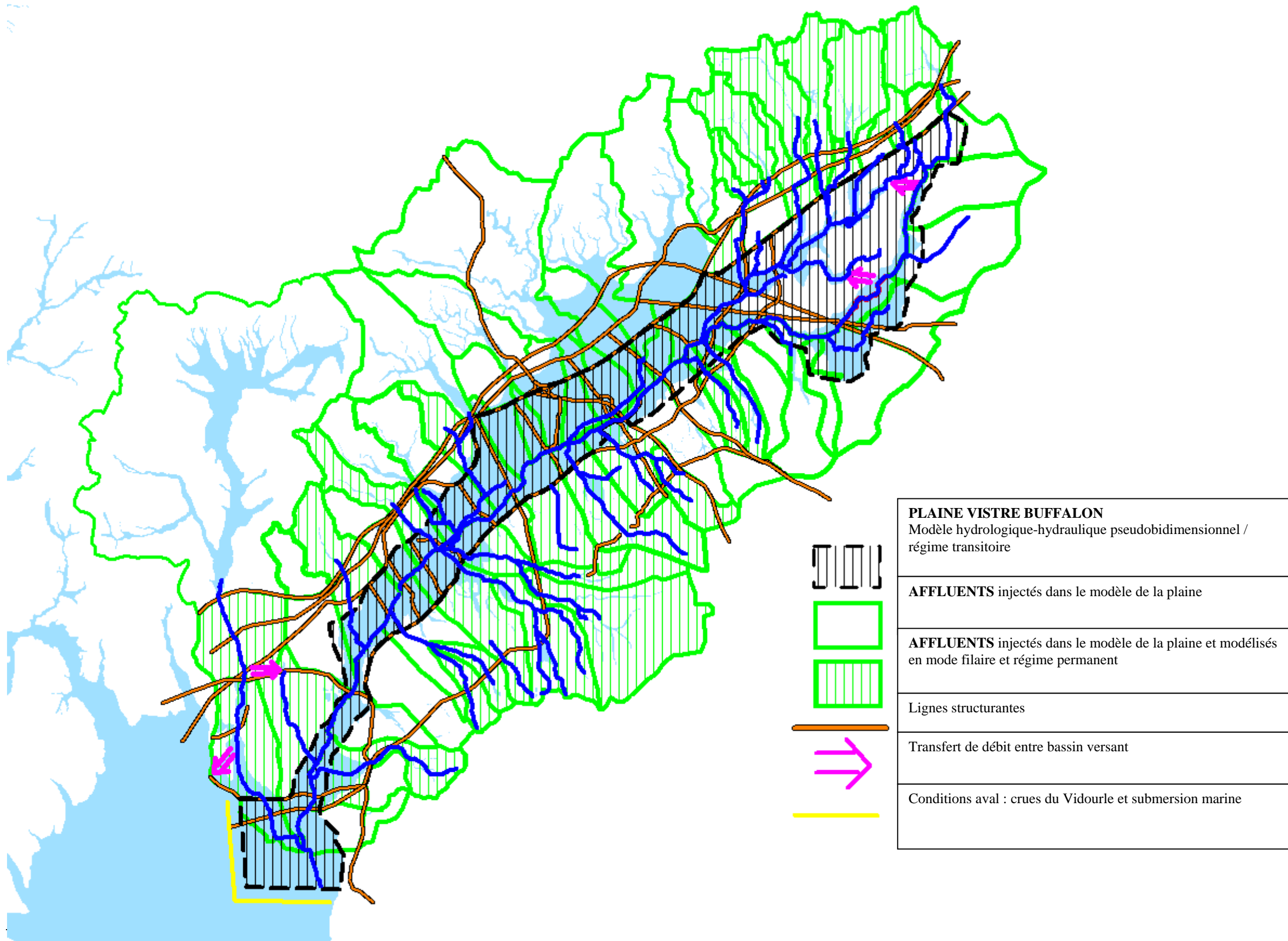
- ▶ **étape 3 : débordement des cours d'eau de plaine** avec possibilités de transfert de débit du Buffalon vers le Haut Vistre à l'aval des communes de Lédenon et Bezouze et entre Redessan et Marguerittes ; début de débordement constatés entre 3 heures à 1 demi-journée après le pic d'averse selon que l'on se place plus ou moins à l'aval du cours d'eau ;
- ▶ **étape 4 : ressuyage de la plaine du Vistre** qui pour les secteurs aval, dépend fortement des conditions aval (niveau du Vidourle et niveau de la mer) ; la durée d'évacuation des eaux varie de plusieurs jours à plusieurs semaines.

6.5.2 Synoptique du fonctionnement hydraulique

Le synoptique de la page suivante permet d'illustrer le fonctionnement hydraulique du bassin versant du Vistre.

Le débit de référence du Vistre ne pourra être défini qu'après la mise en œuvre d'une modélisation hydrologique couplée au modèle hydraulique, permettant d'estimer le ralentissement dynamique induit par la plaine du Vistre et du Buffalon.

Les débits de pointe des affluents sont estimés ci-après à l'aide des méthodes hydrologiques usuelles.



6.6 ESTIMATIONS DES DEBITS DE REFERENCE DES AFFLUENTS

6.6.1 Choix de la méthode de calcul du débit de pointe

Les débits de pointe des affluents ont été estimés à l'aide des méthodes hydrologiques suivantes :

- ▶ Méthode SCS utilisée avec une pluviométrie ajustée par la loi GEV,
- ▶ Méthode SCS utilisée avec une pluviométrie ajustée par la loi de Gumbel, pour information, puisque cet ajustement n'a pas été retenu (Cf. Hydrologie),
- ▶ Formule de Bressand-Golossoff (FBG),
- ▶ Méthode des experts définie dans le cadre des études préalables au contournement ferroviaire de Nîmes Montpellier (rapport d'expertise hydrologique et hydraulique, octobre 2004).

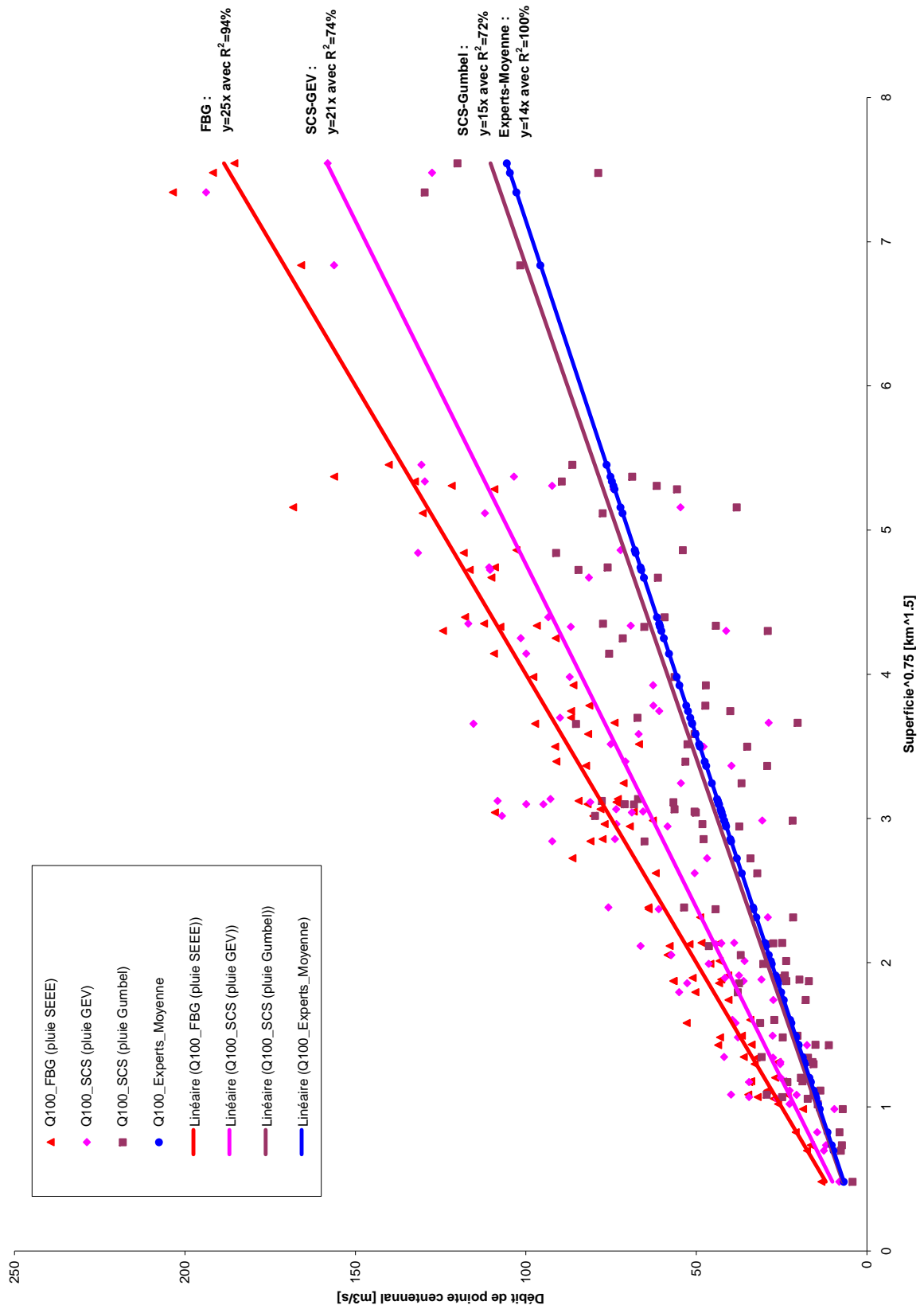
Les méthodologies et les résultats des calculs sont détaillés en annexe 1.

Le graphique de la page suivante permet de comparer les débits pseudo-spécifiques obtenus par les différentes méthodes.

On constate que les méthodes FBG et « experts » donnent les fourchettes respectivement haute et basse des débits.

Il est convenu de retenir la méthode SCS-GEV qui donne des résultats très proches (écart moyen de 16%) de la méthode FBG appliquée dans le département du Gard, et qui permet en plus de prendre en compte :

- ▶ la spatialisation de la pluie sur le bassin versant du Vistre (Cf Hydrologie)
- ▶ la nature et l'occupation des sols de manière plus fine.



6.6.2 Analyse des études antérieures

Une synthèse des études antérieures sous l'angle des débits retenus a été réalisée ci-après de manière à mieux appréhender le contexte antérieur dans lequel le choix du débit de référence va s'inscrire.

Le débit indiqué sous la source « BRLi 2010 » est le débit calculé dans le cadre de la présente étude par la méthode retenue décrite ci-avant (SCS-GEV).

LE VISTRE

Etudes hydrologiques et hydrauliques principales concernant le cours d'eau

- ▶ *Etude générale d'aménagement hydraulique du Vistre-Rhône*. BCEOM pour DDE30, Décembre 1992 [BCEOM 1992]
- ▶ *TGV Méditerranée – Branche Avignon-Montpellier – Etude hydraulique des franchissements du Vistre et du Rhône*. BCEOM pour SNCF, Juillet 1996 [BCEOM 1996]
- ▶ *Etude morphologique du bassin du Vistre*. CEDRAT Développement pour AERMC, Août 1999 [CEDRAT 1999]
- ▶ *Etude pour la modélisation et la cartographie des zones inondées Vidourle, Rhône, Cubelle, Razil, Vistre*. BCEOM pour SIABV/DDE30/DDAF30, Décembre 2000 [BCEOM 2000]
- ▶ *Ligne Nouvelle de Contournement de Nîmes et Montpellier – Rapport d'expertise hydrologique et hydraulique*. Comité d'experts pour RFF, Octobre 2004 [Experts CNM 2004]
- ▶ *Etude de caractérisation de l'évènement de septembre 2005 sur le Vistre*. CETE Méditerranée pour DDE30, Juin 2006 [CETE 2006]
- ▶ *Ligne Nouvelle de Contournement de Nîmes et Montpellier – Etudes spécifiques hydrauliques en préalable à l'avant projet détaillé – Le Vistre*. INGEROP pour RFF, Septembre 2007 [INGEROP 2007]
- ▶ *Etude hydraulique et de restauration du Vistre*. SAFEGE Environnement pour SMBVV, actuellement en cours [SAFEGE 2010]

Le tableau ci-après récapitule les valeurs des débits de pointe décennaux (Q10) et centennaux (Q100) ainsi que les valeurs des débits de pointe des crues d'octobre 1988 et de septembre 2005 fournies dans les études antérieures pour le bassin versant du Vistre aux environs du pont de la RD56, au carrefour des communes de Vestric-et-Candiac, Vergèze et Vauvert :

	BCEOM 1992	CEDRAT 1999	BCEOM 2000	Experts CNM 2004	INGEROP 2007	SAFEGE 2010
Surface [km²]	370	370	370	362	375	375
Débit [m³/s]						
Q10	90	90	90	-	100	100
Q100	150	150	180	1210	-	-
Oct-88	175	175	175	-	175	175
Sept-05	-	-	-	-	370	370

Les études CETE 2006 et INGEROP 2007 fournissent une analyse critique détaillée des études antérieures (BCEOM 1992, BCEOM 1996, CEDRAT 1999, BCEOM 2000 et Experts CNM 2004). L'étude SAFEGE 2010 reprend les résultats de l'étude INGEROP 2007.

Débits décennaux et centennaux

L'estimation des débits décennaux et centennaux du Vistre ne peut s'appuyer ni sur les données hydrométriques des stations (Cf. paragraphe 5.3), ni sur les méthodes purement hydrologiques car les conditions d'application ne sont pas réunies : pluie intense homogène à l'échelle globale du bassin versant peu probable, configuration morphologique en large plaine de faible pente et nombreux ouvrages structurants induisant un laminage important.

Seul un modèle hydrologique à l'échelle globale du bassin versant du Vistre couplé à un modèle hydraulique actualisé, permettra d'estimer les valeurs des débits.

D'après les études des experts CNM 2004 et CETE 2006, les modélisations des études BCEOM 1992, 1996 et 2000 doivent être réactualisées. De plus, ces études étant antérieures à 2005, la crue de septembre 2005, crue historique la plus forte connue sur la zone d'étude, n'a pas été utilisée pour le calage du modèle.

En phase 2, un modèle de ce type sera mis en œuvre à partir des données hydrologiques et topographiques réactualisées et sera calé sur les données des crues récentes, notamment sur les PHE de la crue de septembre 2005. Ce modèle fournira les estimations des débits et des volumes de crue d'occurrence 10 et 100 ans.

Débits des crues d'octobre 1988 et de septembre 2005

Concernant les crues historiques, **on retiendra, à ce stade de l'étude, les ordres de grandeur suivants :**

- ▶ **175 m³/s pour la crue d'octobre 1988 du Vistre** au droit du pont des Fious à Vestric et Candiac (superficie de 370 km²), valeur de l'étude BCEOM 1996 qui a réalisé un modèle hydraulique à casiers sur la zone de l'amont pont des Fious jusqu'à l'aval du moulin Etienne et calé avec d'excellents résultats sur les PHE d'octobre 1988 (résultats à nuancer vu le faible nombre de laisses de crue utilisées, dont une à proximité de la condition limite aval),
- ▶ **370 m³/s pour la crue de septembre 2005 du Vistre au droit de la RD14** (superficie de 375 km²), valeur de l'étude INGEROP 2007 qui a réalisé un modèle hydraulique 1D-2D sur la zone de l'amont de la RD14 (reliant Aubord à Bernis) jusqu'au Mas du Vistre à l'amont du Cailar, calé sur les PHE de septembre 2005 (écarts entre niveaux relevés et simulés le plus souvent compris entre +/- 15 cm avec 2 valeurs atteignant + 40 cm)

Remarque : le maître d'ouvrage RFF a retenu un débit de projet de 400 m³/s.

Ces valeurs seront critiquées au regard des résultats fournis par le modèle hydrologique-hydraulique global qui sera développé en phase 2.

Conditions aval :

L'étude SAFEGE 2010 reprend ses valeurs et réalise un modèle hydraulique 1D à casiers (MIKE11) qui prolonge le modèle INGEROP 2007 et est calé sur la crue de septembre 2005 ainsi que sur la crue de septembre 2002. Ce modèle prolonge également le modèle SOGREAH 2007 sur le Rhône. Enfin, ce modèle s'appuie sur les bases du modèle de l'étude « *Villetelle à la Mer* » réalisée par SAFEGE en août 2004 pour le SIAV et prend en compte les conditions limite aval spécifiques à la zone en terme de concomitance des crues Rhône-Vidourle-Vistre et de submersion marine. **Les hypothèses de conditions aval du bassin versant du Vistre (communes du Cailar et de Vauvert) issus de cette étude seront repris dans le PPRi : nous proposons de retenir le scénario qui paraît adapté au contexte du PPRi et qui réunit les conditions suivantes :**

- ▶ Crue de septembre 2002 sur le Vidourle : plus forte crue historique majeure connue,
- ▶ Submersion marine à 2.5mNGF : scénario de référence retenu dans le Languedoc Roussillon,

- ▶ Fermeture des Portes du Vidourle : condition de gestion des ouvrages actuelle.

LE RHONY (VERGEZE ET CODOGNAN)

Etudes hydrologiques et hydrauliques principales concernant le cours d'eau

- ▶ *Cartographie des zones inondables du Rhône entre Caveirac et l'autoroute A9*. BCEOM pour DDE30, Février 1994 [BCEOM 1994]
- ▶ *Etude hydraulique d'aménagement de la RD1 pour la crue décennale*. BCEOM pour DDE30, 1998 [BCEOM 1998]
- ▶ *Etude morphologique du bassin du Vistre*. CEDRAT Développement pour AERMC, Août 1999 [CEDRAT 1999]
- ▶ *Etude pour la modélisation et la cartographie des zones inondées Vidourle, Rhône, Cubelle, Razil, Vistre*. BCEOM pour SIABV/DDE30/DDAF30, Décembre 2000 [BCEOM 2000]
- ▶ *Schéma d'aménagement hydraulique du bassin versant du Rhône*. BCEOM pour SMBVV, Septembre 2004 [BCEOM 2004]
- ▶ *Ligne Nouvelle de Contournement de Nîmes et Montpellier – Rapport d'expertise hydrologique et hydraulique*. Comité d'experts pour RFF, Octobre 2004 [Experts CNM 2004]
- ▶ *Schéma Directeur d'Aménagement pour la Prévention des Inondations dans le Département du Gard – Bassin du Vistre, de la Plaine Rhodanienne et de la Camargue Gardoise*. ISL pour CG30, Mars 2006 [ISL 2006]
- ▶ *Etude de caractérisation de l'évènement de septembre 2005 sur le Vistre*. CETE Méditerranée pour DDE30, Juin 2006 [CETE 2006]
- ▶ *Ligne Nouvelle de Contournement de Nîmes et Montpellier – Etudes spécifiques hydrauliques en préalable à l'avant projet détaillé – Le Rhône*. SOGREAH pour RFF Novembre 2007 [SOGREAH 2007]
- ▶ *Renaturation du Rhône et confortement des digues de Vergèze et Codognan*. ISL pour SMBVV, Janvier 2008 [ISL 2008]
- ▶ *Confortement des digues de Codognan*. ISL pour SMBVV, Octobre 2009 [ISL 2009]
- ▶ *Etude hydraulique et de restauration du Vistre*. SAFEGE Environnement pour SMBVV, actuellement en cours [SAFEGE 2010]

Les études Experts CNM 2004, CETE 2006, SOGREAH 2007 et ISL 2008 fournissent une analyse critique détaillée des études antérieures. Les études CEDRAT 1999 et BCEOM 1998 reprennent les résultats de l'étude BCEOM 1994 (complément de l'étude BCEOM 1990). L'étude SAFEGE 2010 reprend ceux de SOGREAH 2007.

Le tableau ci-après récapitule pour le bassin versant du Rhône au droit de l'A9, les valeurs des débits de pointe décennaux (Q10) et centennaux (Q100) et de la crue d'octobre 1988 fournies dans les études antérieures, ainsi que les valeurs estimées dans le cadre de la présente étude :

	BCEOM 1994 BCEOM 1998 CEDRAT 1999	BCEOM 2000 BCEOM 2004	CNM Experts 2004	ISL 2006	SOGREAH 2007	ISL 2008 2009	SAFEGE 2010	BRLi 2010
Surface [km ²]	67	70	74	69	69.1	72.4	69.1	71.6
Débit [m ³ /s]								
Q10	70	70	-	147	130	-	130	136
Q100	130	155	333	432	380	-	380	483
Oct-88	465	465	-	-	450	465-500	450	598

Débits décennaux et centennaux

Les études antérieures à 2004 (BCEOM 2004 incluse) fournissent des valeurs de débits décennaux et centennaux nettement inférieures à celles des études postérieures à 2004 (CNM Experts 2004 incluse).

Si l'estimation PPRi (BRLi 2010) du débit décennal est du même ordre de grandeur que les valeurs proposées dans les études Experts CNM 2004, SOGREAH 2007 et SAFEGE 2010, **l'estimation PPRi du débit centennal est dans la fourchette haute**. En effet, la pluie centennale PPRi du bassin du Rhône est supérieure à celle retenue par SOGREAH 2007. Il est également possible que la méthode hydrologique simple utilisée ici ne rende pas bien compte de l'écrêtement par la plaine de la Vaunage (comme dans le cas du Vistre).

Débit de la crue d'octobre 1988

Quelque soit les méthodes hydrologiques utilisées, les valeurs de débits de la crue d'octobre 1988, sont toujours supérieures à celles de la crue centennale.

On retiendra donc la crue d'octobre 1988 comme la crue de référence sur le bassin versant du Rhône, avec une estimation du débit de 450 m³/s au droit de l'A9, valeur retenue dans les différentes études ayant mis en œuvre des modèles calés sur les PHE d'octobre 1988.

L'étude SAFEGE 2010 a mis en œuvre un modèle hydraulique 1D à casiers qui prolonge le modèle SOGREAH 2007 sur le Rhône et est calé sur la crue de septembre 2005 ainsi que sur la crue de septembre 2002. Ce modèle prolonge également le modèle INGEROP 2007 sur le Vistre (valeur de 370 m³/s au droit du projet LGV). Enfin, ce modèle s'appuie sur les bases du modèle de l'étude « *Villetelle à la Mer* » réalisée par SAFEGE en août 2004 pour le SIAY et prend en compte les conditions limite aval spécifiques à la zone en terme de concomitance des crues Rhône-Vidourle-Vistre et de submersion marine.

LE BUFFALON ET LE TAVERNOLLE (LEDENON, MANDUEL, REDESSAN, RODILHAN)

Etudes hydrologiques et hydrauliques principales concernant le cours d'eau

- ▶ *Etude générale d'aménagement hydraulique du Vistre-Rhône*. BCEOM pour DDE30, Décembre 1992 [BCEOM 1992]
- ▶ *Etude du bassin versant du Buffalon*. BRLi pour SIAHTV, Août 2001 [BRLi 2001]
- ▶ *Etude diagnostic de l'assainissement pluvial de Manduel*. IPSEAU pour la commune de Manduel, Avril 2004 [IPSEAU 2004]
- ▶ *Etude globale du bassin versant des Agaous*. BRLi pour commune de Lédénon, Juin 2004 [BRLi 2004]
- ▶ *Ligne Nouvelle de Contournement de Nîmes et Montpellier – Rapport d'expertise hydrologique et hydraulique*. Comité d'experts pour RFF, Octobre 2004 [Experts CNM 2004]
- ▶ *Etude de caractérisation de l'évènement de septembre 2005 sur le Vistre*. CETE Méditerranée pour DDE30, Juin 2006 [CETE 2006]
- ▶ *Ligne Nouvelle de Contournement de Nîmes et Montpellier – Etudes spécifiques hydrauliques en préalable à l'avant projet détaillé – Le Buffalon, le Tavernolle et le Haut Vistre*. SIEE pour RFF, Juillet 2007 [SIEE 2007]

L'étude CEDRAT 1999 reprend les résultats de l'étude BCEOM 1992. On notera également que plusieurs études IPSEAU plus récentes sur des secteurs localisés (*Etude hydraulique complémentaire ZAC Cante Perdrix*. IPSEAU pour Commune de Manduel, Janvier 2008) sont venues préciser les résultats de l'étude IPSEAU 2004.

Les études CETE 2006, Experts CNM 2004 et SIEE 2007 fournissent une analyse critique détaillée des études antérieures. On retiendra les points essentiels suivants :

- ▶ des échanges ont lieu entre les bassins du Buffalon et du Haut-Vistre, transferts que le modèle hydraulique qui sera mis en œuvre en phase 2 permettra de quantifier,
- ▶ un écrêtement de l'impluvium aurait lieu sur le bassin amont du Buffalon, (très plat et présentant des cuvettes), qu'il s'agira également de quantifier,
- ▶ l'évènement de 2002 (avec un cumul de l'ordre de 200 mm en 24 h) est celui qui a le plus affecté la zone d'étude, les autres évènements (1988, 2003 et 2005) ayant affecté les parties médianes ou aval du bassin versant du Vistre, ce que confirme l'étude du CETE 2006 concernant la caractérisation de l'évènement de 2005, et la comparaison avec celui de 1988.

Le Valat des Agaous (Lédénon)

Le tableau ci-après récapitule les valeurs des débits spécifiques de pointe décennaux (Q10) et centennaux (Q100) dans les études antérieures et dans la présente étude pour le bassin versant du valat des Agaous au droit de la RN86 :

Le Valat des Agaous	BCEOM 1992	BRLi 2004	ISL 2006	BRLi 2010
Surface [km²]	6.8	4.8	-	4.4
Débit spécifique [m³/s/km²]				
Q10	3.1	7.9	-	4.7
Q100	5.0	15.2	-	15.7

Les estimations PPRi (BRLi 2010) aboutissent à une valeur de Q100 quasi identique avec celle estimée par l'étude BRLi 2004, qui a mis en œuvre une modélisation des écoulements avec calage sur les PHE disponibles sur le secteur.

De plus, les pluies observées sur ce secteur à l'origine des crues historiques d'octobre 1988, septembre 2005 et septembre 2002 sont toutes inférieures à la pluie centennale quelle que soit la durée considérée.

Nous proposons donc de retenir comme débit de référence le débit centennal de l'étude BRLi 2004, débit qui a été modélisé à la traversée de la commune. Les résultats de cette modélisation pourront donc être intégrés au PPRi.

Secteur « Buffalon et Tavernolle »

Le tableau ci-après récapitule les valeurs des débits spécifiques de pointe décennaux (Q10) et centennaux (Q100) ainsi que les valeurs de débits spécifiques de pointe pour les crues d'octobre 1988 et de septembre 2002 fournies dans les études antérieures pour la zone du Buffalon et du Tavernolle à l'aval de Rodilhan :

Buffalon et Tavernolle	BCEOM 1992 CEDRAT 1999	BRLi 2001	ISL 2006	SIEE 2007
Surface [km ²]	66	55.9	55.6	58
Débit spécifique [m³/s/km²]				
Q10	0.6	1.1	1.1	1.8
Q100	0.9	3.3	4.3	5.5
Oct-88	0.8	-	-	-
Sept-02	-	-	-	2.1

Les différentes estimations montrent une évolution à la hausse. Cependant des bascules de débit entre le Buffalon et le Haut Vistre auraient lieu à l'aval de Bezouze et au droit de Redessan. Le modèle SIEE 2007 propose une première estimation de ces échanges mais la précision des données topographiques est insuffisante compte tenu des hauteurs de lames d'eau ruisselées prise en compte. **La modélisation de phase 2 devra permettre de préciser et de quantifier les transferts entre le Haut Vistre et le Buffalon et d'estimer les débits du Haut Vistre (communes de Bezouze, Saint-Gervasy et Marguerittes) et du Buffalon (communes de Manduel, Redessan et Rodilhan).**

Secteur « Tavernolle + Fossé Sud + Fossé Nord »

Le tableau ci-après récapitule les valeurs des débits spécifiques de pointe décennaux (Q10) et centennaux (Q100) ainsi que les valeurs de débits spécifiques de pointe pour la crue de septembre 2002 fournies dans les études antérieures et dans la présente étude pour le bassin versant du Tavernolle au droit de Manduel (Tavernolle, Fossé Nord et Fossé Sud) :

Tavernolle + Fossé Sud + Fossé Nord	BRLi 2001	IPSEAU 2004-2008	SIEE 2007	BRLi 2010
Surface [km ²]	16.3	14	14.1	14.1
Débit spécifique [m³/s/km²]				
Q10	2.4	2.6	2.3	2.6
Q100	6.3	8.4	6.2	9.6
Sept-02	-	-	2.5	3.2

Les estimations de débit décennal proposées dans les études sont cohérentes.

Concernant le débit centennal, l'estimation PPRi (BRLi 2010) est cohérente avec celle issue de l'étude IPSEAU 2004 (+15%) et nettement supérieure aux valeurs des études BRLi 2001 et SIEE 2007 (+55%). En effet notre estimation hydrologique ne restitue pas l'effet de laminage induit par la plaine et les aménagements structurants (notamment la voie SNCF) du secteur.

Ces valeurs seront affinées par le modèle hydrologique-hydraulique global (modèle plaine Vistre-
Buffalon) qui sera développé en phase 2.

LES AFFLUENTS EN RIVE DROITE DU HAUT VISTRE : LE HAUT VISTRE ET LE BASTIDE (BEZOUCE), LE PRADINAS (SAINT-GERVASY), LE CANABOU ET LE BARTADET (MARGUERITTES)

- ▶ *Etude générale d'aménagement hydraulique du Vistre-Rhône*. BCEOM pour DDE30, Décembre 1992 [BCEOM 1992]
- ▶ *Schéma Directeur d'Aménagement pour la Prévention des Inondations dans le Département du Gard – Bassin du Vistre, de la Plaine Rhodanienne et de la Camargue Gardoise*. ISL pour CG30, Mars 2006 [ISL 2006]

Le tableau ci-après récapitule les valeurs des débits spécifiques de pointe décennaux (Q10) et centennaux (Q100) dans les études antérieures et dans la présente étude pour les bassins versants des affluents en rive droite du Haut Vistre :

Le Haut Vistre <i>Amont voie SNCF</i>	BCEOM 1992	ISL 2006	BRLi 2010
Surface [km ²]	1.6	-	1.2
Débit spécifique [m³/s/km²]			
Q10	5.1	-	7.7
Q100	7.4	-	19.0
Le Bastide <i>Amont A9</i>	BCEOM 1992	ISL 2006	BRLi 2010
Surface [km ²]	7.2	7.6	6.7
Débit spécifique [m³/s/km²]			
Q10	3.1	3.8	4.6
Q100	5.2	21.7	15.0
Le Pradinas <i>Amont RN86</i>	BCEOM 1992	ISL 2006	BRLi 2010
Surface [km ²]	-	3.6	5.5
Débit spécifique [m³/s/km²]			
Q10	-	4.2	3.6
Q100	-	23.9	12.2
Le Canabou <i>Amont A9</i>	BCEOM 1992	ISL 2006	BRLi 2010
Surface [km ²]	14.9	12.4	6.2
Débit spécifique [m³/s/km²]			
Q10	2.3	3.7	2.9
Q100	4.0	19.0	10.1

Le Bartadet <i>Amont A9</i>	BCEOM 1992	ISL 2006	BRLi 2010
Surface [km ²]	9.7	-	4.5
Débit spécifique [m³/s/km²]			
Q10	3.2	-	5.5
Q100	5.3	-	16.5

Les valeurs issues de l'étude BCEOM 1992 paraissent trop faibles (ceci peut s'expliquer par la non prise en compte des événements récents de la dernière décennie). Les valeurs issues de l'étude ISL 2006 paraissent trop élevées (il est rappelé que le modèle développé par ISL dans le cadre du SDAPI a pour vocation d'évaluer l'efficacité hydraulique des sites de rétention retenus dans le cadre du recensement préliminaire et non d'établir un référentiel hydrologique).

De plus, les pluies observées sur ce secteur à l'origine des crues historiques d'octobre 1988, septembre 2005 et septembre 2002 sont toutes inférieures à la pluie centennale quelle que soit la durée considérée.

Nous proposons donc de retenir comme débit de référence le débit centennal de l'étude PPRi (BRLi 2010).

LE MIRMAN (COMMUNE DE CAISSARGUES)

- ▶ *Schéma Directeur d'Aménagement pour la Prévention des Inondations dans le Département du Gard – Bassin du Vistre, de la Plaine Rhodanienne et de la Camargue Gardoise.* ISL pour CG30, Mars 2006 [ISL 2006]
- ▶ *Schéma hydraulique et de protection contre les inondations commune de Caissargues.* EGIS Eau pour Commune de Caissargues, en cours [EGIS 2010]

Le tableau ci-après récapitule les valeurs des débits spécifiques de pointe décennaux (Q10) et centennaux (Q100) ainsi que les valeurs de débits spécifiques de pointe pour la crue de septembre 2005 fournies dans les études antérieures et dans la présente étude pour le bassin versant du Mirman amont :

Le Mirman	ISL 2006	EGIS 2010	BRLi 2010
Surface [km ²]	3.6	2.5	2.5
Débit spécifique [m³/s/km²]			
Q10	5.3	6.4	2.7
Q100	26.7	14.8	14.1
Sept-05	-	5.2	6.7

Les estimations PPRi (BRLi 2010) aboutissent à des valeurs de Q100 et de débit historique pour la crue de septembre 2005, cohérents avec celles estimées par l'étude EGIS 2010, qui a mis en œuvre une modélisation des écoulements avec calage sur les PHE disponibles sur le secteur.

Nous proposons de retenir comme débit de référence le débit centennal de l'étude EGIS 2010, débit qui a été modélisé à la traversée du village. Les résultats de cette modélisation pourront donc être intégrés au PPRi.

LE VALAT DE LARRIERE, LE CHIVALAS, LE VALLONGUE, LE GRAND BERNARD ET LE REZIL(BERNIS ET UCHAUD)

- ▶ *Déviations d'Uchaud – Etude hydraulique.* BCEOM pour DDE30, Avril 1993 [BCEOM 1993]

- ▶ *Schéma Directeur d'Aménagement pour la Prévention des Inondations dans le Département du Gard – Bassin du Vistre, de la Plaine Rhodanienne et de la Camargue Gardoise.* ISL pour CG30, Mars 2006 [ISL 2006]
- ▶ *Schéma hydraulique et de protection contre les inondations commune de Bernis.* SAFEGE pour commune de Bernis, en cours [SAFEGE 2010]

Le tableau ci-après récapitule les valeurs des débits spécifiques de pointe décennaux (Q10) et centennaux (Q100) ainsi que pour les crues historiques d'octobre 1988 et septembre 2005 dans les études antérieures et dans la présente étude pour les bassins versants des affluents en rive droite du Vistre :

Le Valat de Larrière <i>Amont A9</i>	-	SAFEGE 2010	BRLi 2010
Surface [km ²]	-	4.5	4.6
Débit spécifique [m3/s/km²]			
Q10	-	2.7	7.1
Q100	-	14.7	23.7
Oct-88	-	21.3	18.6
Sept-05	-	9.6	12.3
Le Chivallas <i>Amont A9</i>	-	SAFEGE 2010	BRLi 2010
Surface [km ²]	-	4.5	4.5
Débit spécifique [m3/s/km²]			
Q10	-	2.2	6.0
Q100	-	13.8	21.0
Oct-88	-	20.9	17.0
Sept-05	-	8.7	10.9
Le Vallongue <i>Amont A9</i>	ISL 2006	SAFEGE 2010	BRLi 2010
Surface [km ²]	3.8	4.7	4.6
Débit spécifique [m3/s/km²]			
Q10	4.5	2.8	6.0
Q100	24.2	15.5	20.2
Oct-88	-	21.3	16.3
Sept-05	-	9.1	10.2
Grand Bernard / Barbière <i>Amont A9</i>	BCEOM 1993	SAFEGE 2010	BRLi 2010
Surface [km ²]	2.5	2.0	2.2
Débit spécifique [m3/s/km²]			
Q10	8.4	4.5	6.7
Q100	18.4	23.5	25.2
Oct-88	-	23.0	24.7
Sept-05	-	11.5	16.0

Le Rézil <i>Amont A9</i>	BCEOM 1993	SAFEGE 2010	BRLi 2010
Surface [km²]	4.6	-	4.0
Débit spécifique [m³/s/km²]			
Q10	7.4	-	6.4
Q100	16.3	-	22.9
Oct-88	-	-	18.4
Sept-05	-	-	11.9

Les estimations PPRi (BRLi 2010) aboutissent à des valeurs de débit centennal du même ordre de grandeur que celles de la crue d'octobre 1988 estimées par l'étude SAFEGE 2010.

Nous proposons de retenir comme débit de référence le débit historique de 1988, débit qui aurait selon nos calculs une occurrence de 100 ans, et qui a été modélisé à Milhaud et Bernis. Les résultats de ces modélisations pourront donc être intégrés au PPRi.

LE GRAND CAMPAGNOLLE, LE PETIT CAMPAGNOLLE ET LE RIEU (AUBORD, GENERAC)

- ▶ *TGV Méditerranée – Branche Avignon-Montpellier – Etude hydraulique des franchissements du Rieu, du Grand et du Petit Campagnolle.* BRL pour SNCF, Juillet 1994 [BRL 1994]
- ▶ *Etude hydraulique des bassins versants du Rieu et du Campagnolle.* CEDRAT Développement pour SIATBMV, Avril 2001 [CEDRAT 2001]
- ▶ *Ligne Nouvelle de Contournement de Nîmes et Montpellier – Rapport d'expertise hydrologique et hydraulique.* Comité d'experts pour RFF, Octobre 2004 [Experts CNM 2004]
- ▶ *Schéma Directeur d'Aménagement pour la Prévention des Inondations dans le Département du Gard – Bassin du Vistre, de la Plaine Rhodanienne et de la Camargue Gardoise.* ISL pour CG30, Mars 2006 [ISL 2006]
- ▶ *Ligne Nouvelle de Contournement de Nîmes et Montpellier – Etudes spécifiques hydrauliques en préalable à l'avant projet détaillé – Le Rieu, le Grand et le Petit Campagnolle.* SAFEGE Environnement pour RFF, Juin 2007 [SAFEGE 2007]

Les tableaux ci-après récapitulent les valeurs des débits spécifiques de pointe décennaux (Q10) et centennaux (Q100) ainsi que les valeurs de débits spécifiques de pointe pour les crues de septembre 2003 et septembre 2005 fournies dans les études antérieures et dans la présente étude pour les bassins versants du Rieu, du Petit et du Grand Campagnolle au droit du projet RFF :

Le Rieu	CEDRAT 2001	CNM Experts 2004	ISL 2006	SAFEGE 2007	BRLi 2010
Surface [km²]	9.0	6.6	0.2	8.2	7.1
Débit spécifique [m³/s/km²]					
Q10	3.1	-	6.0	2.6	3.6
Q100	7.8	6.2	29.5	7.6	16.5
Sept-03	-	-	-	6.1	4.8
Sept-05	-	-	-	8.2	9.1

Le Grand Campagnolle	CEDRAT 2001	CNM Experts 2004	ISL 2006	SAFEGE 2007	BRLi 2010
Surface [km²]	13.5	13.6	12.2	13.7	14.6
Débit spécifique [m³/s/km²]					
Q10	1.7	-	4.8	2.4	3.3
Q100	4.3	5.9	23.4	5.9	8.7
Sept-03	-	-	-	4.7	2.9
Sept-05	-	-	-	5.7	5.3

Le Petit Campagnolle	CEDRAT 2001	CNM Experts 2004	ISL 2006	SAFEGE 2007	BRLi 2010
Surface [km²]	3.75	3.6	-	3.9	3.6
Débit spécifique [m³/s/km²]					
Q10	1.3	-	-	3.1	4.6
Q100	3.2	7.8	-	8.5	14.0
Sept-03	-	-	-	5.5	3.8
Sept-05	-	-	-	7.1	7.9

Les estimations PPRi (BRLi 2010) aboutissent à des valeurs de débits historiques, notamment celui de 2005, cohérents avec ceux estimés par l'étude SAFEGE de 2007, qui a mis en œuvre une modélisation filaire des écoulements avec calage sur les nombreux PHE disponibles sur le secteur.

Par contre, le débit centennal PPRi est bien plus fort que les autres estimations (sauf celle d'ISL 2006). Les pluies centennales utilisés par SAFEGE sont légèrement inférieures à celles que nous proposons de retenir, mais l'écart s'explique surtout par une méthode de calcul différente utilisant notamment des durées caractéristiques de pluie qui nous paraissent trop longues (2 fois le temps de concentration de Lefort soit 8 à 14 heures) pour cette typologie de bassin versant (surfaces de 4 à 8 km² et pentes de l'ordre de 1%).

De plus, les débits spécifiques PPRi obtenus sont cohérents avec ceux d'autres bassins versants comparables sur le bassin versant du Vistre et pour lesquels les études antérieures aboutissent à des résultats similaires. Définir un débit spécifique plus faible sur les bassins versants des Costières sous-entendrait un comportement hydrologique très différent de ceux des Garrigues. Or notre méthode de calcul intègre déjà la différence de nature de sol entre Garrigues et Costières (infiltration plus forte sur les Costières), ainsi que la spatialisation de la pluie (plus forte sur les Garrigues).

Les estimations PPRi des débits centennaux et historiques mettent en évidence que la crue de référence de ces cours d'eau est la crue centennale et non la crue de 2005, comme le montre déjà l'analyse des pluies (P24hmax100ans(abattue) = 315 mm > P24hmax2005 = 245.8 mm pour le Moyen Vistre Aval Sud).

LE BARBE BLANCHE, LE VALAT DE FONTAINE DES PIGEONS ET LE VALAT DE CASSEPORT (GENERAC)

- ▶ *Etude pluviale - Note de synthèse.* DDE30 pour commune de Générac [DDE30 1996]
- ▶ *Assainissement des eaux pluviales - Schéma directeur général.* CEREG pour commune de Générac, Décembre 1997 [CEREG 1997]

- ▶ *Schéma Directeur d'Aménagement pour la Prévention des Inondations dans le Département du Gard – Bassin du Vistre, de la Plaine Rhodanienne et de la Camargue Gardoise.* ISL pour CG30, Mars 2006 [ISL 2006]
- ▶ *Diagnostic et zonage d'assainissement pluvial sur Générac - Phase 1 : Diagnostic de l'état actuel.* IPSEAU pour commune de Générac, Mai 2006 [IPSEAU 2006]

On notera que plusieurs études CEREG ont été réalisées sur ce secteur entre 1997 et 2003 (*Etude Collecte des Eaux Pluviales à l'intérieur du Village.* CEREG pour commune de Générac, Février 2000 ; *Etude Aménagement du pluvial sur la zone INA au centre du Village.* CEREG pour commune de Générac, Août 2001 ; *Etude Aménagement Pluvial et Voirie Route de Nîmes.* CEREG pour commune de Générac, 2003). L'étude IPSEAU 2006 reprend les résultats des études CEREG en précisant les aménagements réalisés.

Les tableaux ci-après récapitulent les valeurs des débits spécifiques de pointe décennaux (Q10) et centennaux (Q100) fournies dans les études antérieures et dans la présente étude pour les bassins versants du ruisseau de Barbe Blanche, du Valat de Fontaine des Pigeons et du Valat de Casseport :

Le ruisseau de Barbe Blanche <i>Amont Chemin Estagel</i>	DDE 1996 CEREG 1997-2003	ISL 2006	IPSEAU 2006	BRLi 2010
Surface [km ²]	-	-	1.4	1.0
Débit spécifique [m3/s/km²]				
Q10	-	-	4.3	4.3
Q100	-	-	17.1	22.1
Le Valat de Fontaines des Pigeons <i>Amont Voie SNCF</i>	DDE 1996 CEREG 1997-2003	ISL 2006	IPSEAU 2006	BRLi 2010
Surface [km ²]	1.5	0.2	1.4	1.5
Débit spécifique [m3/s/km²]				
Q10	11.3	5.0	12.1	10.5
Q100	22.6	30.0	25.0	28.2
Le Valat de Casseport <i>Amont Voie SNCF</i>	DDE 1996 CEREG 1997-2003	ISL 2006	IPSEAU 2006	BRLi 2010
Surface [km ²]	1.0	-	1.1	1.1
Débit spécifique [m3/s/km²]				
Q10	8.0	-	7.3	5.3
Q100	21.0	-	20.9	21.5

L'étude PPRi (BRLi 2010) propose des valeurs de débits décennaux et centennaux réactualisées (prise en compte des événements récents de septembre 2003 et septembre 2005 notamment) et légèrement supérieures à celles de l'étude IPSEAU 2006. De plus, les pluies observées sur ce secteur à l'origine des crues historiques de septembre 2003 et septembre 2005 sont inférieures à la pluie centennale quelle que soit la durée considérée.

Nous proposons donc de retenir comme débit de référence le débit centennal de l'étude PPRi (BRLi 2010).

LE GOUR ET L'ARRIASSE (BEAUVOISIN)

- ▶ *Schéma directeur d'assainissement pluvial de Beauvoisin*. SIEE pour commune de Beauvoisin, Juin 2001 [SIEE 2001]
- ▶ *Etude de l'assainissement pluvial de Beauvoisin – Le Gour et l'Arriasse*. SIEE pour commune de Beauvoisin, Juillet 2007 [SIEE 2007]

L'étude SIEE 2007 reprend les résultats hydrologiques de l'étude SIEE 2001.

Les tableaux ci-après récapitulent les valeurs des débits spécifiques de pointe décennaux (Q10) et centennaux (Q100) fournies dans les études antérieures et dans la présente étude pour les bassins versants Gour et de l'Arriasse à l'amont de la voie SNCF :

Le Gour	SIEE 2001-2007	BRLi 2010
Surface [km ²]	1.48	1.1
Débit spécifique [m ³ /s/km ²]		
Q10	13.5	16
Q100	31.6	35.7
L'Arriasse	SIEE 2001-2007	BRLi 2010
Surface [km ²]	1.06	1.2
Débit spécifique [m ³ /s/km ²]		
Q10	9.7	7.4
Q100	24.9	28.0

Les estimations PPRi (BRLi 2010) aboutissent à des valeurs de Q10 et Q100 cohérentes avec celles estimées par les études SIEE 2001-2007 qui a mis en œuvre une modélisation des écoulements avec calage sur les quelques PHE disponibles sur le secteur.

De plus, les pluies observées sur ce secteur à l'origine des crues historiques de septembre 2003 et septembre 2005 sont toutes inférieures à la pluie centennale quelle que soit la durée considérée.

Nous proposons de retenir comme débit de référence le débit centennal de l'étude SIEE 2007, débit qui a été modélisé à la traversée du village. Les résultats de cette modélisation pourront donc être intégrés au PPRi.

LE VALAT DE LA REYNE (VAUVERT)

- ▶ *Diagnostic et schéma d'assainissement pluvial et d'aménagement contre les inondations – Vauvert*. BRLi pour la commune de Vauvert, Juillet 2001 [BRLi 2001]
- ▶ *Maîtrise d'œuvre d'aménagement du Valat de la Reyne pour la protection des lieux habités*. ISL pour la commune de Vauvert, Septembre 2004 [ISL, 2004]
- ▶ *Schéma Directeur d'Aménagement pour la Prévention des Inondations dans le Département du Gard – Bassin du Vistre, de la Plaine Rhodanienne et de la Camargue Gardoise*. ISL pour CG30, Mars 2006 [ISL 2006]
- ▶ *Schéma Directeur d'assainissement pluvial de Vauvert*. GINGER Environnement et Infrastructures pour la commune de Vauvert, Février 2008 [GINGER 2008]

Le Valat de la Reyne	BRLi 2001	ISL 2004	ISL 2006	GINGER 2008	BRLi 2010
Surface [km ²]	3.26	3.26	2.4	3.3	2.6
Débit spécifique [m ³ /s/km ²]					
Q10	6.3	6.3	4.4	6.3	4.6
Q100_avant_écrêtement	14.0	14.0	24.1	14.0	22.0
Q100_après_écrêtement	2.7	2.7	18.8	2.7	12.4

Les études ISL 2004 et GINGER 2008 reprennent les résultats de l'étude BRLi 2001.

Les valeurs Q10 et Q100 avant écrêtement par le bassin de rétention des Plaines sur le Valat de la Reyne (réalisation 2004-2005) sont cohérentes entre l'étude ISL 2006 et l'étude PPRi (BRLi 2010).

Les estimations des études antérieures (réalisées avant 2005) aboutissent à des débits spécifiques faibles qui ne nous semblent pas en adéquation avec les objectifs du PPRi.

Les pluies observées sur ce secteur à l'origine des crues historiques de septembre 2003 et septembre 2005 sont toutes inférieures à la pluie centennale quelle que soit la durée considérée, l'emprise de la crue de 2005 est inférieure à celle de la centennale modélisée en 2001.

Nous proposons de retenir comme débit de référence le débit centennal après écrêtement par le bassin de rétention sur le Valat de la Reyne (réalisation 2004-2005). Ce débit correspond au débit qui a été modélisé à la traversée du village par BRLi en 2001. Les résultats de cette modélisation pourront donc être intégrés au PPRi.

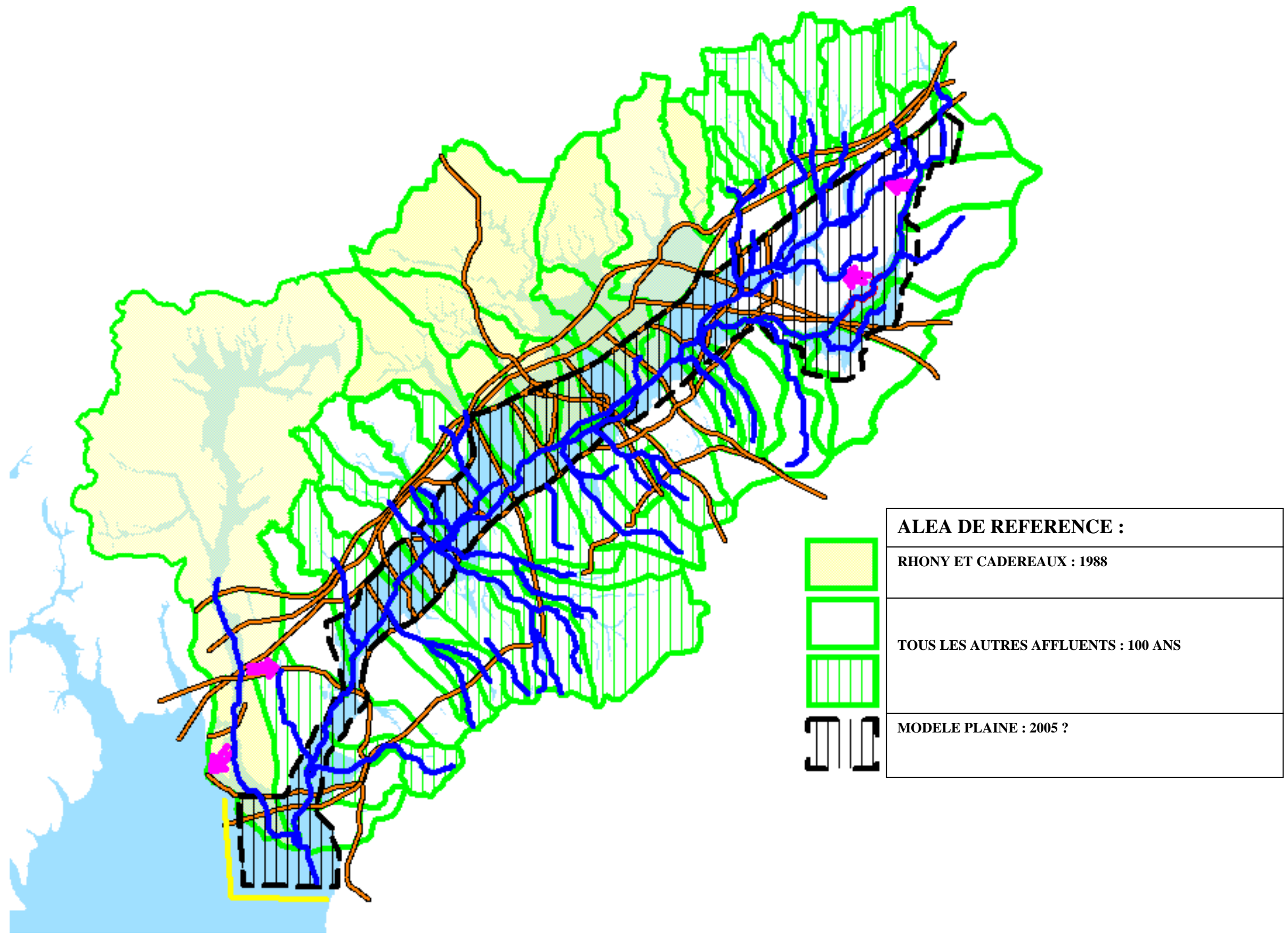
LES CADEREAUX DE NIMES : LE VALLADAS, LE CADEREAU D'UZES, LE CADEREAU D'ALES, LE CADEREAU DE VALDEGOUR – SAINT-CESAIRE ET LA PONDRE (NIMES ET MILHAUD)

Les cadereaux de Nîmes ne font pas l'objet de modélisations hydrauliques spécifiques dans le cadre de la présente étude. Leurs apports seront simplement intégrés à la modélisation hydrologique et hydraulique du Vistre.

En ce qui concerne la Pondre sur la commune de Milhaud, le débit de référence retenu dans l'étude réalisée sur la commune est le débit historique de 1988, avec la prise en compte des aménagements actuellement réalisés (bassins de rétention amont écrétant les débits de pointe, notamment la carrière de Caveirac, dont le volume est très important – 4,6 millions de m³ – et le risque de défaillance quasi nul). **Les résultats de cette modélisation pourront donc être intégrés au PPRi.**

6.6.3 Synthèse de l'aléa de référence

Le synoptique de la page suivante permet d'illustrer la prise en compte de l'aléa de référence (plus fort débit entre le centennal et l'historique) sur le bassin versant du Vistre.



LISTE DES SIGLES ET DES ACRONYMES

ADS	Application du Droit des Sols
ADES	Accès aux Données des Eaux Souterraines
AE RMC	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
ANAH	Agence Nationale de l'Habitat
ASF	Autoroute du Sud de la France
BD	Base de Données
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BRL	Bas-Rhône Languedoc
CAT-NAT	Catastrophes Naturelles
CAT-TEC	Catastrophes Technologiques
CETE	Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement
CEMAGREF	Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts
CG 30	Conseil Général du Gard
CNM	Contournement ferroviaire de Nîmes et Montpellier
DICRIM	Dossier d'Information Communale sur les Risques Majeurs
DIREN LR	Direction Régionale de l'Environnement du Languedoc-Roussillon
DDRM	Dossier Départemental des Risques Majeurs
DDTM 30	Direction Départementale du Territoire et de la Mer du Gard
EDF-DTG	Electricité De France – Direction Technique Générale
EPCI	Etablissement Public de Coopération Intercommunale
FPRNM	Fond de Prévention des Risques Naturels Majeurs
GEV	Generalized Extreme Values (Valeurs Extrêmes Généralisées)
HL	Heures Locales
IFEN	Institut Français de l'Environnement
IGN	Institut Géographique National
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
LGV	Ligne à Grande Vitesse
MEEDDM	Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer
MF	Météo France
OHM CV	Observatoire Hydrométéorologique Méditerranéen des Cévennes-Vivarais
OPAH	Opération Programmée d'Amélioration de l'Habitat
PAPI	Programme d'Actions de Prévention des Inondations
PER	Plan d'Exposition aux Risques
PHE	Plus Hautes Eaux
PLU	Plan Local d'Urbanisme
POS	Plan d'Occupation des Sols
PPCI	Plan de Protection Contre les Inondations
PPR	Plan de Prévention des Risques
PPRI	Plan de Prévention des Risques Inondation
PPRN	Plan de Prévention des Risques Naturels
PPRT	Plan de Prévention des Risques Technologiques
RFF	Réseau Ferré de France
SCOT	Schéma de Cohérence Territoriale
SDAPI	Schéma Directeur d'Aménagement pour la Prévention des Inondations
SIG	Système d'Information Géographique
SMBVV	Syndicat Mixte du Bassin Versant du Vistre
SMNVC	Syndicat Mixte des Nappes de la Vistrenque et des Costières
SNCF	Société Nationale des Chemins de Fer
SRU	Solidarité et Renouvellement Urbains
UTC	Universal Time Coordinated (Temps Universel Coordonné)

ANNEXES

Annexe 1 : Calcul des débits des affluents du Vistre

Code Bassin Versant	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Longueur en [km]	Pente moyenne pondérée [%]
AGA01	Le Valat des Agaouts à la N86	4.4	2.1	2.7%
AGA03	Le Valat des Agaouts à la voie ferrée	5.1	3.7	1.7%
ARR01	L'Arriasse à la voie ferrée	1.2	1.5	1.9%
ARR03	L'Arriasse à la confluence avec le Gour	1.9	3.7	1.5%
ARR05	L'Arriasse au Vistre	9.6	5.5	1.1%
BAR01	Le Bartadet à l'A9	4.5	3.6	1.8%
BAR04	Le Bardadet après la confluence avec le Perret et le Serre de la Font à la N86	7.9	5.2	1.7%
BAR05	Le Bartadet après la confluence avec la Chilonne à la voie ferrée	14.8	6.9	1.3%
BAS01	La Bastide à l'A9	6.7	4.3	2.0%
BAS04	La Bastide à la N86	7.1	4.7	1.3%
BAS05	La Bastide à la voie ferrée	7.8	5.4	1.1%
BBL01	Le Barbe Blanche à Générac	1.0	1.8	1.4%
BBL03	Le Barbe Blanche à la voie ferrée	2.5	3.4	1.2%
CAG00	Le Grand Campagnolle au Mas de la Tuilerie	2.8	3.5	0.7%
CAG01	Le Grand Campagnolle à la future ligne LGV	14.6	6.5	0.5%
CAG03	Le Grand Campagnolle au Vistre	22.3	9.5	0.5%
CAG05	L'affluent du Grand Campagnolle du Mas Vidal	2.3	3.2	0.5%
CAG06	L'affluent du Grand Campagnolle du Mas d'Aptel	7.2	4.1	0.8%
CAM01	Le Campagne au Vistre	9.3	6.8	0.8%
CAN01	Le Canabou à l'A9	6.2	5.5	1.0%
CAN04	Le Canabou à la N86	8.2	6.8	0.8%
CAN05	Le Canabou à la voie ferrée	9.2	7.7	0.7%
CAP01	Le Petit Campagnolle à la future ligne LGV	3.6	3.7	0.8%
CAS01	Le Valat de Casseport à la voie ferrée	1.1	2.0	2.0%
CLA05	Le Cabassan à l'entrée d'Aubord.	2.7	4.7	1.4%

Code Bassin Versant	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Longueur en [km]	Pente moyenne pondérée [%]
CLA06	Le Cabassan au Puech du Poussin	0.4	0.9	3.7%
DON01	Le Donadille au Buffalon	5.6	6.5	0.4%
FON01	Le Serre de la Font à l'A9	1.1	2.6	2.2%
GAR01	Le Garra de Paille au Buffalon	3.1	4.6	0.9%
GMI01	Le Grand Michel au canal BRL	2.3	1.8	0.4%
GMI03	Le Grand Michel au Buffalon	4.8	5.4	0.7%
GOU01	Le Gour à la voie ferrée	1.1	1.4	2.9%
GOU03	Le Gour à la confluence avec l'Arriasse	2.3	3.7	1.7%
LON01	La Lone au Vistre	9.4	4.1	0.3%
MIR01	Le Mirman à l'amont de Caissargues	2.5	3.6	1.0%
MIR03	Le Mirman au Vistre	8.8	5.4	1.0%
PER01	Le Perret à l'A9	1.3	2.9	3.5%
PRA01	Le Pradinas à la N86	5.5	5.0	1.3%
PRA03	Le Pradinas à la voie ferrée	5.9	5.8	1.2%
REY00	Le Valat de la Reyne à l'entrée de Vauvert	2.6	2.3	1.7%
REY01	Le Valat de la Reyne au canal BRL	4.5	3.7	1.3%
REY03	Le Valat de la Reyne au Vistre	14.3	5.8	0.8%
REZ01	Le Rézil à l'A9	4.0	2.6	1.3%
REZ03	Le Rézil au Vistre	9.3	5.5	0.8%
RHO01	Le Rhôny à l'A9	71.6	15.7	0.5%
RIE03	Le Rieu à la ligne LGV	7.1	4.9	1.3%
RIE04	Le Rieu au Vistre	13.0	7.2	1.1%
RIE06	Le Rieu à la confluence avec le ruisseau de Barbe Blanche	3.2	3.2	1.7%
ROU01	La Roussignole à la limite communale de Générac	0.8	1.9	4.1%

	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Longueur en [km]	Pente moyenne pondérée [%]
VAF01	Le Valat de la Fontaine des Pigeons à la voie ferrée	1.5	2.3	1.4%
VDN01	Le Valdebane au Vistre	7.1	6.0	1.0%

PRESENTATION DE LA METHODE SCS

La méthode du Soil Conservation Service a été mise au point aux Etats Unis sur la base de résultats de mesures pluvio -hydrométriques pratiquées sur plusieurs centaines de bassins versants. BRL ingénierie l'a appliquée et calée en région méditerranéenne sur des bassins jaugés, et obtenu des résultats assez proches de la réalité. Ce modèle permet de déterminer des hydrogrammes de crue à partir d'une relation Pluie –débit.

Son principe est le même que celui de l'hydrogramme unitaire ; il est le suivant :

Avant tout, on suppose qu'un épisode pluvieux de période de retour T engendre un ruissellement de même période de retour. Les seules données nécessaires à la transformation sont les caractéristiques $P(t)$ de la pluie choisie et les caractéristiques géométriques et physiques du bassin versant.

Le choix de la durée de l'épisode pluvieux et celui du pas de temps de calcul pour la transformation pluie –débit, dépendent du temps de réponse du bassin versant étudié caractérisé par le temps de concentration, T_c .

- $T_c = f(L,H) = ((0.87 \times L^3)/H)^{0.385}$; formule de Kirpich
- L = longueur du plus grand thalweg.
- H = dénivelée correspondante.

L'hydrogramme élémentaire, généré par la pluie élémentaire tombée pendant un pas de temps D , est supposé triangulaire, avec : $1/3 T_c < D < 2/3 T_c$

Il est caractérisé par :

- Son débit de pointe : QP
- Son temps de montée : $T_p = \frac{D}{2} + K_1 T_c$
- Son temps de descente : $T_d = K_2 T_p$
- Son temps de base : $T_b = T_p + T_d$

K_1 et K_2 sont des paramètres qui dépendent des caractéristiques du bassin versant et qui sont ajustés pendant la phase de calage du modèle.

Les valeurs usuelles sont : $K_1=0.6$ et $K_2=1.67$

La pluie de projet de durée 6D (P6D) est décomposée en un hyétogramme moyen défavorable composé de 6 pluies élémentaires :

- $P_1=0.08 P_{6D}$
- $P_2=0.09 P_{6D}$
- $P_3=0.11 P_{6D}$
- $P_4=0.49 P_{6D}$
- $P_5=0.15 P_{6D}$
- $P_6=0.08 P_{6D}$

Courbe de ruissellement :

La lame d'eau ruisselée, LR, est donnée en fonction de la pluie P par une équation du type $LR = f(P, S)$

$$LR = (P - 0.2 S)^2 / (P + 0.8 S)$$

- P: pluie cumulée (mm) fonction du temps t
- S: déficit d'écoulement maximal théorique (mm): $S = S_0 + S_1 t$
- S_0 : seuil de ruissellement (mm),
- S_1 : est assimilable à une vitesse d'infiltration (mm/h),
- t : temps en heures

La résolution de $LR = f(P)$ donne, pour une valeur de S égale à S_{max} à $t=6D$, une courbe dite courbe de ruissellement identifiée par son numéro CN (curve number) variable entre 0 et 100 :

$$S_{max} = 25.4 (1000 - 10CN) / CN, \text{ pour } t=6D$$

La courbe de ruissellement est choisie en fonction de la nature du couvert du bassin versant en se référant à des tables de correspondance du Soil Conservation Service pré-établies pour les valeurs les plus courantes.

L'évolution du déficit d'écoulement au cours de l'averse est obtenue après identification de S_{max} par :

$$S_0 = 0.2 S_{max}$$

$$S_1 = (S_{max} - S_0) / 6D$$

Et à chaque pas élémentaire $i=1$ à 6 :

$$S_i = S_0 + S_1 t$$

Cette valeur S_i est introduite dans l'équation de calcul de LR .

Le volume ruisselé élémentaire est donc :

- $VE = LR \times A$
A : surface du bassin versant

$$\text{et } VE = \frac{Q_p \times T_b}{2}$$

Ces équations permettent de déterminer Q_p , débit de pointe de l'hydrogramme élémentaire.

Le calcul de la lame d'eau ruisselée à chaque pas de temps permet de déterminer chacun des hydrogrammes élémentaires. L'hydrogramme résultant est obtenu par sommation des hydrogrammes élémentaires.

Débits centennaux estimés par la méthode SCS (pluviométrie ajustée avec GEV)

Valeurs retenues



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p3

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [m³/s/(km²)^{0,75}]

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Curve Number SCS	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m ³ /s]	Débit de pps
AGA01	Le Valat des Agaouts à la N86	4.4	65	1	99	69	15.7
AGA03	Le Valat des Agaouts à la voie ferrée	5.1	64	3	148	71	13.9
ARR01	l'Arriasse à la voie ferrée	1.2	69	1	126	35	28.0
ARR03	L'Arriasse à la confluence avec le Gour	1.9	64	3	205	39	21.0
ARR05	L'Arriasse au Vistre	9.6	61	4	227	131	13.6
BAR01	Le Bartadet à l'A9	4.5	65	3	158	74	16.5
BAR04	Le Bardadet après la confluence avec le Perret et le Serre de la Font à la N86	7.9	66	3	180	110	13.9
BAR05	Le Bartadet après la confluence avec la Chilonne à la voie ferrée	14.8	66	5	190	158	10.7
BAS01	La Bastide à l'A9	6.7	62	3	166	100	15.0
BAS04	La Bastide à la N86	7.1	62	3	181	87	12.3
BAS05	La Bastide à la voie ferrée	7.8	61	4	188	81	10.4
BBL01	Le Barbe Blanche à Générac	1.0	61	2	148	23	22.1
BBL03	Le Barbe Blanche à la voie ferrée	2.5	58	3	208	46	18.5
CAG00	Le Grand Campagnolle au Mas de la Tuilerie	2.8	55	4	224	39	14.1
CAG01	Le Grand Campagnolle à la future ligne LGV	14.6	55	6	246	128	8.7
CAG03	Le Grand Campagnolle au Vistre	22.3	56	9	260	163	7.3
CAG05	L'affluent du Grand Campagnolle du Mas Vidal	2.3	55	4	228	31	13.3
CAG06	L'affluent du Grand Campagnolle du Mas d'Aptel	7.2	55	4	223	93	13.0
CAM01	Le Campagne au Vistre	9.3	60	6	222	92	10.0
CAN01	Le Canabou à l'A9	6.2	62	4	191	63	10.1
CAN04	Le Canabou à la N86	8.2	62	6	200	72	8.8
CAN05	Le Canabou à la voie ferrée	9.2	63	6	206	74	8.1
CAP01	Le Petit Campagnolle à la future ligne LGV	3.6	55	4	223	51	14.0

Débits centennaux estimés par la méthode SCS (pluviométrie ajustée avec GEV)

Valeurs retenues



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p4

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [m³/s/(km²)^{0,75}]

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Curve Number SCS	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m3/s]	Débit de pps
CAS01	Le Valat de Casseport à la voie ferrée	1.1	65	2	131	23	21.5
CLA05	Le Cabassan à l'entrée d'Aubord.	2.7	57	3	222	43	15.5
CLA06	Le Cabassan au Puech du Poussin	0.4	61	1	84	8	21.5
DON01	Le Donadille au Buffalon	5.6	55	7	194	29	5.1
FON01	Le Serre de la Font à l'A9	1.1	67	2	130	21	18.5
GAR01	Le Garra de Paille au Buffalon	3.1	61	4	211	40	13.1
GMI01	Le Grand Michel au canal BRL	2.3	57	3	183	36	15.7
GMI03	Le Grand Michel au Buffalon	4.8	62	5	219	55	11.3
GOU01	Le Gour à la voie ferrée	1.1	82	1	111	40	35.7
GOU03	Le Gour à la confluence avec l'Arriasse	2.3	70	3	199	53	23.1
LON01	La Lone au Vistre	9.4	57	5	245	103	11.0
MIR01	Le Mirman à l'amont de Caissargues	2.5	57	3	201	36	14.1
MIR03	Le Mirman au Vistre	8.8	64	4	210	112	12.7
PER01	Le Perret à l'A9	1.3	68	2	122	25	19.8
PRA01	Le Pradinas à la N86	5.5	63	4	184	67	12.2
PRA03	Le Pradinas à la voie ferrée	5.9	63	4	190	63	10.6
REY00	Le Valat de la Reyne à l'entrée de Vauvert	2.6	61	2	157	57	22.0
REY01	Le Valat de la Reyne au canal BRL	4.5	69	3	211	100	22.1
REY03	Le Valat de la Reyne au Vistre	14.3	65	5	233	194	13.6
REZ01	Le Rézil à l'A9	4.0	64	2	180	92	22.9
REZ03	Le Rézil au Vistre	9.3	63	5	238	130	13.9
RHO01	Le Rhôny à l'A9	71.6	64	13	274	483	6.8
RIE03	Le Rieu à la ligne LGV	7.1	63	4	221	117	16.5

Débits centennaux estimés par la méthode SCS (pluviométrie ajustée avec GEV)

Valeurs retenues



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p5

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [$\text{m}^3/\text{s}/(\text{km}^2)^{0,75}$]

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Curve Number SCS	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m ³ /s]	Débit de pps
RIE04	Le Rieu au Vistre	13.0	61	5	236	156	12.0
RIE06	Le Rieu à la confluence avec le ruisseau de Barbe Blanche	3.2	70	2	185	76	23.8
ROU01	La Roussignole à la limite communale de Générac	0.8	56	1	115	15	18.8
ROU03	La Roussignole au Rieu	1.4	56	3	196	25	17.7
VAF01	Le Valat de la Fontaine des Pigeons à la voie ferrée	1.5	78	2	164	42	28.2
VDN01	Le Valdebane au Vistre	7.1	56	5	215	69	9.8

Débits décennaux estimés par la méthode SCS (pluviométrie ajustée avec GEV)

Valeurs retenues



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p6

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [m³/s/(km²)^{0,75}]

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Curve Number SCS	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m3/s]	Débit de pps
AGA01	Le Valat des Agaouts à la N86	4.4	65	1	58	21	4.7
AGA03	Le Valat des Agaouts à la voie ferrée	5.1	64	3	81	22	4.4
ARR01	L'Arriasse à la voie ferrée	1.2	69	1	60	9	7.4
ARR03	L'Arriasse à la confluence avec le Gour	1.9	64	3	91	10	5.3
ARR05	L'Arriasse au Vistre	9.6	61	4	99	27	2.8
BAR01	Le Bartadet à l'A9	4.5	65	3	85	24	5.5
BAR04	Le Bardadet après la confluence avec le Perret et le Serre de la Font à la N86	7.9	66	3	94	36	4.5
BAR05	Le Bartadet après la confluence avec la Chilonne à la voie ferrée	14.8	66	5	100	50	3.4
BAS01	La Bastide à l'A9	6.7	62	3	89	31	4.6
BAS04	La Bastide à la N86	7.1	62	3	95	25	3.6
BAS05	La Bastide à la voie ferrée	7.8	61	4	99	23	3.0
BBL01	Le Barbe Blanche à Générac	1.0	61	2	69	4	4.3
BBL03	Le Barbe Blanche à la voie ferrée	2.5	58	3	92	9	3.7
CAG00	Le Grand Campagnolle au Mas de la Tuilerie	2.8	55	4	97	7	2.4
CAG01	Le Grand Campagnolle à la future ligne LGV	14.6	55	6	108	20	1.4
CAG03	Le Grand Campagnolle au Vistre	22.3	56	9	115	28	1.3
CAG05	L'affluent du Grand Campagnolle du Mas Vidal	2.3	55	4	99	5	2.2
CAG06	L'affluent du Grand Campagnolle du Mas d'Aptel	7.2	55	4	97	15	2.1
CAM01	Le Campagne au Vistre	9.3	60	6	103	20	2.1
CAN01	Le Canabou à l'A9	6.2	62	4	100	18	2.9
CAN04	Le Canabou à la N86	8.2	62	6	106	21	2.5
CAN05	Le Canabou à la voie ferrée	9.2	63	6	109	21	2.3
CAP01	Le Petit Campagnolle à la future ligne LGV	3.6	55	4	97	8	2.3

Débits décennaux estimés par la méthode SCS (pluviométrie ajustée avec GEV)

Valeurs retenues



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p7
Août 2010

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Curve Number SCS	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m ³ /s]	Débit de pps
CAS01	Le Valat de Casseport à la voie ferrée	1.1	65	2	65	6	5.3
CLA05	Le Cabassan à l'entrée d'Aubord.	2.7	57	3	96	8	2.8
CLA06	Le Cabassan au Puech du Poussin	0.4	61	1	43	1	1.9
DON01	Le Donadille au Buffalon	5.6	55	7	104	6	1.1
FON01	Le Serre de la Font à l'A9	1.1	67	2	72	7	6.2
GAR01	Le Garra de Paille au Buffalon	3.1	61	4	97	9	3.0
GMI01	Le Grand Michel au canal BRL	2.3	57	3	87	7	3.1
GMI03	Le Grand Michel au Buffalon	4.8	62	5	101	12	2.5
GOU01	Le Gour à la voie ferrée	1.1	82	1	54	16	14.4
GOU03	Le Gour à la confluence avec l'Arriasse	2.3	70	3	89	16	6.9
LON01	La Lone au Vistre	9.4	57	5	113	22	2.3
MIR01	Le Mirman à l'amont de Caissargues	2.5	57	3	92	7	2.7
MIR03	Le Mirman au Vistre	8.8	64	4	97	27	3.1
PER01	Le Perret à l'A9	1.3	68	2	69	9	7.0
PRA01	Le Pradinas à la N86	5.5	63	4	96	20	3.6
PRA03	Le Pradinas à la voie ferrée	5.9	63	4	100	18	3.1
REY00	Le Valat de la Reyne à l'entrée de Vauvert	2.6	61	2	72	12	4.6
REY01	Le Valat de la Reyne au canal BRL	4.5	69	3	93	29	6.5
REY03	Le Valat de la Reyne au Vistre	14.3	65	5	102	45	3.1
REZ01	Le Rézil à l'A9	4.0	64	2	86	26	6.4
REZ03	Le Rézil au Vistre	9.3	63	5	109	32	3.5
RHO01	Le Rhône à l'A9	71.6	64	13	135	136	1.9
RIE03	Le Rieu à la ligne LGV	7.1	63	4	96	26	3.6

Débits décennaux estimés par la méthode SCS (pluviométrie ajustée avec GEV)

Valeurs retenues



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p8
Août 2010

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Curve Number SCS	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m ³ /s]	Débit de pps
RIE04	Le Rieu au Vistre	13.0	61	5	103	32	2.4
RIE06	Le Rieu à la confluence avec le ruisseau de Barbe Blanche	3.2	70	2	83	22	7.0
ROU01	La Roussignole à la limite communale de Générac	0.8	56	1	56	1	1.9
ROU03	La Roussignole au Rieu	1.4	56	3	88	4	3.1
VAF01	Le Valat de la Fontaine des Pigeons à la voie ferrée	1.5	78	2	75	16	10.5
VDN01	Le Valdebane au Vistre	7.1	56	5	99	12	1.8

Débits centennaux estimés par la méthode SCS (pluviométrie ajustée avec Gumbel)

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p9

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [$\text{m}^3/\text{s}/(\text{km}^2)^{0,75}$]

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Curve Number SCS	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m ³ /s]	Débit de pps
AGA01	Le Valat des Agaouts à la N86	4.4	65	1	84	50	11.4
AGA03	Le Valat des Agaouts à la voie ferrée	5.1	64	3	125	53	10.4
ARR01	l'Arriasse à la voie ferrée	1.2	69	1	98	23	18.8
ARR03	L'Arriasse à la confluence avec le Gour	1.9	64	3	159	27	14.4
ARR05	L'Arriasse au Vistre	9.6	61	4	176	86	9.0
BAR01	Le Bartadet à l'A9	4.5	65	3	134	56	12.7
BAR04	Le Bardadet après la confluence avec le Perret et le Serre de la Font à la N86	7.9	66	3	152	85	10.7
BAR05	Le Bartadet après la confluence avec la Chilonne à la voie ferrée	14.8	66	5	160	120	8.1
BAS01	La Bastide à l'A9	6.7	62	3	140	76	11.4
BAS04	La Bastide à la N86	7.1	62	3	153	65	9.2
BAS05	La Bastide à la voie ferrée	7.8	61	4	159	61	7.8
BBL01	Le Barbe Blanche à Générac	1.0	61	2	114	14	14.0
BBL03	Le Barbe Blanche à la voie ferrée	2.5	58	3	161	30	12.1
CAG00	Le Grand Campagnolle au Mas de la Tuilerie	2.8	55	4	174	25	9.0
CAG01	Le Grand Campagnolle à la future ligne LGV	14.6	55	6	191	79	5.4
CAG03	Le Grand Campagnolle au Vistre	22.3	56	9	201	102	4.6
CAG05	L'affluent du Grand Campagnolle du Mas Vidal	2.3	55	4	176	20	8.5
CAG06	L'affluent du Grand Campagnolle du Mas d'Aptel	7.2	55	4	173	59	8.2
CAM01	Le Campagne au Vistre	9.3	60	6	176	62	6.7
CAN01	Le Canabou à l'A9	6.2	62	4	162	47	7.6
CAN04	Le Canabou à la N86	8.2	62	6	169	54	6.6
CAN05	Le Canabou à la voie ferrée	9.2	63	6	174	56	6.1
CAP01	Le Petit Campagnolle à la future ligne LGV	3.6	55	4	173	32	8.9

Débits centennaux estimés par la méthode SCS (pluviométrie ajustée avec Gumbel)

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p10

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [m³/s/(km²)^{0,75}]

Août 2010

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Curve Number SCS	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m ³ /s]	Débit de pps
CAS01	Le Valat de Casseport à la voie ferrée	1.1	65	2	104	16	14.4
CLA05	Le Cabassan à l'entrée d'Aubord.	2.7	57	3	172	27	10.0
CLA06	Le Cabassan au Puech du Poussin	0.4	61	1	65	4	11.1
DON01	Le Donadille au Buffalon	5.6	55	7	164	20	3.6
FON01	Le Serre de la Font à l'A9	1.1	67	2	110	16	14.1
GAR01	Le Garra de Paille au Buffalon	3.1	61	4	167	27	8.9
GMI01	Le Grand Michel au canal BRL	2.3	57	3	145	24	10.2
GMI03	Le Grand Michel au Buffalon	4.8	62	5	174	37	7.6
GOU01	Le Gour à la voie ferrée	1.1	82	1	86	29	26.3
GOU03	Le Gour à la confluence avec l'Arriasse	2.3	70	3	154	37	16.4
LON01	La Lone au Vistre	9.4	57	5	194	69	7.3
MIR01	Le Mirman à l'amont de Caissargues	2.5	57	3	159	24	9.3
MIR03	Le Mirman au Vistre	8.8	64	4	166	77	8.8
PER01	Le Perret à l'A9	1.3	68	2	103	19	15.1
PRA01	Le Pradinas à la N86	5.5	63	4	156	50	9.2
PRA03	Le Pradinas à la voie ferrée	5.9	63	4	160	47	8.0
REY00	Le Valat de la Reyne à l'entrée de Vauvert	2.6	61	2	121	37	14.2
REY01	Le Valat de la Reyne au canal BRL	4.5	69	3	163	71	15.7
REY03	Le Valat de la Reyne au Vistre	14.3	65	5	180	130	9.1
REZ01	Le Rézil à l'A9	4.0	64	2	142	65	16.2
REZ03	Le Rézil au Vistre	9.3	63	5	188	89	9.6
RHO01	Le Rhôny à l'A9	71.6	64	13	222	343	4.8
RIE03	Le Rieu à la ligne LGV	7.1	63	4	171	77	10.9

Débits centennaux estimés par la méthode SCS (pluviométrie ajustée avec Gumbel)

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p11

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [$\text{m}^3/\text{s}/(\text{km}^2)^{0,75}$]

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Curve Number SCS	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m ³ /s]	Débit de pps
RIE04	Le Rieu au Vistre	13.0	61	5	183	102	7.8
RIE06	Le Rieu à la confluence avec le ruisseau de Barbe Blanche	3.2	70	2	143	54	16.8
ROU01	La Roussignole à la limite communale de Générac	0.8	56	1	89	8	10.3
ROU03	La Roussignole au Rieu	1.4	56	3	152	16	11.1
VAF01	Le Valat de la Fontaine des Pigeons à la voie ferrée	1.5	78	2	127	31	20.7
VDN01	Le Valdebane au Vistre	7.1	56	5	170	44	6.3

Formule des Experts « moyenne »

(source : CNM 2004 – Rapport d'expertise hydrologique et hydraulique)

La formule des Experts « Moyenne » a été mise au point lors de l'étude du Contournement Nîmes Montpellier par la nouvelle ligne Languedoc Roussillon.

Cette formule a été établie à partir de l'étude de 99 bassins versants de superficies inférieures à 5 km² (« petits » sous-bassins versants) et a été vérifiée sur les bassins versants de superficies comprises entre 5 et 20 km². Elle n'est par contre pas adaptée aux bassins versants de superficies supérieures à 20 km² (« grands » sous-bassins versants).

Cette formule résulte de la synthèse régionale des débits centennaux calculés par la méthode rationnelle paramétrée selon la méthode des experts sur les « petits » sous-bassins versants (droite de régression linéaire du débit en fonction de la superficie à la puissance 0.75).

Cette analyse régionale a permis d'établir la formule suivante dite formule des Experts « moyenne » :

$$Q = 14.S^{0.75}$$

Avec Q (m³/s) le débit de projet centennal
S (km²) la superficie du bassin versant.

Il est important de noter que cette formulation constitue une limite basse des estimations qui ne devraient pas être inférieures, sauf spécificités locales marquées.

Remarque : Les Experts précisent que les estimations FBG, qui sont en moyenne 1,8 plus élevées que les estimations des Experts.

Débits centennaux estimés par la formule des Experts "moyenne"

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.3 - p2

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [m³/s/(km²)^{0,75}]

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m ³ /s]	Débit de pps
AGA01	Le Valat des Agaouts à la N86	4.4	3	146	43	14.0
AGA03	Le Valat des Agaouts à la voie ferrée	5.1	4	189	48	14.0
ARR01	L'Arriasse à la voie ferrée	1.2	2	140	16	14.0
ARR03	L'Arriasse à la confluence avec le Gour	1.9	5	192	22	14.0
ARR05	L'Arriasse au Vistre	9.6	6	225	76	14.0
BAR01	Le Bartadet à l'A9	4.5	4	186	43	14.0
BAR04	Le Bardadet après la confluence avec le Perret et le Serre de la Font à la N86	7.9	5	210	66	14.0
BAR05	Le Bartadet après la confluence avec la Chilonne à la voie ferrée	14.8	7	230	106	14.0
BAS01	La Bastide à l'A9	6.7	5	193	58	14.0
BAS04	La Bastide à la N86	7.1	6	213	61	14.0
BAS05	La Bastide à la voie ferrée	7.8	6	225	65	14.0
BBL01	Le Barbe Blanche à Générac	1.0	3	156	14	14.0
BBL03	Le Barbe Blanche à la voie ferrée	2.5	5	195	28	14.0
CAG00	Le Grand Campagnolle au Mas de la Tuilerie	2.8	6	216	30	14.0
CAG01	Le Grand Campagnolle à la future ligne LGV	14.6	9	246	105	14.0
CAG03	Le Grand Campagnolle au Vistre	22.3	12	260	144	14.0
CAG05	L'affluent du Grand Campagnolle du Mas Vidal	2.3	6	222	26	14.0
CAG06	L'affluent du Grand Campagnolle du Mas d'Aptel	7.2	6	221	62	14.0
CAM01	Le Campagne au Vistre	9.3	8	238	74	14.0
CAN01	Le Canabou à l'A9	6.2	7	228	55	14.0
CAN04	Le Canabou à la N86	8.2	8	239	68	14.0
CAN05	Le Canabou à la voie ferrée	9.2	9	246	74	14.0
CAP01	Le Petit Campagnolle à la future ligne LGV	3.6	6	215	37	14.0

Débits centennaux estimés par la formule des Experts "moyenne"

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.3 - p3

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [m³/s/(km²)^{0,75}]

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m ³ /s]	Débit de pps
CAS01	Le Valat de Casseport à la voie ferrée	1.1	3	152	15	14.0
CLA05	Le Cabassan à l'entrée d'Aubord.	2.7	5	210	30	14.0
CLA06	Le Cabassan au Puech du Poussin	0.4	1	107	7	14.0
DON01	Le Donadille au Buffalon	5.6	10	250	51	14.0
FON01	Le Serre de la Font à l'A9	1.1	3	162	15	14.0
GAR01	Le Garra de Paille au Buffalon	3.1	6	223	32	14.0
GMI01	Le Grand Michel au canal BRL	2.3	5	193	26	14.0
GMI03	Le Grand Michel au Buffalon	4.8	7	232	45	14.0
GOU01	Le Gour à la voie ferrée	1.1	2	128	15	14.0
GOU03	Le Gour à la confluence avec l'Arriasse	2.3	4	187	26	14.0
LON01	La Lone au Vistre	9.4	8	239	75	14.0
MIR01	Le Mirman à l'amont de Caissargues	2.5	5	205	28	14.0
MIR03	Le Mirman au Vistre	8.8	6	226	72	14.0
PER01	Le Perret à l'A9	1.3	3	155	17	14.0
PRA01	Le Pradinas à la N86	5.5	6	217	50	14.0
PRA03	Le Pradinas à la voie ferrée	5.9	6	226	53	14.0
REY00	Le Valat de la Reyne à l'entrée de Vauvert	2.6	3	163	29	14.0
REY01	Le Valat de la Reyne au canal BRL	4.5	5	197	43	14.0
REY03	Le Valat de la Reyne au Vistre	14.3	7	233	103	14.0
REZ01	Le Rézil à l'A9	4.0	4	178	40	14.0
REZ03	Le Rézil au Vistre	9.3	7	231	75	14.0
RHO01	Le Rhôny à l'A9	71.6	16	279	344	14.0
RIE03	Le Rieu à la ligne LGV	7.1	6	214	61	14.0

Débits centennaux estimés par la formule des Experts "moyenne"

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.3 - p4

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [m³/s/(km²)^{0,75}]

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m ³ /s]	Débit de pps
RIE04	Le Rieu au Vistre	13.0	8	234	96	14.0
RIE06	Le Rieu à la confluence avec le ruisseau de Barbe Blanche	3.2	4	180	33	14.0
ROU01	La Roussignole à la limite communale de Générac	0.8	2	131	12	14.0
ROU03	La Roussignole au Rieu	1.4	4	187	18	14.0
VAF01	Le Valat de la Fontaine des Pigeons à la voie ferrée	1.5	3	166	19	14.0
VDN01	Le Valdebane au Vistre	7.1	7	230	61	14.0

Formule de BRESSAND-GOLOSSOF

(source : Guide technique de réalisation des dossiers, CETE Méditerranée)

La méthode de BRESSAND-GOLOSSOF permet d'estimer le débit de pointe de la crue rare, souvent considérée comme la crue centennale.

Cette méthode reprend la méthode rationnelle, mais en la modifiant dans sa partie « ruissellement » pour tenir compte de l'effet de seuil : la vitesse moyenne de déplacement des eaux prise en compte pour le calcul du temps de concentration est déterminée non pas à partir d'un principe de ruissellement en nappe, mais plutôt à partir de celui d'un écoulement hydraulique, mieux adapté à la spécificité des petits bassins versants méditerranéens.

Ces derniers sont effectivement, dans la majorité des cas, très vite structurés sur le plan hydrographique, par un réseau ramifié de ravines et autres talwegs.

- Bassin versant de superficie inférieure à 20 km² :

L'exploitation du réseau des mesures effectuées par le réseau de télésurveillance du Service d'Annonce des Crues du Gard sur des petits bassins versants amont du département donne une vitesse d'écoulement moyenne comprise entre 1.3 et 1.5 m/s.

A défaut de mesures précises, il est retenu les valeurs de vitesses d'écoulement moyennes (V) suivantes :

- pour p (pente) < 1% $V = 1$ m/s
- pour $1 < p < 10$ % $V = 1 + \frac{(p-1)}{9}$ m/s
- pour p > 10 % $V = 2$ m/s

Le temps de concentration (t_c) est ensuite simplement calculé par le produit suivant :

$$t_c (s) = \frac{L}{V}$$

Avec L = longueur du plus long cheminement hydraulique du bassin versant (m).

L'intensité pluviométrique (i_T) pour une période de retour (T) choisie est estimée par la formule IDF de Montana classique :

$$i_T (\text{en mm/h}) = a(T) * t_c^{b(T)}$$

Avec a et b, les paramètres de Montana fixés en fonction de la période de retour (T) de la crue calculée, de la localisation et du temps de concentration (t_c) du bassin versant.

Ensuite, le débit (Q_T) pour une période de retour (T) choisie est calculé par la formule rationnelle classique :

$$Q_T (m^3 / s) = \frac{K * C * S * i_T}{3.6}$$

Avec :

- Q_T = débit de pointe de la crue de période de retour T
- K = coefficient d'abattement spatial de la pluie
- S = superficie du bassin en km^2
- i_T en mm/h pour la période de retour T
- C = coefficient de ruissellement du bassin versant

Le coefficient de ruissellement (C) est estimé en appliquant la formule suivante :

$$C = 0.8 * \left(1 - \frac{P_o}{P_{jT}}\right)$$

Avec :

- P_o = rétention initiale
- P_{jT} = pluie journalière pour la période de retour (T)

Période de retour T	Durée des précipitations (en h)								
	0,1	0,3	0,5	1	2	3	6	12	24
100	23	41	67	99	145	205	276	281	311

Figure 1 : Précipitation horaire P_{100} en mm au poste de Nîmes Courbessac (d'après étude RFF, contournement ferroviaire de Nîmes et Montpellier, étude du franchissement du Vistre - 2007)

Couverture végétale	Morphologie	Pente (%)	P_o (mm) suivant la nature du sol		
			Sable grossier	Limoneux	Argileux ou rocailleux compact
Bois garrigue	Presque plat	0 à 5	90	65	50
	Ondulé	5 à 10	75	55	35
	Montagneux	10 à 30	60	45	25
Pâturages	Presque plat	0 à 5	85	60	50
	Ondulé	5 à 10	80	50	30
	Montagneux	10 à 30	70	40	25
Cultures	Presque plat	0 à 5	65	35	25
	Ondulé	5 à 10	50	25	10
	Montagneux	10 à 30	35	10	0

Figure 2 : Détermination de la rétention initiale P_o

Intervalle	a	b
Entre 6min et 30min	416,3	0,356
Entre 30min et 6h	650	0,487
Entre 6h et 24h	3243	0,76

Figure 3 : Coefficient de Montana



ANNEXE 1.4 – P3

- Bassin versant de superficie comprise entre 20 km² et 400 km² :

La formule empirique de Bressand Golossov donne une estimation du débit de pointe de la crue rare (de l'ordre de la crue centennale le plus souvent) à partir de l'analyse des crues historiques qui se sont produites dans le sud de la France depuis 150 ans.

Pour les bassins versants de superficie comprise entre 20 km² et 400 km², le débit de pointe de la crue rare est :

$$Q = 30 * S^{0.75}$$

Avec :

- Q_T = débit de pointe de la crue de période de retour T
- S = superficie du bassin en km²

Débits centennaux estimés par la méthode FBG

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.4 - p4

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [m³/s/(km²)^{0,75}]

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m3/s]	Débit de pps
AGA01	Le Valat des Agaouts à la N86	4.4	0	61	109	35.9
AGA03	Le Valat des Agaouts à la voie ferrée	5.1	1	86	91	26.8
ARR01	L'Arriasse à la voie ferrée	1.2	0	52	35	29.5
ARR03	L'Arriasse à la confluence avec le Gour	1.9	1	87	34	21.3
ARR05	L'Arriasse au Vistre	9.6	2	109	140	25.7
BAR01	Le Bartadet à l'A9	4.5	1	85	78	25.5
BAR04	Le Bardadet après la confluence avec le Perret et le Serre de la Font à la N86	7.9	1	103	116	24.7
BAR05	Le Bartadet après la confluence avec la Chilonne à la voie ferrée	14.8	2	121	186	24.6
BAS01	La Bastide à l'A9	6.7	1	92	109	26.4
BAS04	La Bastide à la N86	7.1	1	99	108	24.8
BAS05	La Bastide à la voie ferrée	7.8	1	108	110	23.6
BBL01	Le Barbe Blanche à Générac	1.0	0	60	26	25.5
BBL03	Le Barbe Blanche à la voie ferrée	2.5	1	85	46	23.1
CAG00	Le Grand Campagnolle au Mas de la Tuilerie	2.8	1	87	48	22.7
CAG01	Le Grand Campagnolle à la future ligne LGV	14.6	2	119	192	25.6
CAG03	Le Grand Campagnolle au Vistre	22.3	3	146	308	30.0
CAG05	L'affluent du Grand Campagnolle du Mas Vidal	2.3	1	84	43	22.7
CAG06	L'affluent du Grand Campagnolle du Mas d'Aptel	7.2	1	94	118	26.8
CAM01	Le Campagne au Vistre	9.3	2	122	122	22.9
CAN01	Le Canabou à l'A9	6.2	2	110	86	21.9
CAN04	Le Canabou à la N86	8.2	2	123	103	21.1
CAN05	Le Canabou à la voie ferrée	9.2	2	131	109	20.7
CAP01	Le Petit Campagnolle à la future ligne LGV	3.6	1	90	62	23.7

Débits centennaux estimés par la méthode FBG

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.4 - p5

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [m³/s/(km²)^{0,75}]

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m ³ /s]	Débit de pps
CAS01	Le Valat de Casseport à la voie ferrée	1.1	1	62	27	25.8
CLA05	Le Cabassan à l'entrée d'Aubord.	2.7	1	99	44	20.4
CLA06	Le Cabassan au Puech du Poussin	0.4	0	34	13	27.7
DON01	Le Donadille au Buffalon	5.6	2	120	74	20.2
FON01	Le Serre de la Font à l'A9	1.1	1	70	23	21.5
GAR01	Le Garra de Paille au Buffalon	3.1	1	100	49	21.1
GMI01	Le Grand Michel au canal BRL	2.3	1	62	57	30.3
GMI03	Le Grand Michel au Buffalon	4.8	1	109	71	22.0
GOU01	Le Gour à la voie ferrée	1.1	0	48	35	32.1
GOU03	Le Gour à la confluence avec l'Arriasse	2.3	1	86	43	23.4
LON01	La Lone au Vistre	9.4	1	94	156	29.1
MIR01	Le Mirman à l'amont de Caissargues	2.5	1	89	43	21.5
MIR03	Le Mirman au Vistre	8.8	1	109	130	25.5
PER01	Le Perret à l'A9	1.3	1	69	27	22.4
PRA01	Le Pradinas à la N86	5.5	1	103	82	22.8
PRA03	Le Pradinas à la voie ferrée	5.9	2	111	81	21.5
REY00	Le Valat de la Reyne à l'entrée de Vauvert	2.6	1	68	58	28.5
REY01	Le Valat de la Reyne au canal BRL	4.5	1	89	82	26.4
REY03	Le Valat de la Reyne au Vistre	14.3	2	113	204	27.7
REZ01	Le Rézil à l'A9	4.0	1	74	81	28.5
REZ03	Le Rézil au Vistre	9.3	2	110	133	24.8
RHO01	Le Rhôny à l'A9	71.6	4	188	738	30.0
RIE03	Le Rieu à la ligne LGV	7.1	1	101	112	25.8
REY02	Le Valat de la Reyne du canal BRL au Vistre	3.6	1	70	80	30.3
REY03	Le Valat de la Reyne au Vistre	14.3	2	113	204	27.7

Débits centennaux estimés par la méthode FBG

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.4 - p6
Août 2010

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km ²]	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m ³ /s]	Débit de pps
RIE04	Le Rieu au Vistre	13.0	2	126	166	24.3
RIE06	Le Rieu à la confluence avec le ruisseau de Barbe Blanche	3.2	1	81	64	26.9
ROU01	La Roussignole à la limite communale de Générac	0.8	0	52	21	25.4
ROU03	La Roussignole au Rieu	1.4	1	85	26	20.0
VAF01	Le Valat de la Fontaine des Pigeons à la voie ferrée	1.5	1	68	36	26.8
VDN01	Le Valdebane au Vistre	7.1	2	115	97	22.3

Annexe 2 : Notes hydrologiques complémentaires

Approche n°1 : comparaison des observations de pluies locales aux quantiles extrêmes de pluies bassin de référence













La pluie de référence utilisée pour caractériser la période de retour associée aux pluies observées localement aux postes pluviographiques des réseaux de mesure du SPC Grand Delta et de Météo France est présentée ci-dessous :

Quantiles de pluies non abattues GEV pour le BV du Vistre au Cailar

	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
T = 5 ans	53	95	110	128	149
T = 10 ans	57	103	120	139	161
T = 20 ans	71	131	152	175	203
T = 30 ans	79	150	173	200	231
T = 40 ans	86	164	189	219	252
T = 50 ans	91	176	203	234	270
T = 60 ans	95	187	215	248	285
T = 70 ans	99	196	225	260	299
T = 80 ans	103	204	235	270	311
T = 90 ans	106	211	243	280	322
T = 100 ans	109	218	251	289	333

Le code couleur permettant de caractériser les périodes de retour associées est fourni ci-dessous :

Légende

	T < 5 ans
	5 ans <= T < 10 ans
	10 ans <= T < 20 ans
	20 ans <= T < 30 ans
	30 ans <= T < 40 ans
	40 ans <= T < 50 ans
	50 ans <= T < 60 ans
	60 ans <= T < 70 ans
	70 ans <= T < 80 ans
	80 ans <= T < 90 ans
	90 ans <= T < 100 ans
	T >= 100 ans

Pluie du 3 et 4 octobre 1988

	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
Nîmes-Courbessac (MF)	62.0	160.0	241.0	263.0	264.0
Nîmes-Ponge (MF)		220.0	350.0	420.0	420.0
Nîmes-DDE (SPC)	73.0	173.0	294.0	310.5	311.5
Calvisson (M. Rouverant)		179.0	280.0	339.0	339.0
Remoulins (SPC)	54.0	105.5	148.0	161.5	161.5
Vic-Le-Fesc (SPC)	36.5	72.5	106.5	123.0	123.0

Commentaires :

- pluie plus que centennale sur le centre et surtout au Nord de l'agglomération Nîmoise (Nîmes-DDE de 6 à 12 heures et Nîmes-Ponge de 3 à 24 heures) ainsi que sur la partie Nord du bassin versant du Rhône (Calvisson de 6 à 24 heures)
- pluie de période de retour comprise entre 80 et 90 ans à l'Est de l'agglomération Nîmoise (Nîmes-Courbessac en 6 heures)
- pluie de période de retour comprise entre 10 et 20 ans à l'Est du bassin versant du Vistre (Remoulins)
- pluie de période de retour inférieure à 5 ans à l'Ouest du bassin versant du Vistre (Vic-Le-Fesc)

Pluie du 8 au 9 septembre 2002

	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
Nîmes-Courbessac (MF)	42.8	71.4	79.4	91.2	158.6
Nîmes-Garons (MF)	36.6	62.8	74.0	78.0	88.8
Villevieille (MF)	58.2	106.9	149.7	181.1	207.4
Bernis (SPC)	13.5	23.5	24.5	37.0	47.5
Caissargues (SPC)	27.5	43.5	46.5	54.5	78.5
Générac (SPC)	33.5	55.0	80.5	85.0	99.5
Cailar (SPC)	11.5	15.0	15.0	22.0	23.0
Marguerittes (SPC)	43.5	90.0	104.0	115.0	220.0
Nîmes-DDE (SPC)	31.0	67.0	69.5	88.0	137.5
Remoulins (SPC)	81.5	159.0	231.5	255.0	311.0
Saint-Dionisy (SPC)	66.5	84.0	84.0	97.5	143.5
Sommières (SPC)	58.2	106.9	149.7	181.1	207.4
Vauvert (SPC)	11.5	16.0	16.5	22.5	22.5

Commentaires :

- pluie de période de retour comprise entre 60 et 70 ans à l'Est du bassin versant (Remoulins en 12 heures)
- pluie de période de retour comprise entre 20 et 30 ans à l'Ouest du bassin versant (Villevieille et Sommières en 12 et 24 heures)
- pluie de période de retour comprise entre 20 et 30 ans sur la partie Est du bassin versant (Marguerittes en 24 heures)
- pluie de période de retour comprise entre 5 et 10 ans à l'Est de l'agglomération Nîmoise (Nîmes-Courbessac en 24 heures)
- pluie de période de retour inférieure à 5 ans partout ailleurs

Pluie du 22 septembre 2003

	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
Nîmes-Courbessac (MF)	37.6	46.8	58.0	77.8	78.0
Nîmes-Garons (MF)	37.8	100.8	176.0	211.4	211.6
Villevieille (MF)	37.6	49.5	63.2	104.1	104.3
Bernis (SPC)	48.0	82.5	145.0	163.0	163.0
Caissargues (SPC)	33.0	52.0	88.0	110.0	110.0
Générac (SPC)	46.0	113.0	162.5	200.0	200.0
Cailar (SPC)	95.0	188.0	266.0	304.5	304.5
Marguerittes (SPC)	37.5	48.0	57.0	78.5	79.0
Nîmes-DDE (SPC)	31.0	37.5	42.5	63.0	63.5
Remoulins (SPC)	5.0	12.0	17.0	21.5	21.5
Saint-Dionisy (SPC)	35.0	52.5	69.5	98.5	98.5
Sommières (SPC)	48.0	62.0	79.5	126.5	127.0
Vauvert (SPC)	23.0	66.0	120.0	171.5	185.5

Commentaires :

- pluie plus que centennale au Cailar (en 6 et 12 heures)
- pluie de période de retour comprise entre 10 et 20 ans à Vauvert et à Bernis (de 6 à 24 heures)
- pluie de période de retour comprise entre 30 et 40 ans à Générac (en 12 heures) et Garons (en 6 et 12 heures)
- pluie de période de retour inférieure à 5 ans partout ailleurs

Pluie du 29 novembre au 4 décembre 2003

	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
Nîmes-Courbessac (MF)	10.6	23.0	37.6	54.4	101.6
Nîmes-Garons (MF)	12.8	24.2	39.2	58.4	103.0
Villevieille (MF)	17.3	36.1	45.5	63.7	80.9
Bernis (SPC)	20.5	34.0	56.5	71.5	109.0
Caissargues (SPC)	12.5	26.0	41.5	55.5	94.0
Générac (SPC)	9.5	23.5	40.0	57.5	99.5
Cailar (SPC)	17.5	22.5	30.0	40.5	62.5
Marguerittes (SPC)	10.0	23.0	36.5	51.5	92.5
Nîmes-DDE (SPC)	11.0	23.0	41.5	54.5	91.5
Remoulins (SPC)	12.5	28.0	46.5	61.0	107.0
Saint-Dionisy (SPC)	9.5	15.5	29.5	40.0	70.0
Sommières (SPC)	17.5	35.0	49.0	68.0	91.5
Vauvert (SPC)	16.0	19.5	27.0	40.5	61.5

Commentaires :

- pluie de période de retour inférieure à 5 ans

Pluie du 3 au 4 novembre 2004

	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
Nîmes-Courbessac (MF)	40.0	60.6	77.0	80.4	86.8
Nîmes-Garons (MF)	28.2	42.8	50.2	58.6	64.8
Villevieille (MF)	3.4	3.8	4.2	4.8	8.8
Bernis (SPC)	76.5	113.5	125.0	132.5	155.5
Caissargues (SPC)	29.5	30.0	51.0	51.0	55.0
Générac (SPC)	63.0	66.0	83.0	84.5	88.0
Cailar (SPC)	18.0	29.5	35.5	47.5	48.5
Marguerittes (SPC)	20.0	40.5	45.5	51.0	52.0
Nîmes-DDE (SPC)	26.5	53.5	66.0	73.5	81.0
Remoulins (SPC)	1.0	1.0	1.5	2.0	3.5
Saint-Dionisy (SPC)	35.0	61.5	103.0	126.5	128.0
Sommières (SPC)	2.0	3.5	4.0	4.5	7.0
Vauvert (SPC)	23.0	33.0	41.5	55.0	57.5

Commentaires :

- pluie de période de retour comprise entre 20 et 30 ans à Bernis (en 1 heure)
- pluie de période de retour comprise entre 10 et 20 ans à Générac (en 1 heure)
- pluie de période de retour inférieure à 5 ans partout ailleurs

Pluie du 6 au 8 septembre 2005

	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
Nîmes-Courbessac (MF)	50.6	114.6	167.4	209.0	215.1
Nîmes-Garons (MF)	63.2	102.8	154.0	178.0	196.6
Villevieille (MF)	33.2	58.2	67.6	116.5	139.7
Bernis (SPC)	81.0	209.5	270.0	308.0	324.5
Caissargues (SPC)	45.5	105.5	146.0	190.5	198.0
Générac (SPC)	94.0	158.0	198.0	247.0	260.0
Cailar (SPC)	38.5	71.5	114.0	150.0	165.5
Marguerittes (SPC)	47.5	107.0	150.0	187.5	191.5
Nîmes-DDE (SPC)	96.5	178.0	219.0	267.0	274.0
Remoulins (SPC)	43.0	104.5	147.5	184.5	185.5
Saint-Dionisy (SPC)	31.0	55.5	96.0	126.0	163.5
Sommières (SPC)	27.0	52.5	63.0	113.5	138.0
Vauvert (SPC)	34.5	72.5	119.0	154.5	169.5

Commentaires :

- pluie plus que centennale à Bernis (de 6 à 12 heures)
- pluie de période de retour comprise entre 70 et 80 ans à Nîmes-DDE (en 12 heures)
- pluie de période de retour comprise entre 50 et 60 ans à Générac (en 12 heures)
- pluie de période de retour comprise entre 30 et 40 ans à Nîmes-Courbessac (en 12 heures)
- pluie de période de retour comprise entre 20 et 30 ans au centre Sud et sur la partie Est du bassin versant du Vistre (Nîmes-Garons, Caissargues, Marguerittes et Remoulins)
- pluie de période de retour comprise entre 10 et 20 ans sur la partie Ouest du bassin versant du Vistre (Vauvert et Le Cailar en 12 et 24 heures et Saint-Dionisy en 24 heures)
- pluie de période de retour inférieure à 5 ans à l'Ouest du bassin versant du Vistre (Sommières et Villevieille)

Pluie du 29 au 30 septembre 2007

	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
Nîmes-Courbessac (MF)	27.0	57.0	64.8	77.2	78.2
Nîmes-Garons (MF)	43.6	48.6	57.0	61.0	62.0
Villevieille (MF)	47.1	115.2	148.9	183.1	192.4
Bernis (SPC)	55.0	101.0	119.0	127.5	130.0
Caissargues (SPC)	32.5	60.5	70.5	75.5	78.0
Générac (SPC)	46.5	61.0	73.0	79.0	80.5
Cailar (SPC)	24.5	44.5	49.5	49.5	51.0
Marguerittes (SPC)	24.0	45.5	59.0	73.0	74.5
Nîmes-DDE (SPC)	59.0	104.5	115.5	123.0	125.0
Remoulins (SPC)	8.0	18.0	34.0	44.0	44.0
Saint-Dionisy (SPC)	59.5	116.0	142.5	154.5	160.5
Sommières (SPC)	46.0	127.5	153.5	196.0	206.5
Vauvert (SPC)	49.0	61.5	64.5	64.5	65.0

Commentaires :

- pluie de période de retour comprise entre 20 et 30 ans à l'Est du bassin versant du Vistre (Villevieille en 12 heures et Sommières de 6 à 24 heures)
- pluie de période de retour comprise entre 10 et 20 ans au centre et à l'Ouest du bassin versant du Vistre (Bernis de 1 à 6 heures, Nîmes-DDE en 6 heures et Saint-Dionisy en 24 heures)
- pluie de période de retour inférieure à 5 ans partout ailleurs

Pluie du 1 au 3 février 2009

	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
Nîmes-Courbessac (MF)	6.8	13.6	21.6	34.4	53.2
Nîmes-Garons (MF)	6.0	14.6	24.0	35.6	59.8
Villevieille (MF)	17.5	41.9	51.7	74.5	92.6
Bernis (SPC)	6.5	15.0	26.0	37.5	63.5
Caissargues (SPC)	7.0	13.0	23.0	31.5	53.5
Générac (SPC)	11.0	18.0	25.0	34.5	53.5
Cailar (SPC)	8.0	16.5	23.0	33.0	56.0
Marguerittes (SPC)	6.0	12.5	19.0	29.0	43.0
Nîmes-DDE (SPC)	4.5	12.0	22.0	31.5	50.0
Remoulins (SPC)	3.4	7.1	10.8	16.4	24.4
Saint-Dionisy (SPC)	5.5	13.5	20.0	36.5	47.0
Sommières (SPC)	5.1	12.5	18.5	33.7	43.4
Vauvert (SPC)	6.0	13.0	21.0	31.0	55.5

Commentaires :

- pluie de période de retour inférieure à 5 ans













Approche n°2 : comparaison des observations de pluies locales aux quantiles extrêmes de pluies locales

Pour 7 postes pluviométriques/pluviographiques, ont été comparés les observations de pluies locales lors des évènements majeurs sur le bassin versant du Vistre aux quantiles extrêmes de pluies locales.

Il est important de noter que :

- les quantiles de pluies horaires ont été calculés à partir des quantiles de pluies journalières au poste considéré, puis par l'application du coefficient correctif de Weiss pour déterminer la pluie maximale en 24 heures et enfin par l'utilisation de la loi de Montana au poste de Nîmes-Courbessac pour déterminer les pluies maximales en 1, 3, 6 et 12 heures,
- les postes pluviographiques (qui fournissent les données horaires des évènements) ne correspondent pas toujours aux postes pluviométriques (qui fournissent les données journalières sur plus de 30 ans pour l'analyse statistique et l'estimation des quantiles de pluies journalières) : par exemple, à Vauvert, on compare les observations du poste SPC Grand Delta aux quantiles du poste Météo France.

Le code couleur permettant de caractériser les périodes de retour associées est fourni ci-dessous :

Légende	
	T < 5 ans
	5 ans <= T < 10 ans
	10 ans <= T < 20 ans
	20 ans <= T < 30 ans
	30 ans <= T < 40 ans
	40 ans <= T < 50 ans
	50 ans <= T < 60 ans
	60 ans <= T < 70 ans
	70 ans <= T < 80 ans
	80 ans <= T < 90 ans
	90 ans <= T < 100 ans
	T >= 100 ans

Observations : Nîmes-Courbessac_MF

Pluie (mm)	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
du 3 et 4 octobre 1988	62.0	160.0	241.0	263.0	264.0
8 au 9 septembre 2002	42.8	71.4	79.4	91.2	158.6
22 septembre 2003	37.6	46.8	58.0	77.8	78.0
du 29 nov. au 4 décembre 2003	10.6	23.0	37.6	54.4	101.6
3 au 4 novembre 2004	40.0	60.6	77.0	80.4	86.8
du 6 au 8 septembre 2005	50.6	114.6	167.4	209.0	215.1
du 29 au 30 septembre 2007	27.0	57.0	64.8	77.2	78.2
du 1 au 3 février 2009	6.8	13.6	21.6	34.4	53.2

Quantiles : Nîmes-Courbessac_MF

Pluie (mm)	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
T = 5 ans	49.4	86.4	100.7	117.4	136.9
T = 10 ans	63.3	114.0	132.3	153.5	178.2
T = 20 ans	78.9	146.5	169.4	196.0	226.7
T = 30 ans	88.9	168.3	194.4	224.5	259.2
T = 40 ans	96.7	185.4	213.8	246.7	284.5
T = 50 ans	103.0	199.5	229.9	265.1	305.6
T = 60 ans	108.3	211.6	243.8	280.9	323.7
T = 70 ans	113.0	222.4	256.1	295.0	339.7
T = 80 ans	117.2	232.1	267.2	307.6	354.1
T = 90 ans	121.0	241.0	277.3	319.2	367.3
T = 100 ans	124.5	249.2	286.7	329.8	379.5

A Nîmes-Courbessac, la valeur de P6HMAX de 241 mm observée dans la nuit du 3 au 4 octobre 1988 correspond à une pluie de période de retour comprise entre 50 et 60 ans.
On notera qu'une valeur de P6HMAX de 265 mm a été observée le 12 octobre 1990, soit une pluie de période de retour comprise entre 70 et 80 ans.

Observations : Nîmes-Garons_MF

Pluie (mm)	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
du 3 et 4 octobre 1988					
8 au 9 septembre 2002	36.6	62.8	74.0	78.0	88.8
22 septembre 2003	37.8	100.8	176.0	211.4	211.6
du 29 nov. au 4 décembre 2003	12.8	24.2	39.2	58.4	103.0
3 au 4 novembre 2004	28.2	42.8	50.2	58.6	64.8
du 6 au 8 septembre 2005	63.2	102.8	154.0	178.0	196.6
du 29 au 30 septembre 2007	43.6	48.6	57.0	61.0	62.0
du 1 au 3 février 2009	6.0	14.6	24.0	35.6	59.8

Quantiles : Nîmes-Garons_MF

Pluie (mm)	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
T = 5 ans	40.0	69.9	81.5	95.0	110.8
T = 10 ans	50.2	90.4	104.9	121.7	141.3
T = 20 ans	61.9	115.0	133.0	153.8	177.9
T = 30 ans	69.6	131.8	152.2	175.7	202.9
T = 40 ans	75.6	145.0	167.3	193.0	222.6
T = 50 ans	80.5	156.0	179.9	207.3	239.0
T = 60 ans	84.7	165.6	190.8	219.8	253.3
T = 70 ans	88.5	174.1	200.5	230.9	266.0
T = 80 ans	91.8	181.8	209.3	241.0	277.4
T = 90 ans	94.8	188.9	217.4	250.2	287.9
T = 100 ans	97.6	195.4	224.9	258.7	297.7

A Nîmes-Garons, la valeur de P12HMAX de 211.4 mm observée le 23 septembre 2003 correspond à une pluie de période de retour comprise entre 50 et 60 ans.

Observations : Générac_SPC

Pluie (mm)	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
du 3 et 4 octobre 1988					
8 au 9 septembre 2002	33.5	55.0	80.5	85.0	99.5
22 septembre 2003	46.0	113.0	162.5	200.0	200.0
du 29 nov. au 4 décembre 2003	9.5	23.5	40.0	57.5	99.5
3 au 4 novembre 2004	63.0	66.0	83.0	84.5	88.0
du 6 au 8 septembre 2005	94.0	158.0	198.0	247.0	260.0
du 29 au 30 septembre 2007	46.5	61.0	73.0	79.0	80.5
du 1 au 3 février 2009	11.0	18.0	25.0	34.5	53.5

Quantiles : Générac_MF

Pluie (mm)	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
T = 5 ans	41.9	73.2	85.3	99.4	115.9
T = 10 ans	53.9	97.0	112.6	130.7	151.7
T = 20 ans	68.2	126.8	146.6	169.6	196.1
T = 30 ans	78.0	147.6	170.5	196.9	227.4
T = 40 ans	85.7	164.4	189.6	218.7	252.3
T = 50 ans	92.1	178.5	205.8	237.2	273.5
T = 60 ans	97.7	190.9	220.0	253.4	292.0
T = 70 ans	102.6	202.0	232.7	268.0	308.6
T = 80 ans	107.1	212.2	244.3	281.2	323.8
T = 90 ans	111.2	221.5	255.0	293.4	337.7
T = 100 ans	115.0	230.3	264.9	304.8	350.7

A Générac, la valeur de P12HMAX de 247 mm et de P1HMAX de 94 mm observées le 6 septembre 2005 correspond à une pluie de période de retour comprise entre 50 et 60 ans.

Observations : Vauvert_SPC

Pluie (mm)	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
du 3 et 4 octobre 1988					
8 au 9 septembre 2002	11.5	106.9	16.5	22.5	22.5
22 septembre 2003	23.0	62.0	120.0	171.5	185.5
du 29 nov. au 4 décembre 2003	16.0	35.0	27.0	40.5	61.5
3 au 4 novembre 2004	23.0	3.5	41.5	55.0	57.5
du 6 au 8 septembre 2005	34.5	52.5	119.0	154.5	169.5
du 29 au 30 septembre 2007	49.0	127.5	64.5	64.5	65.0
du 1 au 3 février 2009	6.0	12.5	21.0	31.0	55.5

Quantiles : Vauvert_MF

Pluie (mm)	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
T = 5 ans	40.8	71.2	83.0	96.8	112.8
T = 10 ans	52.6	94.8	110.0	127.6	148.1
T = 20 ans	66.6	123.7	143.1	165.5	191.4
T = 30 ans	76.0	143.8	166.0	191.7	221.4
T = 40 ans	83.3	159.8	184.3	212.6	245.3
T = 50 ans	89.4	173.2	199.7	230.2	265.3
T = 60 ans	94.6	184.9	213.1	245.5	282.9
T = 70 ans	99.3	195.4	225.1	259.2	298.5
T = 80 ans	103.5	205.0	236.0	271.6	312.7
T = 90 ans	107.3	213.7	246.0	283.1	325.8
T = 100 ans	110.9	221.9	255.3	293.7	337.9

A Vauvert, la valeur de P12HMAX de 171.5 mm observée le 22 septembre 2003 et la valeur de P3HMAX observée du 29 au 30 septembre 2007 correspondent à des pluies de période de retour comprises entre 20 et 30 ans.

Observations : Remoulins_SPC

Pluie (mm)	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
du 3 et 4 octobre 1988	54.0	105.5	148.0	161.5	161.5
8 au 9 septembre 2002	81.5	159.0	231.5	255.0	311.0
22 septembre 2003	5.0	12.0	17.0	21.5	21.5
du 29 nov. au 4 décembre 2003	12.5	28.0	46.5	61.0	107.0
3 au 4 novembre 2004	1.0	1.0	1.5	2.0	3.5
du 6 au 8 septembre 2005	43.0	104.5	147.5	184.5	185.0
du 29 au 30 septembre 2007	8.0	18.0	34.0	44.0	44.0
du 1 au 3 février 2009	3.4	7.1	10.8	16.4	24.4

Quantiles : Remoulins_MF

Pluie (mm)	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
T = 5 ans	50.1	87.6	102.1	119.0	138.7
T = 10 ans	64.9	116.9	135.7	157.5	182.7
T = 20 ans	81.2	150.9	174.5	201.8	233.4
T = 30 ans	91.6	173.4	200.2	231.2	267.0
T = 40 ans	99.5	190.8	220.1	253.9	292.9
T = 50 ans	105.9	205.1	236.4	272.5	314.2
T = 60 ans	111.2	217.4	250.4	288.6	332.5
T = 70 ans	115.9	228.2	262.8	302.7	348.6
T = 80 ans	120.1	237.9	273.9	315.3	363.0
T = 90 ans	123.9	246.8	284.0	326.9	376.2
T = 100 ans	127.4	254.9	293.3	337.5	388.3

A Remoulins, les valeurs de P6HMAX, P12HMAX et P24HMAX respectivement de 231.5, 255 et 311 mm observées du 8 au 9 septembre 2002 correspond à des pluies de période de retour comprises entre 40 et 50 ans.

Observations : Villevieille_MF / Vic-Le-Fesc_SPC

Pluie (mm)	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
du 3 et 4 octobre 1988	36.5	72.5	106.5	123.0	123.0
8 au 9 septembre 2002	58.2	106.9	149.7	181.1	207.4
22 septembre 2003	37.6	49.5	63.2	104.1	104.3
du 29 nov. au 4 décembre 2003	17.3	36.1	45.5	63.7	80.9
3 au 4 novembre 2004	3.4	3.8	4.2	4.8	8.8
du 6 au 8 septembre 2005	33.2	58.2	67.6	116.5	139.7
du 29 au 30 septembre 2007	47.1	115.2	148.9	183.1	192.4
du 1 au 3 février 2009	17.5	41.9	51.7	74.5	92.6

Quantiles : Villevieille_MF

Pluie (mm)	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
T = 5 ans	45.8	80.0	93.2	108.7	126.7
T = 10 ans	55.6	100.2	116.3	135.0	156.6
T = 20 ans	65.5	121.6	140.7	162.7	188.2
T = 30 ans	71.3	134.9	155.7	179.9	207.7
T = 40 ans	75.5	144.7	166.9	192.5	222.1
T = 50 ans	78.7	152.5	175.8	202.7	233.6
T = 60 ans	81.4	159.0	183.2	211.1	243.3
T = 70 ans	83.7	164.7	189.7	218.4	251.6
T = 80 ans	85.7	169.7	195.3	224.9	258.9
T = 90 ans	87.4	174.1	200.4	230.7	265.5
T = 100 ans	89.0	178.2	205.0	235.9	271.4

A Villevieille, les valeurs de P12HMAX de 181.1 et 183.1 mm respectivement observées du 8 au 9 septembre 2002 et du 29 au 30 septembre 2007 correspondent à des pluies de période de retour comprises entre 30 et 40 ans.

Observations : Bernis_SPC / Calvisson

Pluie (mm)	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
du 3 et 4 octobre 1988		179.0	280.0	339.0	339.0
8 au 9 septembre 2002	13.5	23.5	24.5	37.0	47.5
22 septembre 2003	48.0	82.5	145.0	163.0	163.0
du 29 nov. au 4 décembre 2003	20.5	34.0	56.5	71.5	109.0
3 au 4 novembre 2004	76.5	113.5	125.0	132.5	155.5
du 6 au 8 septembre 2005	81.0	209.5	270.0	308.0	324.5
du 29 au 30 septembre 2007	55.0	101.0	119.0	127.5	130.0
du 1 au 3 février 2009	6.5	15.0	26.0	37.5	63.5

Quantiles : Vestric_MF

Pluie (mm)	P1Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax
T = 5 ans	45.3	79.1	92.3	107.6	125.4
T = 10 ans	58.0	104.5	121.3	140.8	163.4
T = 20 ans	72.3	134.3	155.3	179.6	207.8
T = 30 ans	81.5	154.2	178.1	205.7	237.5
T = 40 ans	88.5	169.8	195.8	225.9	260.6
T = 50 ans	94.3	182.6	210.5	242.7	279.7
T = 60 ans	99.1	193.7	223.1	257.1	296.2
T = 70 ans	103.4	203.5	234.3	269.9	310.8
T = 80 ans	107.2	212.3	244.4	281.3	323.9
T = 90 ans	110.6	220.3	253.6	291.8	335.9
T = 100 ans	113.8	227.8	262.1	301.5	346.9

A Calvisson, les valeurs de P6HMAX et P12HMAX respectivement de 280 et 339 mm observées du 3 au 4 octobre 1988 correspondent à des pluies de période de retour plus que centennale.

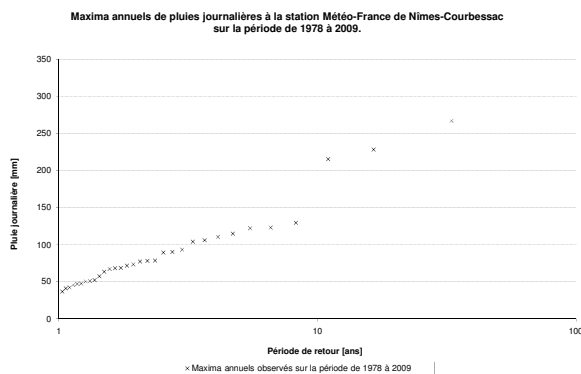
A Bernis, les valeurs de P6HMAX et P12HMAX respectivement de 270 et 308 mm observées du 6 au 8 septembre 2005 correspondent à des pluies de période de retour plus que centennale.

Le *Water Resources Council* (1981) donne une méthode de détection des horsains (ou outliers) basée sur la valeur du coefficient d'asymétrie $Cs = m_3 / (m_2)^{3/2}$ (rapport du moment centré d'ordre 3 au moment centré d'ordre 2 à la puissance 3/2) d'un échantillon de valeurs maximales annuelles. Si le coefficient d'asymétrie est inférieur à 0.4, le test n'est pas activé (nota bene : cette méthode est reprise dans le *Guide méthodologique pour l'estimation de la crue centennale dans le cadre des Plans de Prévention des Risques d'Inondations*, Michel Lang et Jacques Lavabre, Editions Quae, Avril 2007).

Cette méthode a été appliquée aux échantillons de pluies journalières maximales annuelles des 10 postes Météo-France de la zone d'étude (Nîmes-Ponge, Nîmes-Courbessac, Nîmes-Garons, Remoulins, Meynes, Vestric, Vauvert, Villevieille, Générac et Bellegarde-Balandran) sur la période d'étude retenue de 1978 à 2009.

Ci-après sont présentés les résultats pour la station de Nîmes-Courbessac.

Le graphique ci-dessous présente les observations ordonnées en fonction de leur fréquence empirique.



Au vu du graphique précédent, 3 valeurs pourraient être assimilées à des horsains :

- 215.1 mm le 6 septembre 2005
- 228.0 mm le 3 octobre 1988
- 266.8 mm le 12 octobre 1990

Le calcul du critère de détection des horsains a été effectué en considérant divers cas de figure (tous les trois, deux à deux, chacun pris séparément, aucun) :

Cs (1978-2009)	12 octobre 1990	3 octobre 1988	6 septembre 2005
0.32	X	X	X
0.31	X		
0.38		X	
0.38			X
0.30	X	X	
0.34	X		X
0.46		X	X
0.08			

C'est uniquement dans le cas de figure où l'on considère uniquement la valeur d'octobre 1990 que le test est mis en défaut.

Dans le cas réel (avec les trois valeurs), la valeur du critère de détection est de 0.32 et est donc inférieure à 0.4. Le test n'est donc pas activé ; autrement dit, l'échantillon ne comporte pas de horsains.

Pour les autres stations, le test de détection des horsains a été mis une seule fois en défaut pour le poste Météo France de Générac qui fournit une valeur de 298 mm. Cette valeur a été considérée comme aberrante et remplacée par la valeur de 260 mm du poste SPC Grand Delta de Générac pour le traitement statistique.

Cette analyse a été réalisée sur la période 1978-2009 retenue pour l'analyse statistique des 11 postes pluviométriques Météo France disposant de 30 ans de données disponibles à minima qui incluent les valeurs extrêmes des 65 dernières années.

Ainsi en effectuant la même analyse sur la période 1945- 2009 pour le poste de Nîmes-Courbessac, on obtient des valeurs de Cs encore plus faible et l'hypothèse du test est d'autant plus acceptée.

Cs (1945-2009)	12 octobre 1990	3 octobre 1988	6 septembre 2005
0.25	x	x	x
0.29	x		
0.20		x	
0.17			x
0.28	x	x	
0.27	x		x
0.22		x	x
0.06			

Les tableaux ci-après permettent de juger de la qualité des 11 échantillons (pluies journalières maximales annuelles sur la période de 1978 à 2009) :

Tests d'hypothèses sur les échantillons

Test d'indépendance (Wald-Wolfowitz)			
Hypothèse (H0) :	Les observations sont indépendantes (signification de 5%).		
Hypothèse (H1) :	Les observations sont dépendantes (autocorrélation d'ordre 1).		
	valeur statistique	p-value	conclusion
Nîmes-Courbessac_MF	U = 0.9521	p = 0.3410	H0 acceptée.
Nîmes-Ponge_MF	U = 0.3448	p = 0.7302	H0 acceptée.
Générac_MF	U = 0.1824	p = 0.8552	H0 acceptée.
St-Gilles-Asport_MF	U = 0.09504	p = 0.9243	H0 acceptée.
Nîmes-Garons_MF	U = 0.7660	p = 0.4437	H0 acceptée.
Meynes_MF	U = 0.5141	p = 0.6072	H0 acceptée.
Vestric_MF	U = 0.7246	p = 0.4687	H0 acceptée.
Villevieille_MF	U = 1.031	p = 0.3024	H0 acceptée.
Vauvert_MF	U = 0.6367	p = 0.5244	H0 rejetée.
Bellegarde-Balandran_MF	U = 3.833	p = 0.0001277	H0 rejetée.
Remoulins_MF	U = 0.1000	p = 0.9203	H0 acceptée.

Test de stationnarité (Kendall)			
Hypothèse (H0) :	Il n'y a aucune tendance dans les observations (signification de 5%).		
Hypothèse (H1) :	Il y a une tendance dans les observations.		
	valeur statistique	p-value	conclusion
Nîmes-Courbessac_MF	K = 1.070	p = 0.2844	H0 acceptée.
Nîmes-Ponge_MF	K = 2.748	p = 0.006020	H0 rejetée.
Générac_MF	K = 1.641	p = 0.1007	H0 acceptée.
St-Gilles-Asport_MF	K = 1.927	p = 0.05402	H0 acceptée.
Nîmes-Garons_MF	K = 1.499	p = 0.1340	H0 acceptée.
Meynes_MF	K = 1.445	p = 0.1484	H0 acceptée.
Vestric_MF	K = 1.784	p = 0.07441	H0 acceptée.
Villevieille_MF	K = 2.248	p = 0.02460	H0 rejetée.
Vauvert_MF	K = 0.6066	p = 0.5441	H0 acceptée.
Bellegarde-Balandran_MF	K = 7.743	p = 1.017E-014	H0 rejetée.
Remoulins_MF	K = 1.213	p = 0.2250	H0 acceptée.

Test d'homogénéité (Wilcoxon)			
Hypothèse (H0) :	Les moyennes des deux sous-échantillons sont égales (sign. 5%).*		
Hypothèse (H1) :	Les moyennes des deux sous-échantillons sont différentes.		
	valeur statistique	p-value	conclusion
Nîmes-Courbessac_MF	W = 1.559	p = 0.1190	H0 acceptée.
Nîmes-Ponge_MF	W = 2.848	p = 0.004418	H0 rejetée.
Générac_MF	W = 1.913	p = 0.05580	H0 acceptée.
St-Gilles-Asport_MF	W = 2.100	p = 0.03577	H0 rejetée.
Nîmes-Garons_MF	W = 1.891	p = 0.05858	H0 acceptée.
Meynes_MF	W = 1.956	p = 0.05053	H0 acceptée.
Vestric_MF	W = 2.162	p = 0.03063	H0 rejetée.
Villevieille_MF	W = 2.681	p = 0.007350	H0 rejetée.
Vauvert_MF	W = 1.268	p = 0.2048	H0 acceptée.
Bellegarde-Balandran_MF	W = 4.677	p = 2.962E-006	H0 rejetée.
Remoulins_MF	W = 1.580	p = 0.1141	H0 acceptée.

* sous-échantillon n°1 de 1978 à 1993 et sous-échantillon n°2 de 1994 à 2008

Au vu des tableaux précédents, la qualité des échantillons est jugée globalement acceptable :

- le test d'indépendance est mis en défaut pour 2 échantillons (Vauvert et Bellegarde),
- le test de stationnarité est mis en défaut pour 3 échantillons (Nîmes-Ponge, Villevieille et Bellegarde),
- le test d'homogénéité est mis en défaut pour 5 échantillons (Nîmes-Ponge, St-Gilles-Asport, Vestric, Villevieille et Bellegarde).

Les tableaux ci-après permettent de juger de la qualité des ajustements pour les lois statistiques Gumbel et GEV.

Tests d'adéquation des ajustements

Test d'adéquation (Khi Carré de K. Pearson) - Loi Gumbel			
Hypothèse (H0) :	L'échantillon provient d'une loi Gumbel (signification de 5%).		
Hypothèse (H1) :	L'échantillon ne provient pas d'une loi Gumbel.		
	valeur statistique	p-value	conclusion
Nîmes-Courbessac_MF	$X^2 = 4.53$	$p = 0.3386$	H0 acceptée.
Nîmes-Ponge_MF	$X^2 = 4.53$	$p = 0.3386$	H0 acceptée.
Générac_MF	$X^2 = 2.20$	$p = 0.6990$	H0 acceptée.
St-Gilles-Asport_MF	$X^2 = 6.87$	$p = 0.1431$	H0 acceptée.
Nîmes-Garons_MF	$X^2 = 2.67$	$p = 0.6151$	H0 acceptée.
Meynes_MF	$X^2 = 9.67$	$p = 0.0464$	H0 rejetée.
Vestric_MF	$X^2 = 7.33$	$p = 0.1193$	H0 acceptée.
Villevieille_MF	$X^2 = 2.67$	$p = 0.6151$	H0 acceptée.
Vauvert_MF	$X^2 = 3.60$	$p = 0.4628$	H0 acceptée.
Bellegarde-Balandran_MF	$X^2 = 7.33$	$p = 0.1193$	H0 acceptée.
Remoulins_MF	$X^2 = 7.80$	$p = 0.0992$	H0 acceptée.
Test d'adéquation (Khi Carré de K. Pearson) - Loi GEV			
Hypothèse (H0) :	L'échantillon provient d'une loi GEV (signification de 5%).		
Hypothèse (H1) :	L'échantillon ne provient pas d'une loi GEV.		
	valeur statistique	p-value	conclusion
Nîmes-Courbessac_MF	$X^2 = 3.13$	$p = 0.3715$	H0 acceptée.
Nîmes-Ponge_MF	$X^2 = 2.67$	$p = 0.4459$	H0 acceptée.
Générac_MF	$X^2 = 5.47$	$p = 0.1406$	H0 acceptée.
St-Gilles-Asport_MF	$X^2 = 3.13$	$p = 0.3715$	H0 acceptée.
Nîmes-Garons_MF	$X^2 = 1.73$	$p = 0.6295$	H0 acceptée.
Meynes_MF	$X^2 = 5.93$	$p = 0.1149$	H0 acceptée.
Vestric_MF	$X^2 = 5.00$	$p = 0.1718$	H0 acceptée.
Villevieille_MF	$X^2 = 10.13$	$p = 0.0175$	H0 rejetée.
Vauvert_MF	$X^2 = 2.67$	$p = 0.4459$	H0 acceptée.
Bellegarde-Balandran_MF	$X^2 = 3.13$	$p = 0.3715$	H0 acceptée.
Remoulins_MF	$X^2 = 3.60$	$p = 0.3080$	H0 acceptée.

Source : Logiciel HYFRAN Version 1.1 © INRS-ÉTÉ

Au vu des tableaux précédents, la qualité des ajustements est jugée globalement acceptable :

- le test d'adéquation est mis une seule fois en défaut pour la loi Gumbel (Meynes),
- le test d'adéquation est mis une seule fois en défaut pour la loi GEV (Meynes)

Les tableaux ci-après permettent de comparer la qualité des ajustements entre les lois statistiques Gumbel et GEV.

Tests de comparaison entre les lois

	Critère d'Information Bayésien		
	BIC - Loi de Gumbel	BIC - Loi GEV	meilleur ajustement**
Nîmes-Courbessac_MF	316.556	315.163	GEV
Nîmes-Ponge_MF	326.859	324.845	GEV
Générac_MF	305.681	300.713	GEV
St-Gilles-Asport_MF	299.085	293.091	GEV
Nîmes-Garons_MF	297.534	295.720	GEV
Meynes_MF	287.101	289.221	Gumbel
Vestric_MF	311.898	311.187	GEV
Villevieille_MF	304.145	306.499	Gumbel
Vauvert_MF	305.411	301.189	GEV
Bellegarde-Balandran_MF	297.687	292.457	GEV
Remoulins_MF	321.408	319.829	GEV

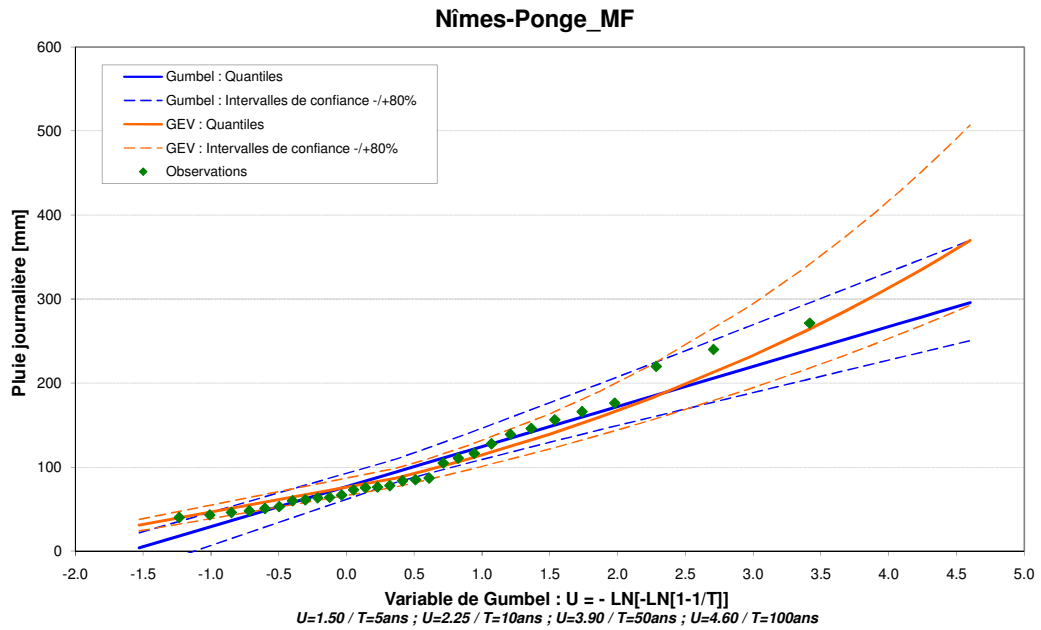
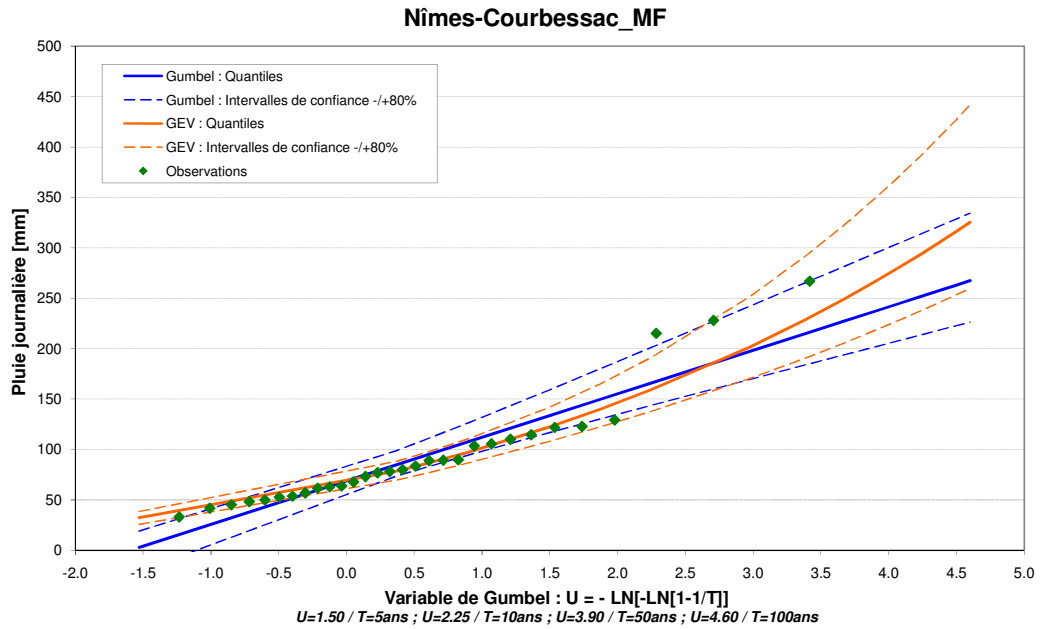
	Critère d'Information Akaïke		
	AIC - Loi de Gumbel	AIC - Loi GEV	meilleur ajustement**
Nîmes-Courbessac_MF	313.754	310.959	GEV
Nîmes-Ponge_MF	324.056	320.642	GEV
Générac_MF	302.879	296.509	GEV
St-Gilles-Asport_MF	296.283	288.888	GEV
Nîmes-Garons_MF	294.731	291.517	GEV
Meynes_MF	284.298	285.017	Gumbel
Vestric_MF	309.096	306.984	GEV
Villevieille_MF	301.342	302.295	Gumbel
Vauvert_MF	302.608	296.985	GEV
Bellegarde-Balandran_MF	294.884	288.253	GEV
Remoulins_MF	318.606	315.626	GEV

* Les meilleurs ajustements correspondent aux plus faibles valeurs de ces statistiques.

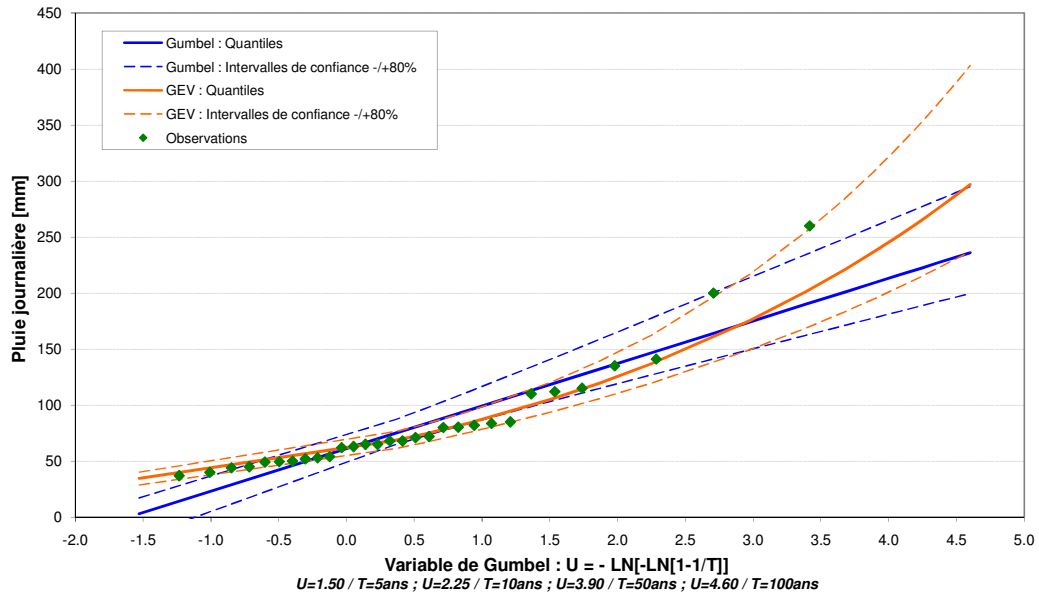
Source : Logiciel HYFRAN Version 1.1 © INRS-ÉTÉ

Au vu des tableaux précédents, les critères numériques BIC et AIC permettent de caractériser les ajustements issus de la loi GEV comme « meilleurs » que ceux issus de la loi Gumbel (excepté pour Meynes et Villevieille).

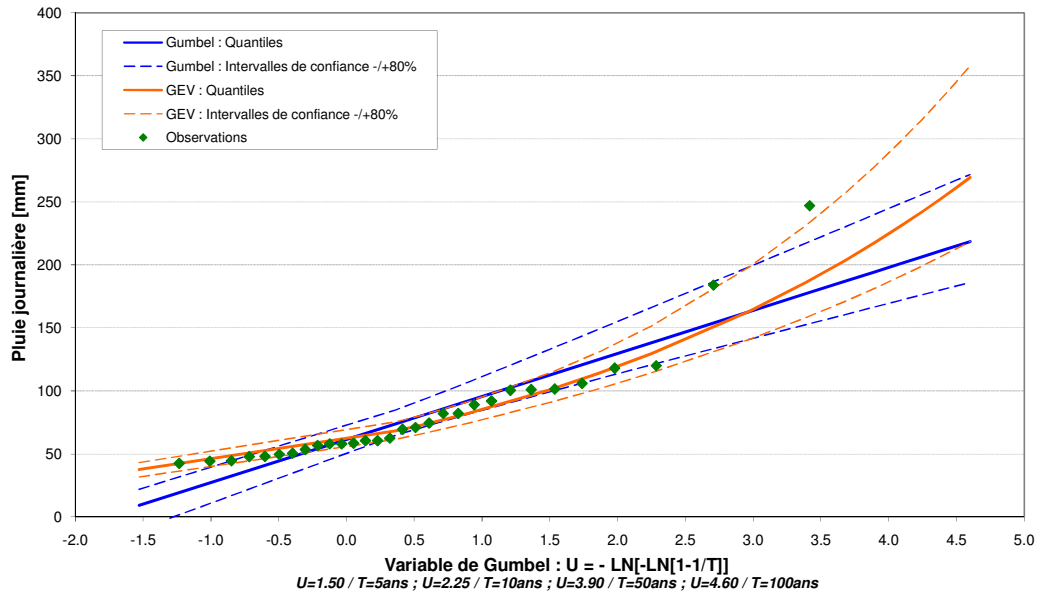
Les graphiques ci-après présentent les courbes d'ajustement des lois Gumbel et GEV et les intervalles de confiance à 80% pour les 11 postes Météo-France (calculs statistiques à partir des pluies journalières maximales annuelles sur la période 1978-2009).



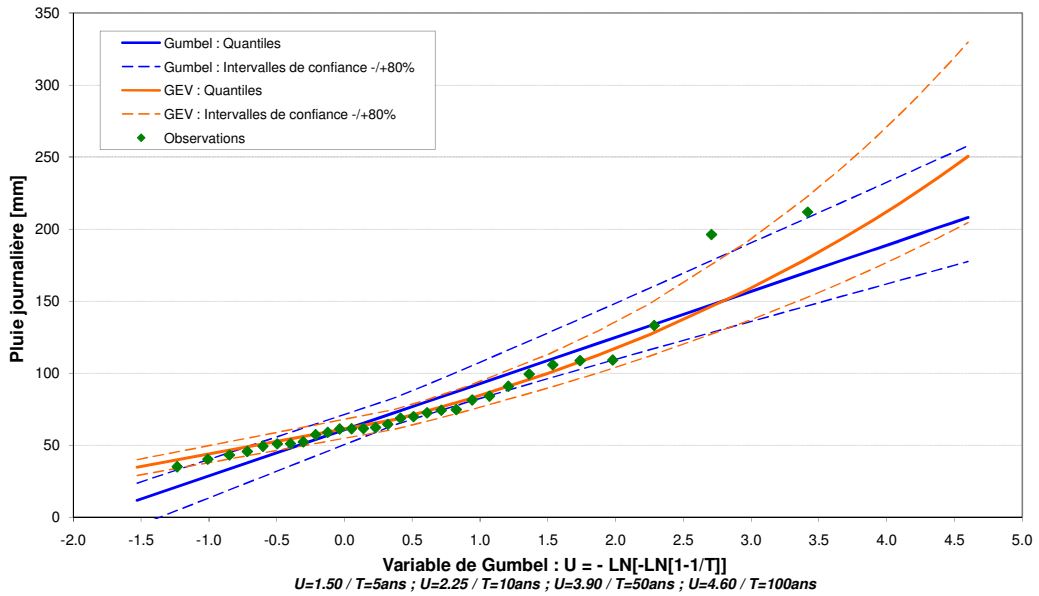
Générac_MF



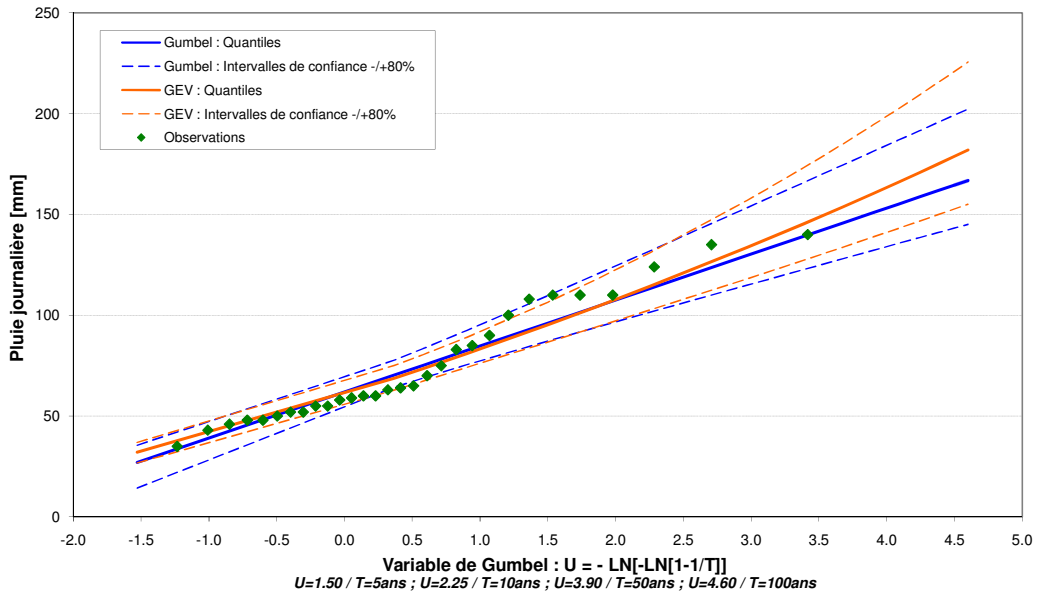
St-Gilles-Asport_MF

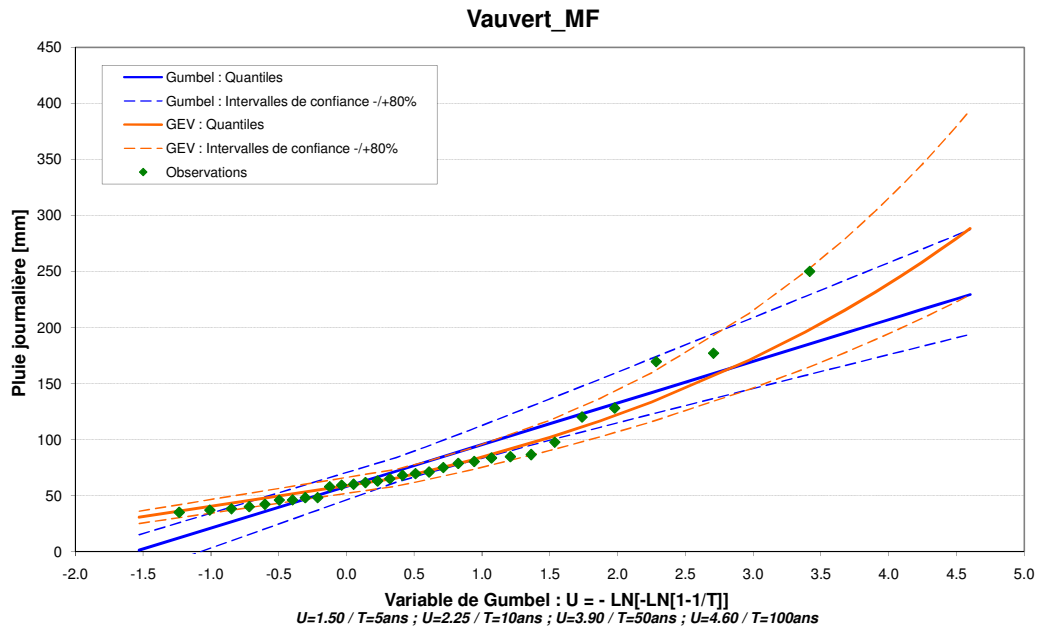
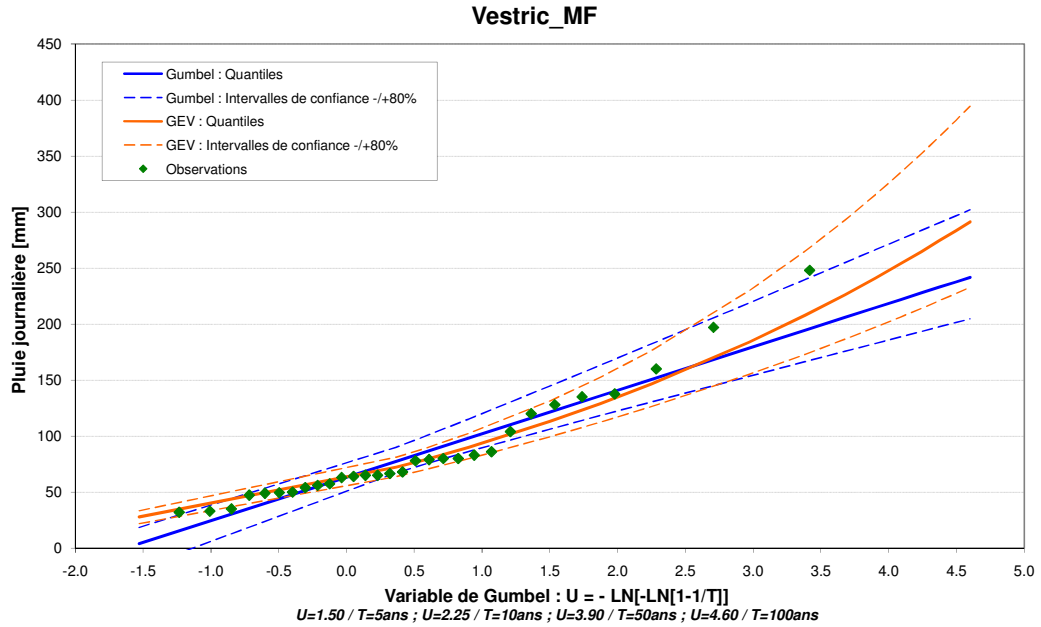


Nîmes-Garons_MF

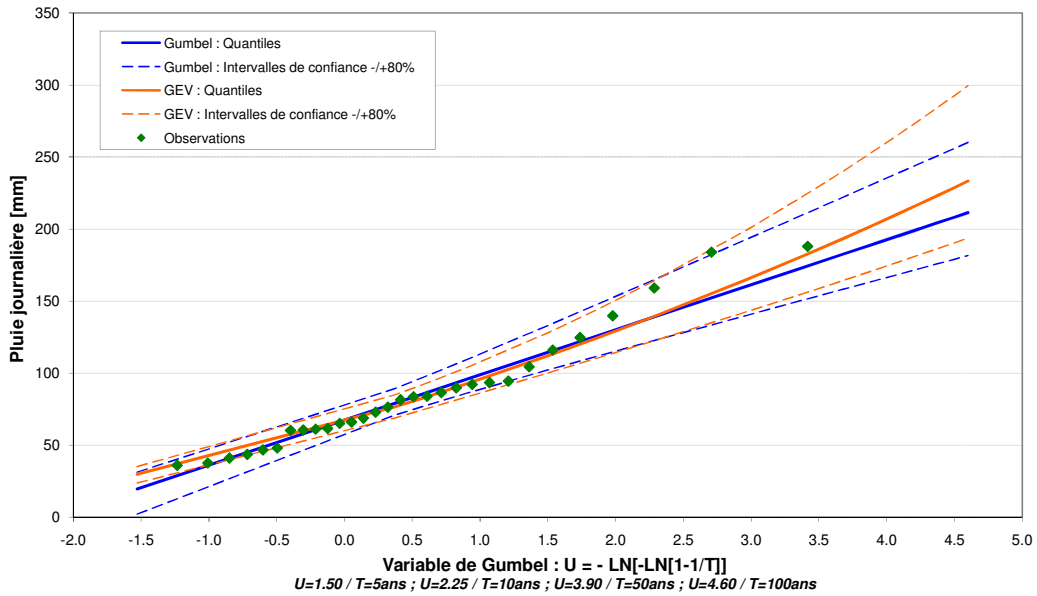


Meynes_MF

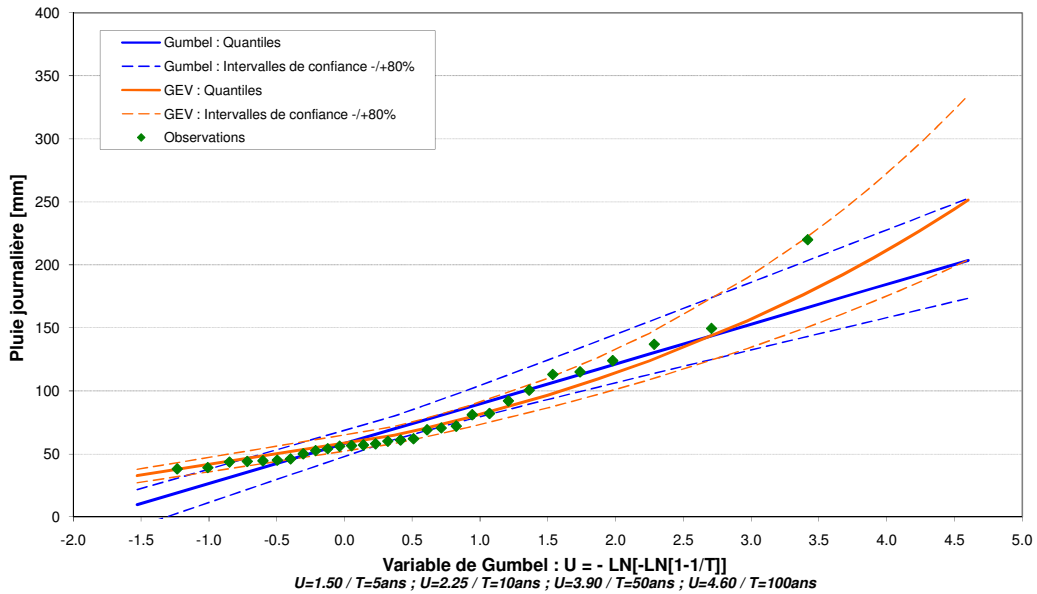


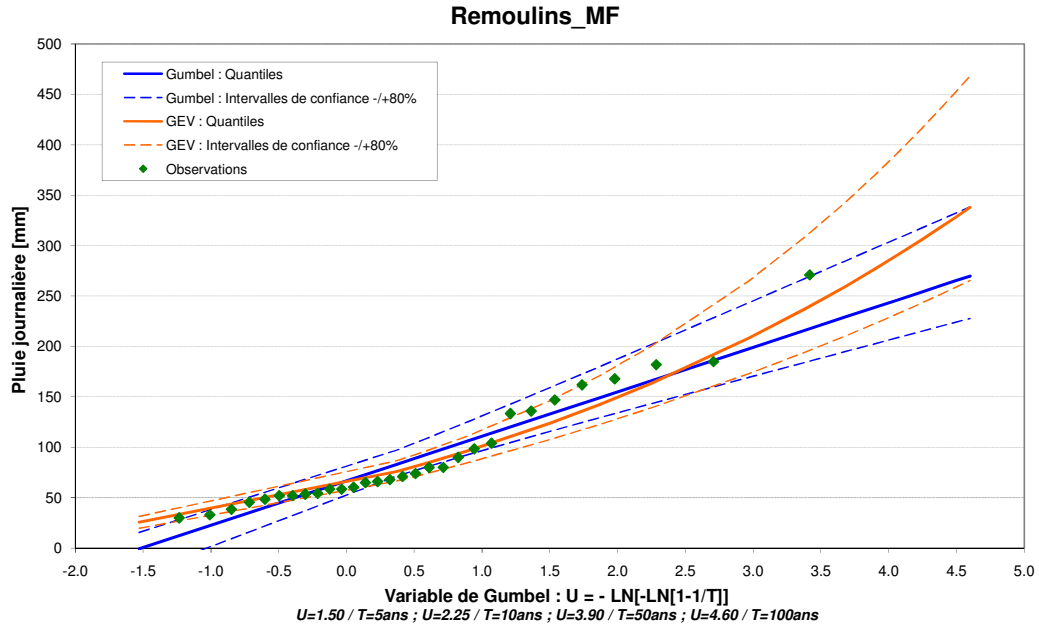


Villevieille_MF



Bellegarde-Balandran_MF





Au vu des graphiques précédents, on constate que :

- les ajustements issus de la loi GEV sont globalement « meilleurs » que ceux issus de la loi Gumbel, ce qui confirme l'analyse précédente basée sur les critères numériques BIC et AIC,
- à partir de $T = 5$ ans, la largeur des intervalles de confiance croît avec la période de retour,
- pour $T = 10$ ans, les largeurs des intervalles de confiance sont quasiment similaires,
- pour $T = 100$ ans, la largeur des intervalles de confiance de la loi GEV est plus importante que celle de la loi Gumbel.

Les tableaux ci-après permettent de confirmer les interprétations à partir des graphiques :

- pour T = 10 ans, les largeurs des intervalles de confiance sont quasiment similaires,
- pour T = 100 ans, la largeur moyenne de l'intervalle de confiance est de [-18% ; +32%] pour la loi Gumbel contre [-24% ; 39%] pour la loi GEV, ce qui s'explique par la plus grande sensibilité de cette dernière loi à l'échantillonnage car elle possède un paramètre de plus que la loi Gumbel.

T = 10 ans

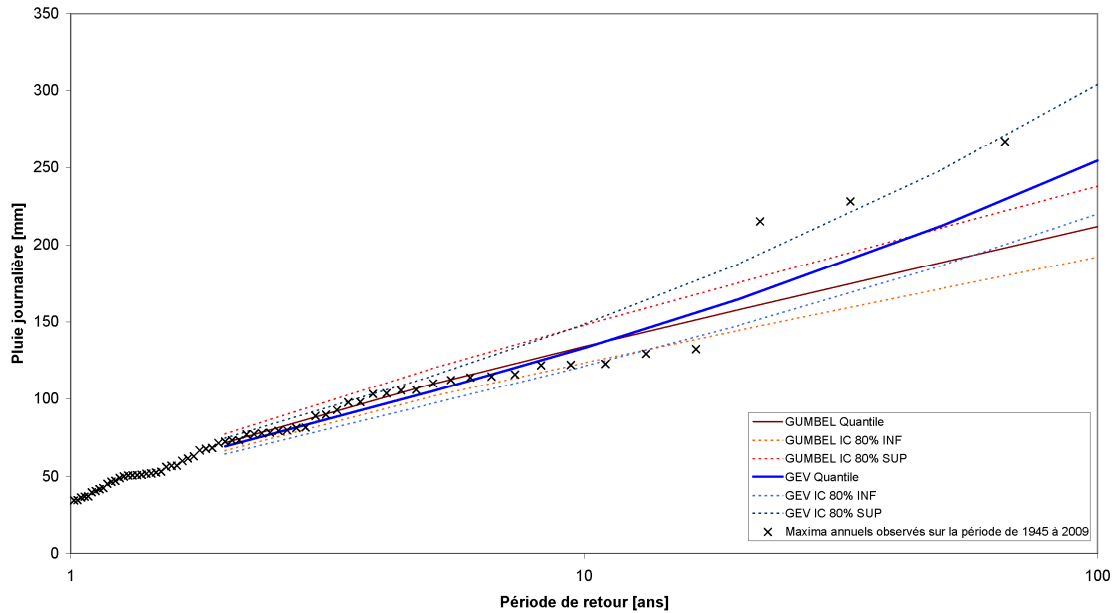
Gumbel	IC-80%	IC+80%
Nîmes-Courbessac_MF	-15%	29%
Nîmes-Ponge_MF	-15%	28%
Générac_MF	-15%	29%
St-Gilles-Asport_MF	-15%	27%
Nîmes-Garons_MF	-14%	27%
Meynes_MF	-12%	23%
Vestric_MF	-15%	28%
Villevieille_MF	-13%	26%
Vauvert_MF	-16%	29%
Bellegarde-Balandran_MF	-14%	27%
Remoulins_MF	-16%	29%
Moyenne	-15%	27%
GEV	IC-80%	IC+80%
Nîmes-Courbessac_MF	-16%	28%
Nîmes-Ponge_MF	-17%	30%
Générac_MF	-15%	26%
St-Gilles-Asport_MF	-13%	25%
Nîmes-Garons_MF	-13%	25%
Meynes_MF	-11%	22%
Vestric_MF	-16%	28%
Villevieille_MF	-14%	25%
Vauvert_MF	-15%	27%
Bellegarde-Balandran_MF	-14%	25%
Remoulins_MF	-17%	31%
Moyenne	-15%	27%
Ecart moyen GEV-Gumbel	0%	-1%

T = 100 ans

Gumbel	IC-80%	IC+80%
Nîmes-Courbessac_MF	-18%	32%
Nîmes-Ponge_MF	-18%	32%
Générac_MF	-18%	32%
St-Gilles-Asport_MF	-18%	32%
Nîmes-Garons_MF	-17%	31%
Meynes_MF	-15%	28%
Vestric_MF	-18%	32%
Villevieille_MF	-16%	30%
Vauvert_MF	-18%	33%
Bellegarde-Balandran_MF	-17%	31%
Remoulins_MF	-18%	33%
Moyenne	-18%	32%
GEV	IC-80%	IC+80%
Nîmes-Courbessac_MF	-25%	41%
Nîmes-Ponge_MF	-26%	42%
Générac_MF	-25%	41%
St-Gilles-Asport_MF	-23%	39%
Nîmes-Garons_MF	-22%	38%
Meynes_MF	-17%	31%
Vestric_MF	-25%	41%
Villevieille_MF	-20%	35%
Vauvert_MF	-26%	42%
Bellegarde-Balandran_MF	-23%	39%
Remoulins_MF	-27%	43%
Moyenne	-24%	39%
Ecart moyen GEV-Gumbel	-6%	8%

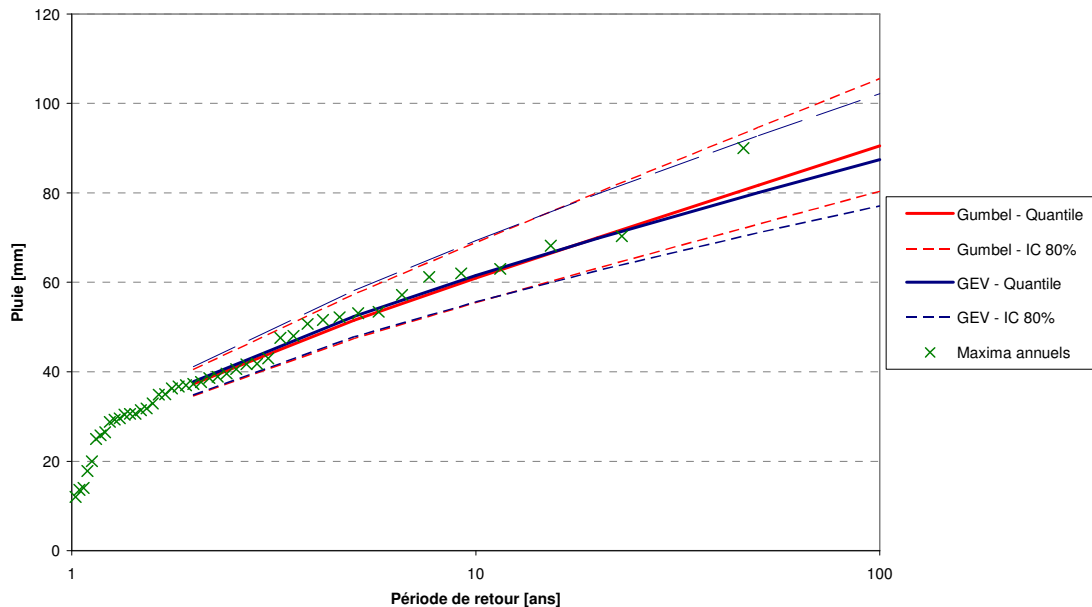
Les graphiques ci-après présentent les courbes d'ajustement des lois Gumbel et GEV et les intervalles de confiance à 80% pour le poste Météo-France de Nîmes-Courbessac (calculs statistiques à partir des pluies maximales journalières annuelles sur la période 1945-2009).

Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies journalières à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1945-2009) - Lois Gumbel et GEV avec intervalles de confiance à 80%

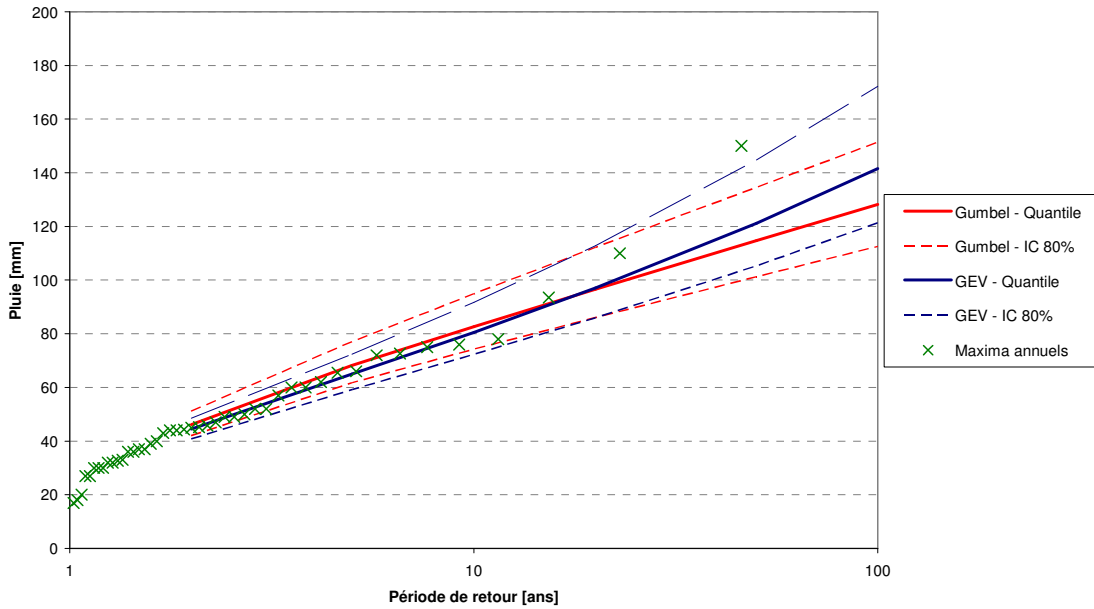


Les graphiques ci-après présentent les courbes d'ajustement des lois Gumbel et GEV et les intervalles de confiance à 80% pour le poste Météo-France de Nîmes-Courbessac (calculs statistiques à partir des pluies maximales en 1, 2, 3, 6, 12 et 24 heures annuelles sur la période 1964-2009).

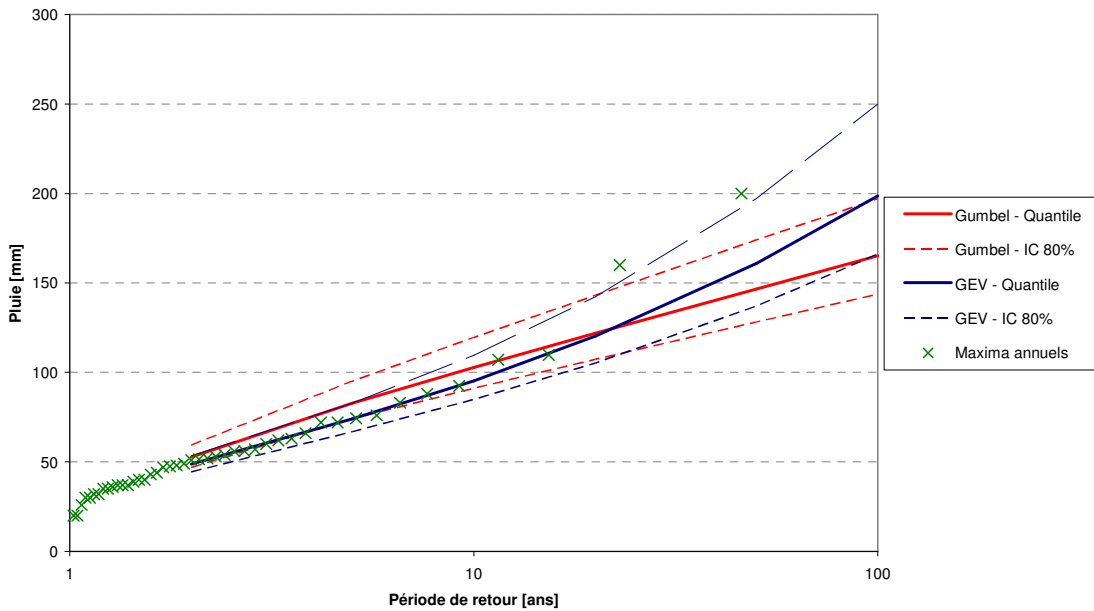
Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies en 1 heure à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008) avec intervalles de confiance à 80%.



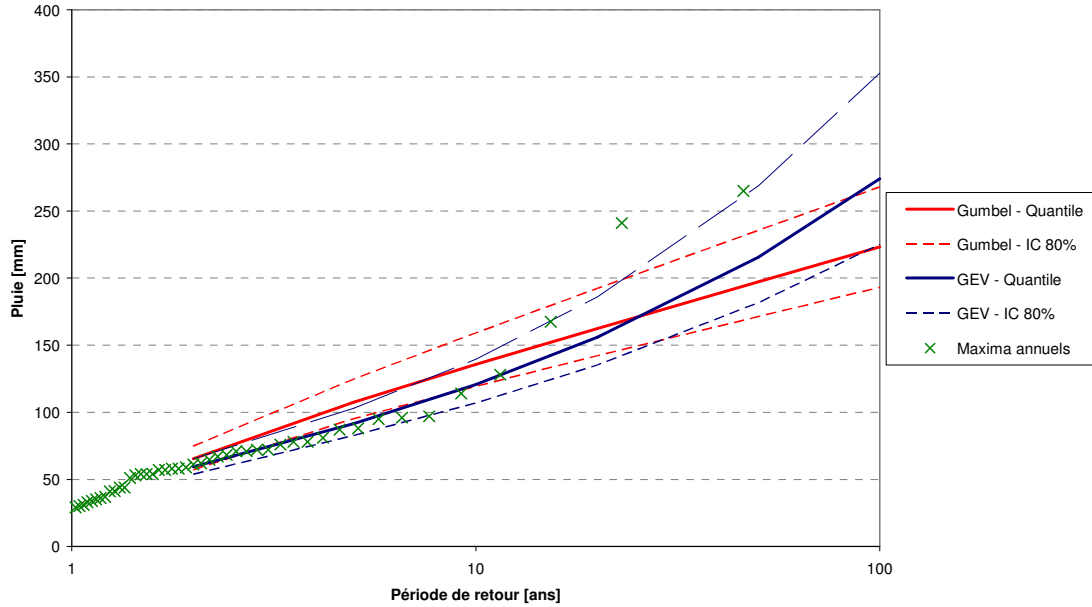
Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies en 2 heures à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008) avec intervalles de confiance à 80%.



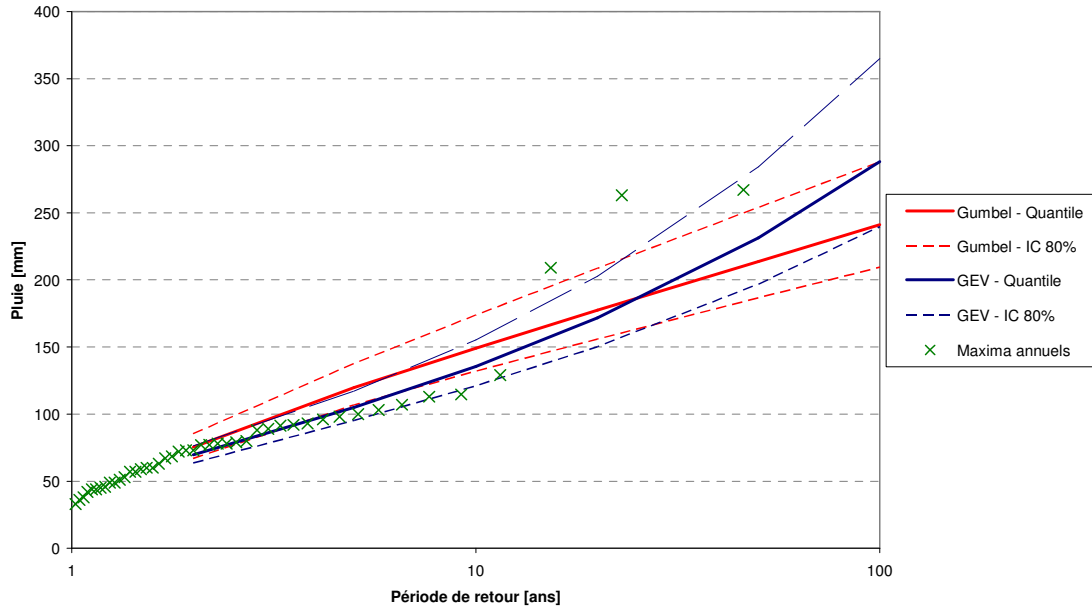
Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies en 3 heures à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008) avec intervalles de confiance à 80%.



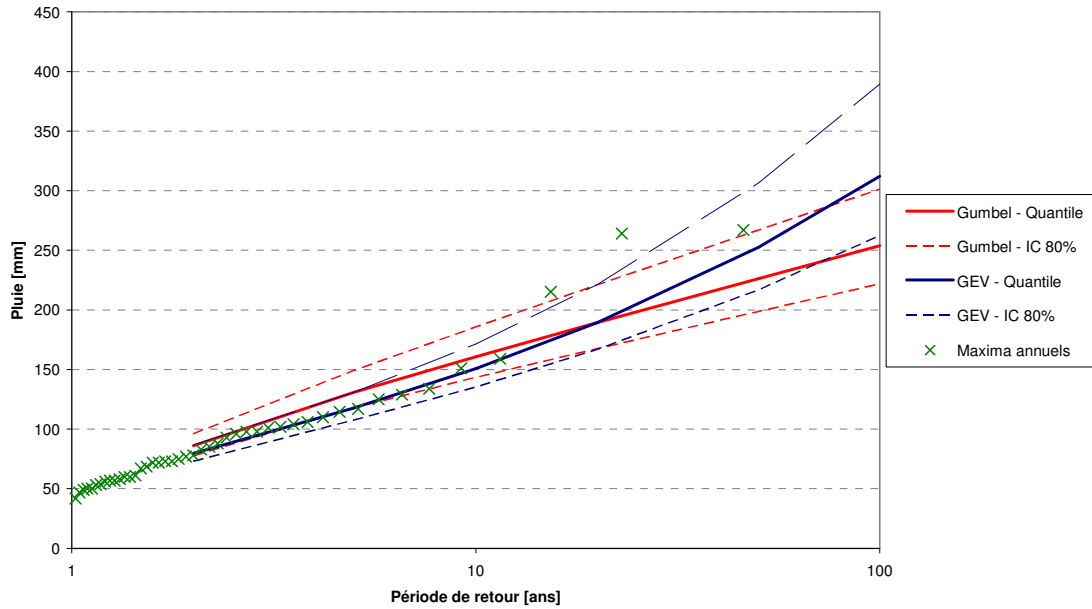
Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies en 6 heures à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008) avec intervalles de confiance à 80%.

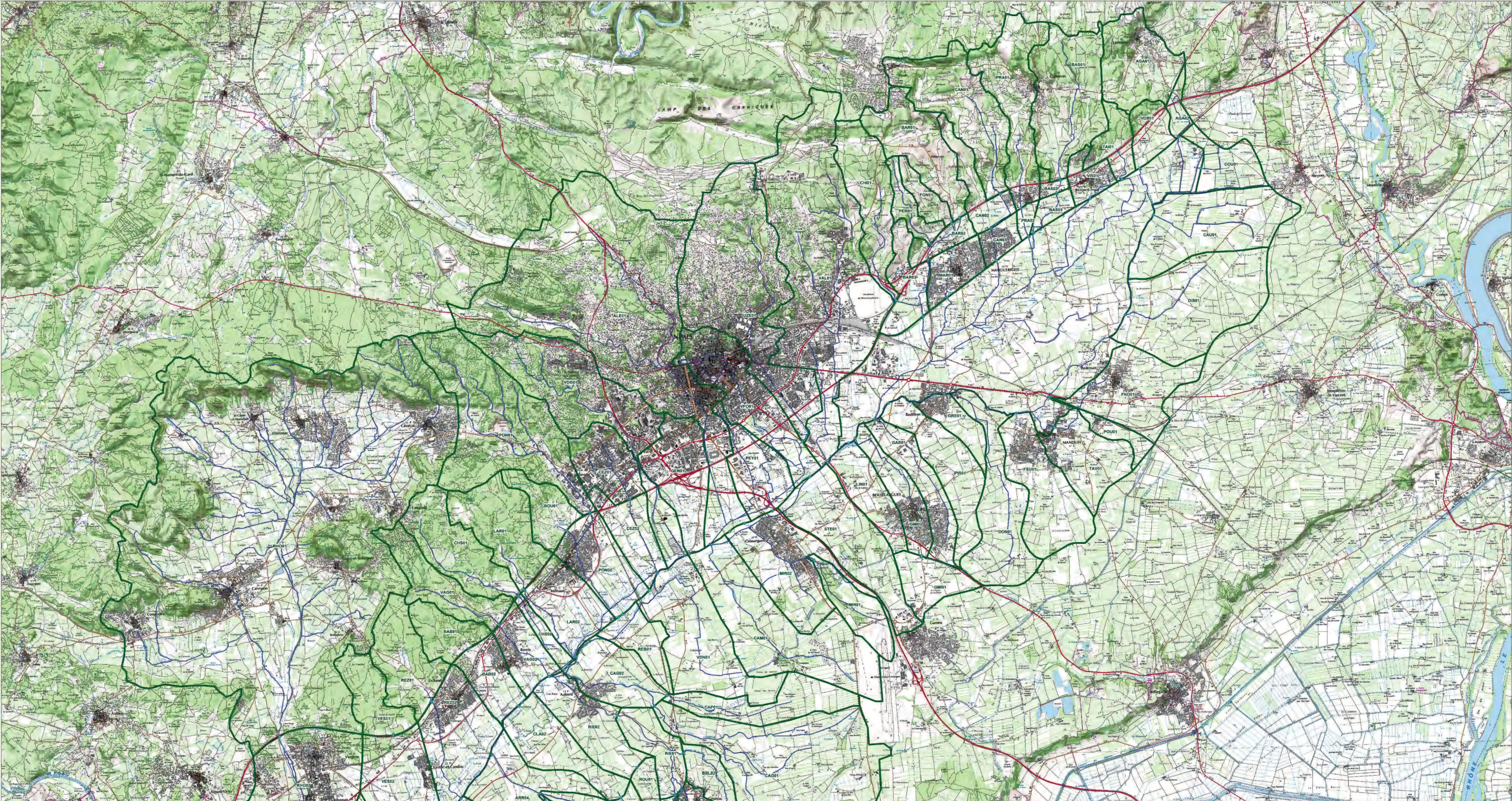


Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies en 12 heures à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008) avec intervalles de confiance à 80%.



Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies en 24 heures à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008) avec intervalles de confiance à 80%.









Région Occitanie
Département du Gard


Direction
Départementale
des Territoires
et de la Mer
Gard

**PLAN DE PREVENTION DES RISQUES INONDATION (PPRI)
HAUT VISTRE BUFFALON ET MOYEN VISTRE**

Carte des bassins versants

LEGENDE

-  Hydrographie
-  Point d'injection
-  bassins versants



Fond : ScanIGN25
Echelle : 1 / 35 000
Date : Février 2010

