	<p style="text-align: center;"><b>Atlas des zones inondables du Gard Rhodanien et de la Camargue Gardoise, approche hydrogéomorphologique</b></p>		
<p><b>Maître d'ouvrage :</b> DIREN Languedoc-Roussillon  <b>Comité de pilotage :</b> DDE de Gard, DDAF Gard, syndicat mixte pour la protection et la gestion de la Camargue Gardoise, Syndicat Mixte pour l'Aménagement des Bassins Versants du Gard Rhodanien</p> <p><b>Auteur :</b> Groupement de bureaux d'étude :</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p style="text-align: center;"><b>GINGER ENVIRONNEMENT ET INFRASTRUCTURE,</b>  Direction Spécialisée Prévention Risques Naturels  Les Hauts de la Duranne,  370 Rue René Descartes, CS90340  13799 Aix-en-Provence Cedex 3  Tel. : 04 42 99 27 47 Fax : 04 42 99 28 44</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; text-align: center;"> <p><b>IPSEAU</b>  Domaine du Petit Arbois – Pavillon Laennec - HallB  13545 Aix-en-Provence Cedex 4  Tel. : 04 42 50 83 00 Fax : 04 42 50 83 01</p> </td> </tr> </table> <p><b>Chef de projet :</b> L. Mathieu                      <b>Participants :</b> P. Scholl, S. David, V. Durin, G. Serié, F. Escoffier  <b>Date :</b> mars 09    <b>N° d'affaire :</b> RNA 08 017</p>		<p style="text-align: center;"><b>GINGER ENVIRONNEMENT ET INFRASTRUCTURE,</b>  Direction Spécialisée Prévention Risques Naturels  Les Hauts de la Duranne,  370 Rue René Descartes, CS90340  13799 Aix-en-Provence Cedex 3  Tel. : 04 42 99 27 47 Fax : 04 42 99 28 44</p>	<p><b>IPSEAU</b>  Domaine du Petit Arbois – Pavillon Laennec - HallB  13545 Aix-en-Provence Cedex 4  Tel. : 04 42 50 83 00 Fax : 04 42 50 83 01</p>
<p style="text-align: center;"><b>GINGER ENVIRONNEMENT ET INFRASTRUCTURE,</b>  Direction Spécialisée Prévention Risques Naturels  Les Hauts de la Duranne,  370 Rue René Descartes, CS90340  13799 Aix-en-Provence Cedex 3  Tel. : 04 42 99 27 47 Fax : 04 42 99 28 44</p>	<p><b>IPSEAU</b>  Domaine du Petit Arbois – Pavillon Laennec - HallB  13545 Aix-en-Provence Cedex 4  Tel. : 04 42 50 83 00 Fax : 04 42 50 83 01</p>		
<p><b>Pièces composant l'étude :</b>  -1 document contenant le rapport d'étude et l'atlas  -1 CD-Rom</p> <p><b>Résumé de l'étude :</b>  La méthode hydrogéomorphologique couplée aux recherches historiques permet de déterminer les zones inondables naturelles sur les principaux cours d'eau des bassins versants du Gard Rhodanien et de la Camargue Gardoise.</p> <p><b>Zone géographique :</b>  Gard, Languedoc-Roussillon, France</p>			
<p><b>Contrôle qualité interne :</b> V. Durin, L. Mathieu</p> <p><b>Rapport :</b> Rédigé par P. Scholl, S. David.</p> <p><b>Cartographie hydrogéomorphologique :</b> Effectuée par S. David, P. Scholl.</p> <p><b>Numérisation et SIG:</b> Réalisée par F. Escoffier, Mathieu Monaco.</p>			

**SOMMAIRE**

<b>INDEX DES COMMENTAIRES ET DES CARTOGRAPHIES PAR COMMUNES .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>1 PRESENTATION DE LA METHODOLOGIE RETENUE.....</b>	<b>5</b>
1.1 LES BASES DE L'HYDROGEOMORPHOLOGIE.....	5
1.2 ORGANISATION ET FONCTIONNEMENT DES BASSINS VERSANTS .....	5
1.3 CARTOGRAPHIE DES UNITES HYDROGEOMORPHOLOGIQUES.....	5
1.4 LES PRINCIPAUX OUTILS UTILISES.....	10
1.5 LES OUTILS COMPLEMENTAIRES .....	10
1.6 ATOUTS ET LIMITES DE LA METHODE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE.....	10
<b>2 SYNTHESE DU FONCTIONNEMENT DES BASSIN VERSANTS .....</b>	<b>11</b>
2.1 LOCALISATION GEOGRAPHIQUE.....	11
2.2 TOPOGRAPHIE ET ORGANISATION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE.....	12
2.3 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE.....	14
2.4 CONTEXTE CLIMATIQUE ET REGIMES HYDROLOGIQUES .....	16
2.5 OCCUPATION DU SOL.....	18
SYNTHESE.....	19
<b>3 DONNEES HISTORIQUES .....</b>	<b>19</b>
<b>4 ANALYSE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE ET HISTORIQUE.....</b>	<b>25</b>
4.1 LE BASSIN DE L'ARNAVE .....	25
4.2 LE GARD RHODANIEN.....	27
4.3 LA CAMARGUE GARDOISE .....	34
<b>5 CONCLUSION .....</b>	<b>38</b>
<b>6 BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>39</b>

**INDEX DES COMMENTAIRES ET DES CARTOGRAPHIES PAR COMMUNES**

<b>Communes</b>	<b>Commentaires pages</b>	<b>Cartographie au 1/25 000</b>	<b>Cartographie au 1/10 000</b>
ANGLES (Les)	p11, 12, 21, 22, 25, 31	5, 6	8
BEUCAIRE	p11, 21, 31	7, 8	
BEUVOISIN	p11, 20	10	
BELLEGARDE	p11, 13, 20, 32, 33	8	12
CARSAN	p11, 20	1	
COMPS	p11, 20, 21	7	
GARONS	p11, 20	8	
GENERAC	p20	9	
JONQUIERES-SAINT-VINCENT	P11, 20, 32	7	11
LAUDUN L'ARDOISE	P25	2	
LIRAC	P11, 20, 22, 25, 26	2, 4	2
MANDUEL	P11, 20	7, 8	
MONTFAUCON	P11-13, 20_22, 25-29, 31	2	4
PONT-SAINT-ESPRIT	P11, 12, 14, 17, 20, 24	1	1
PUJAUT	9-13, 15-18, 20-22, 25, 27-31	3, 4, 6,	9, 6
ROCHEFORT-DU-GARD	9-12, 15, 17, 18, 20-22, 25, 27-31	4, 5	8
ROQUEMAURE	P11,12, 17, 20-22, 25, 27-29	2, 3, 4	5, 6
SAINT-ALEXANDRE	P11, 20, 21, 23	1	1
SAINT-GENIES-DE-COMOLAS	P11, 17, 20, 21, 25, 27	2	3, 4, 5
SAINT-GILLES	P11, 20-22, 33, 34	9, 10	13
SAINT-LAURENT-DES-ARBRES	P11, 20, 21, 25	2	3, 4
SAINT-VICTOR-LA-COSTE	P20	2	
SAUVETERRE	P11, 12, 20, 22, 25, 27-29, 31	3, 6	6, 9
SAZE	p11, 12, 20-22, 29-31	5	8
TAVEL	P11, 20-22, 30-31	4	7
VAUVERT	P11, 20, 31, 32	10	
VENEJAN	P11, 20	1	
VILLENEUVE-LES-AVIGNONS	P11, 12, 15, 18, 20-22, 25, 28, 29, 31	6	9, 10

## INTRODUCTION

### CONTEXTE DE L'ETUDE

De par ses caractéristiques naturelles de climat et de relief, la région méditerranéenne se trouve fortement soumise au risque inondation avec des crues fréquentes et répétitives. Conscients de ce danger depuis plus d'une décennie, les services de l'Etat ont lancé de nombreuses études pour acquérir une connaissance plus précise des zones exposées. Depuis la Loi du 2 février 1995 dite "Loi Barnier" sur le renforcement de la protection de l'environnement, des Atlas des zones inondables et des Plans de Prévention des Risques Inondations (PPRI) ont été lancés dans le cadre de deux plans quinquennaux successifs. La Direction Régionale de l'Environnement de Languedoc-Roussillon a confié à GINGER et IPSEAU l'élaboration de l'**Atlas des zones inondables des bassins versants du Gard Rhodanien et de la Camargue Gardoise**.

### METHODOLOGIE RETENUE

La méthode de travail retenue pour cette étude est l'**analyse hydrogéomorphologique**, qui est une approche naturaliste fondée sur la compréhension du fonctionnement naturel de la dynamique des cours d'eau (érosion, transport, sédimentation) au cours de l'histoire. Elle consiste à étudier finement la morphologie des plaines alluviales et à retrouver sur le terrain les limites physiques associées aux différents lits (mineur, moyen, majeur) qui ont été façonnés par les crues passées. Dans l'élaboration du document, cette analyse géomorphologique appliquée aux espaces alluviaux se prête à être associée aux informations relatives aux crues historiques. L'analyse s'appuie sur l'interprétation géomorphologique d'une couverture stéréoscopique de photographies aériennes (mission IGN 2002 au 1/17 000ème) validée par des vérifications de terrain.

La présente étude est réalisée en conformité avec les principes retenus par les Ministères de l'Équipement et de l'Écologie et du Développement Durable pour la réalisation des Atlas des zones inondables par analyse hydrogéomorphologique, décrits dans un guide méthodologique publié en 1996<sup>1</sup>, ainsi qu'un cahier des charges national détaillé qui constitue aujourd'hui le document de référence pour ce type d'étude<sup>2</sup>. La fiabilité de cette approche et ses limites ont par ailleurs été vérifiées à l'occasion des crues exceptionnelles récentes (Aude 1999, Gard 2002).

### CONTENU ET OBJECTIFS DU DOCUMENT

L'étude hydrogéomorphologique est constituée de cartes d'inondabilité réalisées aux échelles du 1/25.000<sup>e</sup> et 1/10 000<sup>e</sup> qui sont accompagnées d'un commentaire relatif à chaque grand cours d'eau étudié. Ce document est décliné en **deux volets** :

- Le rapport constitue la première partie de ce document. Il s'articule autour de trois parties : le rappel de la méthodologie, la synthèse des principales caractéristiques physiques (climatologie, géologie, occupation du sol, hydrologie) qui concourent à l'inondabilité des cours d'eau et de leur plaine alluviale et enfin le commentaire par cours d'eau.

- L'atlas, qui présente les cartographies relatives aux cours d'eau, en mentionnant les communes concernées.

Conformément au cahier des charges, outre les rapports papier, l'ensemble des données du document est également restitué sous format informatique sur CD ROM. Les éléments du rapport (texte, schémas, photos) font l'objet d'une version numérique réalisée sous Word, et les éléments cartographiques sont digitalisés et intégrés dans un Système d'Information Géographique (SIG) réalisé sous MapInfo. La cartographie numérisée sera amenée rapidement à être rendue accessible au grand public sur INTERNET.

L'objectif de cette étude est la **qualification et la cartographie des zones inondables**. Il s'agit de fournir aux services de l'administration et aux collectivités territoriales (communes) des éléments d'information préventive utilisables dans le cadre des missions :

- d'information du public,
- de porter à connaissance et d'élaboration des documents de planification (PLU, SCOT),
- de programmation et de réalisation de Plans de Prévention des Risques Inondation (PPRI) qui ont une portée réglementaire.

La cartographie produite par l'analyse hydrogéomorphologique permet de disposer **d'une vision globale et homogène des champs d'inondation** sur l'ensemble des secteurs traités **en pointant à un premier niveau, les zones les plus vulnérables** au regard du bâti et des équipements existants. L'information fournie reste cependant essentiellement qualitative, même si elle est complétée, là où elles existent par des données historiques.

Dans la stratégie de gestion du risque inondation, le rapport suivant doit donc être perçu comme **un document amont, d'information et de prévention**, relativement précis mais dont les limites résident clairement dans la quantification de l'aléa (notamment vis-à-vis de la définition de la crue de référence et de la détermination des paramètres hauteur ou vitesse des écoulements). C'est pourquoi, dans les secteurs où les enjeux sont importants notamment en termes d'urbanisation ou d'aménagement, il se prête à être complété ultérieurement par des approches hydrologiques et hydrauliques.

### PERIMETRE ET ECHELLE D'ETUDE

**Le territoire d'étude** a été retenu par la DIREN Languedoc-Roussillon.

Il porte sur les parties du bassin versant de **l'Arnavé et du Rieuprime, du Gard Rhodanien et de la Camargue Gardoise** exclusivement inscrites dans le département du Gard (30) appartenant à la région Languedoc Roussillon. Dans ce périmètre est prise en compte l'intégralité des zones inondables des cours d'eau principaux, ainsi que les confluences avec les vallons latéraux.

**L'échelle de cartographie retenue est le 1/25.000<sup>e</sup> en général et le 1/10.000<sup>e</sup> pour les zones à enjeux**, sur un support de fond de plan monochrome constitué par l'orthophoto pour le 10 000 et le Scan 25 pour le 25 000, fournis par le maître d'ouvrage.

<sup>1</sup> Cartographie des zones inondables : approche hydrogéomorphologique – DAU/DPPR, éditions villes & territoires, 1996, 100p

<sup>2</sup> CCTP relatif à l'élaboration d'Atlas de zones inondables par technique d'analyse hydrogéomorphologique – M.A.T.E / D.P.P.R, mars 2001



## 1 PRESENTATION DE LA METHODOLOGIE RETENUE

### 1.1 LES BASES DE L'HYDROGÉOMORPHOLOGIE

L'analyse hydrogéomorphologique s'appuie sur la géomorphologie, « science ayant pour objet la description et l'explication du relief terrestre, continental et sous-marin » (R. Coque, 1993). En étudiant à la fois la mise en place des reliefs à l'échelle des temps géologiques, les effets des variations climatiques et les processus morphogéniques actuels (qui façonnent les modelés du relief), la géomorphologie fournit une base pour la connaissance globale de l'évolution des reliefs à différentes échelles de temps et d'espace, qui permet de retracer pour chaque secteur étudié un modèle d'évolution, prenant en compte son histoire géologique et climatique.

La géomorphologie s'intéresse particulièrement (mais pas exclusivement) à la dernière ère géologique, le Quaternaire, qui a commencé il y a environ 1.8 millions d'années. C'est en effet pendant cette période que se sont mis en place les principaux modelés actuels qui constituent le cadre géomorphologique dans lequel s'inscrit la plaine alluviale dite fonctionnelle, *c'est-à-dire actuellement atteignable par les eaux de débordement d'un cours d'eau*.

### 1.2 ORGANISATION ET FONCTIONNEMENT DES BASSINS VERSANTS

La vallée est l'unité morphologique commune, qui structure et cloisonne les paysages et constitue le cadre privilégié de l'analyse hydrogéomorphologique. Son organisation générale conditionne le déroulement des crues, et on peut distinguer schématiquement, d'amont en aval, trois grandes sections selon leur rôle :

- Le bassin de réception, aussi appelé zone de production des crues, car c'est là, le plus souvent, qu'elles se forment,
- Les zones de transfert,
- Les zones d'expansion de crue.

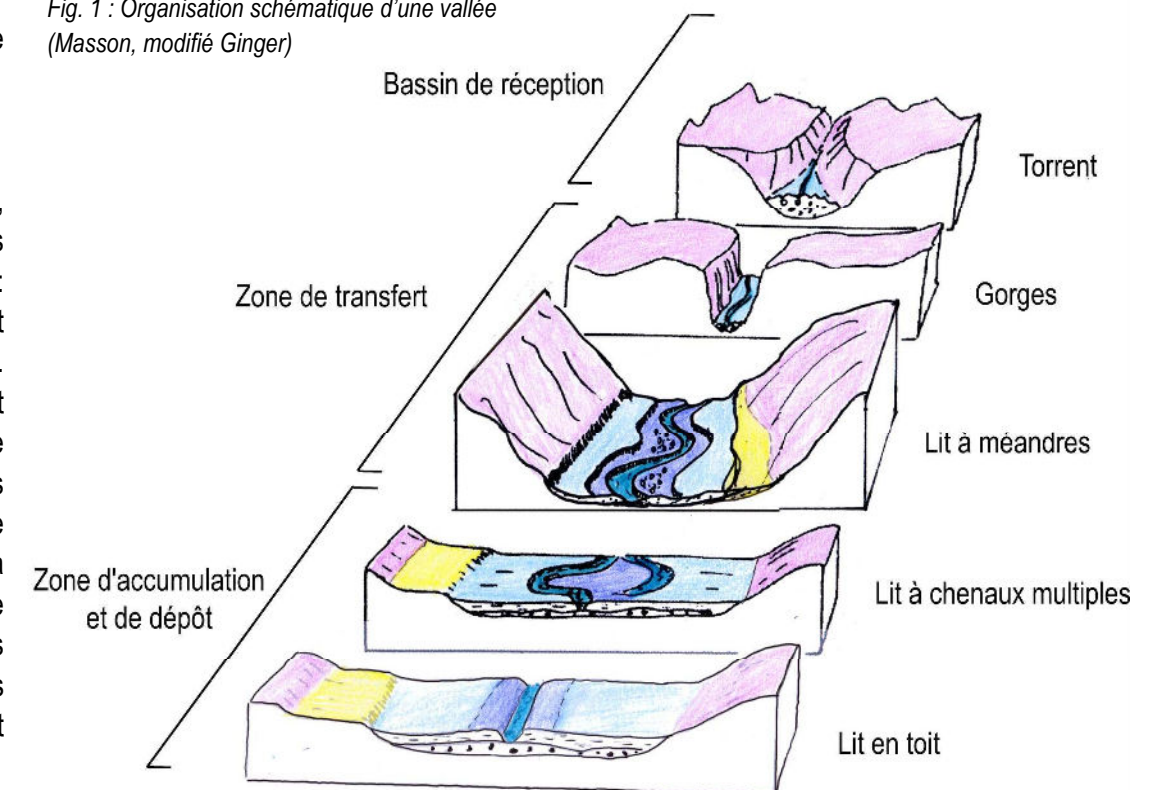
Le **bassin de réception** correspond à la partie supérieure du bassin versant, le plus souvent montagneuse et où les précipitations sont les plus intenses. Il peut présenter diverses formes (allongée, en éventail, ramassée) en fonction de l'organisation du réseau hydrographique. Celui-ci est exclusivement composé de torrents et de ravins drainant des vallons en V encaissés et qui confluent vers une vallée principale plus large. Les versants et les talwegs présentent des pentes fortes et le substrat affleure ; ce dernier peut être localement masqué par des formations superficielles telles qu'éboulis, sols, moraines glaciaires, selon les caractéristiques géologiques, climatiques et topographiques du secteur. Les coefficients de ruissèlement sont en général importants. Ils peuvent toutefois être sensiblement abaissés lorsque la présence d'une couverture végétale (forêt, maquis) ou d'un sol poreux (calcaire, grès...) favorise l'infiltration. Cette zone de production des crues fournit aussi par altération des roches l'essentiel du matériel qui sera transporté par le cours d'eau.

On considère généralement que le bassin de réception à proprement parler se termine lorsqu'une vallée principale est bien identifiée avec un chenal d'écoulement principal alimenté par un nombre plus limité d'affluents. Il est souvent relayé par une section de gorges, qui assure le transfert des débits liquides et solides. Au débouché des

gorges ou du bassin amont, on trouve souvent un cône de déjection, forme d'accumulation défini plus loin, construite par un cours d'eau torrentiel qui dépose sa charge solide à la faveur d'une rupture de pente.

Plus en aval, la **zone de transfert** est souvent constituée d'une vallée principale simple, au tracé assez rectiligne, qui s'élargit progressivement avec une pente longitudinale plus faible. En général, elle présente un fond plat, mais il peut arriver que la faible capacité du cours d'eau ne lui permettant pas de s'encaisser, la vallée prenne une forme en berceau, caractéristique de secteurs dits d'ennoiement. La plaine alluviale s'organise et les différents lits (mineur, moyen, majeur décrits ci-après) s'individualisent. La diminution de la pente permet le dépôt d'une partie de la charge solide. Ces dépôts peuvent être repris lors des crues, ou immobilisés pour un temps plus ou moins long, comme ceux qui constituent les terrasses par exemple. Dans tous les cas, ils constituent un stock sédimentaire potentiellement mobilisable par le cours d'eau.

Fig. 1 : Organisation schématique d'une vallée  
(Masson, modifié Ginger)



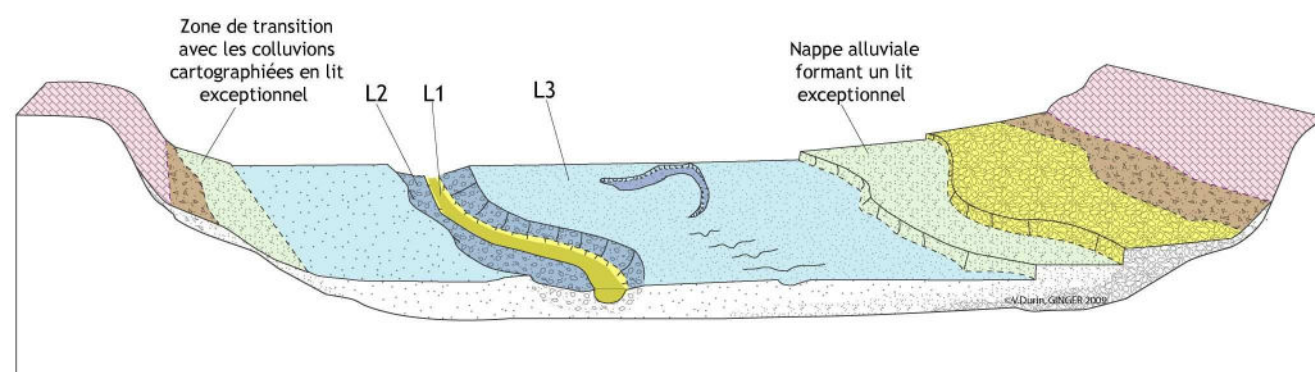
Sur cette section, deux dynamiques sont associées : celle de dépôt et celle d'érosion. Leur rapport est fonction de l'intensité des crues (une petite crue déposera sa charge tandis que les grandes crues éroderont les berges), du lit concerné.

### 1.3 CARTOGRAPHIE DES UNITES HYDROGÉOMORPHOLOGIQUES

La cartographie hydrogéomorphologique est basée sur l'identification des unités spatiales homogènes modelées par les différents types de crues au sein de la plaine alluviale.

Les critères d'identification et de délimitation de ces unités sont la topographie, la morphologie et la sédimentologie, souvent corrélées avec l'occupation du sol.

Dans le détail, on identifie les **unités hydrogéomorphologiques actives**, les **structures géomorphologiques secondaires** influençant le fonctionnement de la plaine alluviale et les unités sans rôle hydrodynamique particulier, c'est-à-dire l'**encaissant**.



### Légende

- L1 - Lit mineur
- L2 - Lit moyen
- L3 - Lit majeur
- L4 - Lit majeur exceptionnel
- Terrasse
- Colluvions
- Versants
- Bras de décharge

#### 1.3.1 Les unités actives constituant la plaine alluviale moderne fonctionnelle

Délimitées par des structures morphologiques (talus), elles correspondent souvent chacune à une gamme de crues.

Le **lit mineur**, incluant le lit d'étiage correspond au lit intra-berges et aux secteurs d'alluvionnement immédiats (plages de galets). Il est emprunté par la crue annuelle, dite crue de plein-bord car principalement contenue entre les berges de ce lit, ne débordant qu'au niveau des secteurs les plus bas. On peut distinguer les lits mineurs dont le fond est formé de matériel fin (sables, limons), situés plutôt en aval des cours d'eau, les lits mineurs rocheux et ceux dont le fond est pavé de galets et de blocs, ce qui traduit leur forte capacité de transport et leur caractère torrentiel.

Le **lit moyen** représenté en bleu foncé, est fonctionnel pour les crues fréquentes à moyennes (périodes de retour 2 à 10 ans). Il assure la transition entre le lit majeur et le lit mineur. Dans cet espace, les mises en vitesse et les transferts de charge importants induisent une dynamique morphogénique complexe et changeante. L'activité dynamique du cours d'eau est matérialisée par l'alternance de chenaux de crue (parfois directement branchés au lit mineur), et de bancs d'alluvionnements grossiers remaniés au gré des crues. Lorsque l'espacement des crues le permet, une végétation (ripisylve) se développe dessus. Les bras de méandres abandonnés en temps normal mais présentant de forts écoulements en cas de crue sont inclus dans le lit moyen.

Le **lit majeur** représenté en bleu clair, est en général fonctionnel pour les crues rares à exceptionnelles. Il présente un modelé plus plat, situé en contrebas de l'encaissant. La dynamique des inondations dans ces secteurs privilégie

en général les phénomènes de décantation, car ils sont submergés par des lames d'eau moins épaisses que dans les lits mineurs et moyens, avec pour conséquence une mise en vitesse moindre et le dépôt des sédiments. Cependant, lors des crues les plus importantes, les vitesses et hauteurs d'eau en lit majeur peuvent s'avérer localement suffisantes pour générer des phénomènes d'érosion et la création d'un nouveau bras de décharge, voire d'un détournement du lit mineur.



Photo 1 : Lit majeur limoneux

Au sein de la plaine alluviale on peut parfois identifier deux niveaux alluviaux inondables étagés. Le géomorphologue peut alors cartographier en **lit majeur exceptionnel** ces zones qui bien qu'elles soient atteignables par les crues, ne le sont que moins fréquemment du fait de leur surélévation. A la demande du maître d'ouvrage, et dans un souci de simplicité de l'information visuelle présentée, le présent atlas ne distingue pas le lit majeur exceptionnel du reste du lit majeur, hormis en certains points particuliers décrits dans le chapitre 4. Afin d'éviter toute perte d'information les lit zones de lit majeur exceptionnel repérées par le maître d'œuvre et n'apparaissant pas sur l'atlas ont été transmises au maître d'ouvrage sous format informatique.

La **délimitation** entre lit mineur / moyen / majeur est matérialisée par un figuré de talus. Les **talus peu nets** sont cartographiés en discontinu. Ils peuvent correspondre soit à des talus convexo-concaves à pente très douce et donc peu marqués, ou à des ruptures de pente faiblement marquées dans le profil transversal des vallées.

La **limite extérieure de la plaine alluviale fonctionnelle** correspond à l'**enveloppe des unités hydrogéomorphologiques** et donc de la **zone inondable au sens géomorphologique** (c'est-à-dire sans tenir compte des aménagements et des impacts négatifs qu'ils peuvent avoir sur les crues). Cette limite peut être selon les cas très nette et placée avec précision (présence d'un talus net plus ou moins haut, bas de versant franc) ou imprécise (talus peu nets, fonds de vallons en berceau, talus déstabilisés par les crues) ; c'est principalement le cas dans les secteurs présentant une forte couverture colluviale (cf. 1.3.3) ou une zone de transition avec des glacis colluvio-alluviaux.

#### 1.3.2 Structures secondaires géomorphologiques



Photo 2 : Bras d'écoulement secondaire en lit moyen

**Atterrissements** : Les lits sont aussi caractérisés par des atterrissements sous forme de bancs de graviers ou de galets, qui peuvent être de taille conséquente. Ce sont des **formes temporaires**, qui sont détruites par remobilisation des matériaux lors des crues.

**Bras secondaire de décharge et axe d'écoulement en crue** : les **chenaux de crue** parcourant les lits moyens et majeurs sont représentés, soit par un figuré de talus s'ils sont nets et bien inscrits dans la plaine (**bras de décharge**), soit par une flèche localisant la ligne de



courant si la forme est peu imprimée dans la plaine (**axe d'écoulement**). Ils se traduisent lors des inondations par des vitesses et des hauteurs d'eau plus importantes que dans le reste du lit majeur, indiquant donc un risque plus fort. Les bras secondaires et les axes d'écoulement sont fréquents dans les lits moyens et majeurs des cours d'eau. Les chenaux de crue en lit majeur, souvent fonctionnels uniquement pour les crues exceptionnelles, peuvent être dévastateurs en termes de dégâts.

**Points de débordement** : Les points de débordements correspondent à des secteurs privilégiés de déplacement du lit mineur (rescindement de méandre par exemple). Ils sont souvent à l'origine d'un bras de décharge ou d'un axe d'écoulement.

**Cônes de déjection** : De nombreux affluents présentent à leur exutoire une accumulation de sédiments grossiers qui forment des cônes dits « de déjection ». Ces cônes se forment à la confluence entre une vallée secondaire à forte pente et une vallée principale. La pente de l'affluent diminue brutalement lorsqu'il pénètre dans la plaine, entraînant le dépôt de sa charge solide. Au fil des crues, ces dépôts s'accumulent selon une forme bombée, car l'essentiel se fait à proximité du lit mineur. Le sommet du cône, située au point de sortie de la vallée torrentielle est nommé l'apex. Ces cônes sont caractérisés par des phénomènes hydrodynamiques et hydrauliques torrentiels spécifiques :

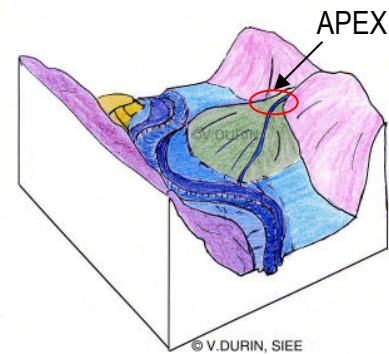


Figure 3 : Schéma d'un cône de déjection

- le lit mineur est en général perché sur l'axe sommital du cône,
- la charge solide transportée par les cours d'eau qui façonnent un cône est très importante, et rend les crues plus dévastatrices (cf photos 3),
- le dépôt puis l'érosion de la charge solide dans le lit mineur engendre une « respiration » du lit,
- la probabilité que ces dépôts comblent le lit mineur est forte ; celui-ci se crée alors un nouveau lit : il peut divaguer à partir de l'apex,
- les écoulements débordants ne peuvent revenir dans le lit mineur et divergent sur la topographie en éventail du cône.

Certains des cônes identifiés dans la présente étude peuvent être considérés comme des formes actuelles, tandis que d'autres seraient des formes construites antérieurement à l'Holocène (- 10 000 ans), mais qui restent actives aujourd'hui, car les cours d'eau ne les ont pas ré-entaillé (le lit mineur ne s'est pas incisé). C'est en particulier le cas en Camargue Gardoise, dans la partie basse des Costières.

La cartographie s'est attachée à distinguer les cônes qui peuvent être facilement et fréquemment réactivés : un figuré spécifique délimitant la forme est alors superposé soit au lit majeur (cônes actifs pour des épisodes fréquents à rare), soit au lit exceptionnel (remobilisation pour des événements très rares). Lorsque le figuré débordement sur ancien cône est associé à une terrasse, il indique une probabilité faible mais possible de remobilisation pour un épisode pluviométrique exceptionnel, essentiellement sous la forme de débordements annexes.

**Dépressions de lit majeur** : Ce sont des zones qui présentent une topographie un peu déprimée par rapport au niveau topographique moyen du lit majeur et qui sont d'origine naturelle.

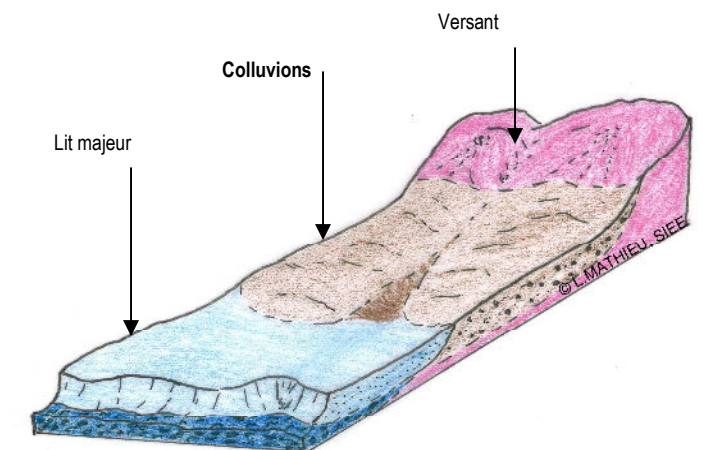
### 1.3.3 Les formations constituant l'encaissant de la plaine alluviale fonctionnelle

Elles comprennent les terrasses alluviales, les formations colluviales, ainsi que les versants encadrant directement la plaine alluviale. L'identification des unités qui constituent l'encaissant conditionne **la compréhension de l'histoire et des conditions de formation de la plaine alluviale**, et fait partie intégrante de l'interprétation hydrogéomorphologique. Leur report partiel en bordure des limites de la zone inondable, complété par celui de la **structure du relief**, facilite la lecture de la carte. Il permet par ailleurs aux aménageurs d'ouvrir la réflexion sur les alternatives envisageables par rapport à l'urbanisation en zone inondable, et par conséquent sur une problématique de planification spatiale. Leur identification est aussi nécessaire car elles ont un rôle important sur **l'activité hydrodynamique des cours d'eau** : les points durs rocheux favorisent des inflexions de méandre, et les formations des terrasses ou les dépôts de pieds de versant (éboulis, colluvions) constituent un stock sédimentaire potentiellement mobilisable par érosion des berges lors des crues. Ces structures héritées ont donc un rôle essentiel car elles contribuent à alimenter en matériaux grossiers les lits des rivières actuelles.

Les **terrasses alluviales** sont des dépôts fluviatiles fossiles formant un stock de matériaux grossiers considérable, témoins de l'hydrodynamisme passée. Elles jouent un rôle en constituant des réserves aquifères ou en alimentant la charge de fond du cours d'eau lors des crues par sapement de berge. Elles sont cartographiées avec leur talus, qui peut lui-même former la limite de l'encaissant.

Les **versants** plus ou moins raides, sont taillés dans le substratum (roche en place) dans lequel la vallée s'inscrit.

Les **colluvions** sont des dépôts de pentes issus du démantèlement par l'érosion des versants, constitués d'éléments fins et de petits éboulis situés en pied de versant, et qui parfois viennent recouvrir les terrasses ou le talus du lit majeur.



### 1.3.4 Les zones d'inondation potentielle

Il s'agit de zones d'encaissant situées en dehors de la plaine alluviale fonctionnelle des cours d'eau mais néanmoins susceptibles d'être inondées :

- par débordement depuis le cours d'eau principal sur le versant par effet de surélévation naturelle de la ligne d'eau en amont d'un resserrement important de la vallée (gorges, verrous)
- par débordement depuis le cours d'eau principal, en raison d'obstacles ou de modifications anthropiques : c'est par exemple le cas en amont des remblais transversaux, ou lorsque des travaux ont modifié le tracé d'un cours d'eau.
- par débordement exceptionnel sur des parties anciennes des cônes (costières).
- par **ruissèlement** (pluvial urbain ou agricole) ou ravinement (cf. ci-après).

### ■ Inondation par ruissèlement ou ravinement

L'analyse hydrogéomorphologique s'attache initialement à déterminer la limite de la zone inondable correspondant au débordement naturel des cours d'eau dans leur plaine alluviale (inondabilité de type fluvial).

Cependant, les versants qui encadrent les cours d'eau étudiés sont parcourus par des ravins, des ravinements et des vallons secs qui constituent des vecteurs privilégiés des eaux lors de précipitations orageuses, et peuvent abriter de nombreux enjeux. Le ruissèlement est particulièrement présent sur la zone d'étude et justifie que l'on développe légèrement sa description. En effet, le caractère violent des précipitations est à l'origine de lames d'eau ruisselées importantes et d'autant plus érosive qu'elles se chargent de matériaux en suspension facilement mobilisables sur les sols traversés (cultures annuelles et permanentes).

Le **ruissèlement** est un phénomène complexe qui concerne la part de précipitation qui n'est pas absorbée par le sol et qui ne s'accumule pas à la surface, mais qui s'écoule dans le sens de la pente, en dehors du réseau hydrographique et finit par se concentrer en rigoles et torrents (Hillel 1974). Au cours de ce trajet vers l'aval, les caractéristiques de l'écoulement évoluent au fur et à mesure que son volume augmente et en fonction des terrains qu'il traverse. Il est possible de décrire de tels écoulements à l'aide des catégories décrites ci-après (C. Cosandey, 2000) :

- Le terme de **ruissèlement diffus** se réfère à un écoulement dont l'épaisseur est faible et dont les filets d'eau buttent et se divisent sur le moindre obstacle. En pratique, ce type de ruissèlement peut affecter l'ensemble du territoire lors d'orages localisés. Les ruissèlements diffus ne sont donc pas cartographiés dans l'atlas des zones inondables.
- Le **ruissèlement en nappe** correspond à une lame d'eau observée en général sur pente assez faibles, et qui occupe en largeur une partie importante du versant. Il peut emporter avec lui les matériaux de la surface qu'il traverse sans toutefois créer de ravinement à ce stade.
- Lorsqu'en raison des conditions topographiques et /ou des obstacles naturels ou anthropiques, les eaux de surface se rassemblent pour s'écouler le long d'un ou de plusieurs chemins spécifiques, on parle de **ruissèlement concentré**. Celui-ci est à l'origine des ravinements profonds creusés dans le sens de la pente.
- Le terme de ruissèlement anastomosé est parfois utilisé pour décrire un écoulement sur une surface étendue présentant des bras multiples se rejoignant par endroit, et pouvant constituer un état de transition entre l'écoulement en nappe et l'écoulement concentré.

Les ravinements et dépôts peuvent au cours d'un événement se développer et évoluer. A titre d'exemple, un lieu affecté de ruissèlement en nappe en début de crue peut se retrouver par la suite traversé par un écoulement concentré et vis-et-versa. Il est important de garder en mémoire que la limite entre ces formes est souvent difficile à définir avec précision.

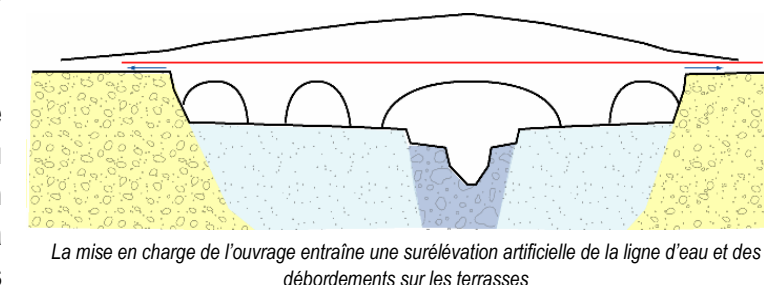
Au sein de l'atlas, le ruissèlement, représenté par une couleur verte, apparaît sous deux formes :

- des surfaces au sein desquelles les dynamiques de ruissèlement rencontrées peuvent être, suivant l'endroit et le moment de la crue, soit en nappe, soit anastomosés, soit concentrés.
- des flèches matérialisant les ravins secs et autres modelés topographique actuels, indiquant le passage, lors des événements pluvieux importants, de ruissèlements concentrés.

La cartographie proposée, qui résulte d'une analyse par photo-interprétation, doit être prise comme un travail destiné à mettre en évidence à un premier niveau la spatialisation des phénomènes. Les informations produites ne sont qu'indicatives et non exhaustives, et des études plus fines accompagnées de diagnostics de terrain conséquents qui dépassent le cadre de cet atlas sont nécessaires pour cerner plus précisément le risque sur ces secteurs.

### ■ Débordements liés à un obstacle anthropique ou à un aménagement

Les ouvrages d'art, les remblais transversaux, sans nécessairement engendrer de sursédimentation et d'exhaussement du plancher alluvial, provoquent une surélévation de la ligne d'eau (et ce d'autant plus s'il y a embâcle) qui peut entraîner des débordements sur l'encaissant. Ce phénomène de surcote et d'inondation de l'encaissant est le responsable principal des différences qui peuvent exister entre les limites des crues historiques et les limites hydrogéomorphologiques.



Par ailleurs, il arrive que des aménagements anthropiques comme les barrages ou détournements de cours d'eau rendent inondables l'encaissant par débordement.

### ■ Inondations partielles d'anciens cônes (cf paragraphe précédent sur les cônes) ou inondation des terrasses depuis les cônes

Lorsque des cônes surplombent les terrasses, cette position dominante a pour conséquence de rendre inondable par ces mêmes affluents les terrasses anciennes qui ne le sont plus par le cours d'eau principal.

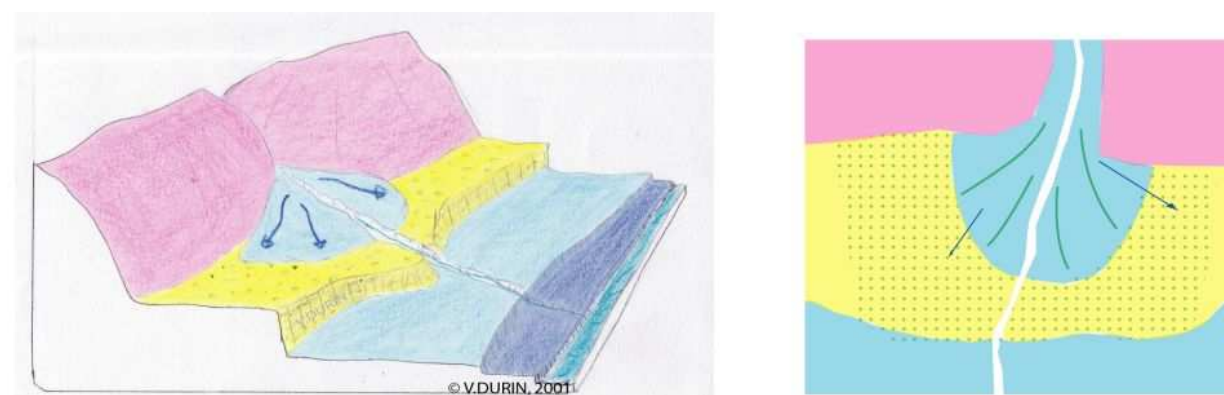


Figure 6 : Schéma d'un cône surplombant une ancienne terrasse et traitement cartographique



### ▪Ecoulements karstiques, pertes et résurgences

Les paysages karstiques se développent en terrain calcaire sous l'effet de l'altération chimique produite par les eaux météoriques et la végétation sur ces roches. D'un point de vue hydrographique cette altération se traduit par la formation au fil des millénaires d'un réseau souterrain de forte capacité influençant fortement les conditions de transfert des débits d'amont en aval. Deux éléments du paysage karstique jouent un rôle prépondérant dans la formation des crues :

- Les pertes, points d'entrée du réseau naturel souterrain, pouvant absorber un débit conséquent et éventuellement le transférer vers un autre bassin versant.
- Les résurgences, points de sortie du réseau naturel souterrain, restituant en surface une partie des débits pris en amont ou sur un autre bassin versant.

L'impact du réseau naturel souterrain sur la formation des crues est d'autant plus important que la surface drainée hors du bassin versant topographique est étendue, et que la saturation du réseau souterrain est forte en début d'évènement. On peut assister en prime à un effet de siphon se traduisant par un débit de sortie initialement faible subissant au-delà d'un certain seuil une brutale augmentation pendant la vidange des cavités internes concernées. Enfin, le cheminement souterrain de l'eau se traduit généralement par un décalage temporaire des pics de crue (retard ou avance par rapport au réseau aérien récepteur).

Si le département du Gard présente en de nombreux points des paysages karstiques, ceux-ci ne sont que très peu connus et leur étude approfondie sort du cadre du présent atlas. Cependant, les points particuliers de pertes et résurgences observées ou communiquées par les différents acteurs rencontrés ont été reportés sur les cartes, notamment sur les communes de Rochefort du Gard, Lirac et Saint-Laurent-des-Arbres.

### 1.3.5 Les éléments de l'occupation du sol susceptibles d'influencer le fonctionnement hydraulique de la plaine alluviale fonctionnelle

Les aménagements anthropiques, l'urbanisation, ainsi que certains éléments du milieu naturel ont des incidences directes multiples et variées sur la dynamique des écoulements au sein du champ d'inondation. Il ne s'agit pas ici de faire un relevé exhaustif de l'occupation des sols en zone inondable mais de faire apparaître les **facteurs déterminants de l'occupation du sol sur la dynamique des crues**.

De nombreux éléments anthropiques ont été cartographiés :

- dans et aux abords du lit mineur : recalibrages et rectifications des lits, seuils, barrages, digues, protections de berge, autant d'ouvrages faisant obstacle aux écoulements ou favorisant l'évacuation des crues vers l'aval
- les ouvrages de franchissement de la plaine alluviale (ponts, remblais des infrastructures routières, des voies ferrées, des canaux),



Photo 5 : Remblai barrant la plaine alluviale

- les aménagements divers (gravières, remblais),
- les campings,
- les bâtiments isolés non indiqués sur le fond de plan.

### 1.3.6 Le traitement cartographique de la plaine alluviale du Rhône.

Les aménagements de la Compagnie Nationale du Rhône destinés à la production hydroélectrique et à la navigabilité se traduisent sur le territoire couvert par cet atlas par un endiguement du fleuve isolant celui-ci de son ancien champ d'expansion des crues, fréquemment nommé ci-après « plaine alluviale du Rhône ». Les affluents qui traversaient initialement cette plaine pour se jeter dans le fleuve se jettent désormais en premier lieu dans le contre-canal, qui longe les digues du Rhône. Celui-ci, guide ces écoulements jusqu'en aval du barrage hydroélectrique le plus proche, ou jusqu'à une station de pompage spécialement conçue pour évacuer ces eaux dans le Rhône localement surélevé, de l'autre côté des digues.

L'ensemble de la plaine alluviale du Rhône, étant inondable par ce dernier si l'on ne tient pas compte de la présence des digues, est représenté au sein de cet atlas cartographique par une surface bleue qui correspond au **lit majeur indifférencié du Rhône et de ses affluents**. Ces zones protégées du Rhône par les digues CNR, sont sujette au débordement des affluents, des roubines et du contre-canal.

La mise en place du dispositif de la CNR a causé la rectification du tracé des affluents et un fort allongement de leur traversée de la plaine alluviale rhodanienne. Les cours d'eau n'ont pas eu le temps, depuis ce changement récent des conditions d'écoulements, d'imprimer au sein de leur substrat actuel les unités hydrogéomorphologiques décrites ci-dessus. La délimitation précise des limites de champ d'inondation des roubines et du contre-canal au sein de l'ancien champ de débordement du Rhône ne peut être garantie par la méthode hydrogéomorphologique. Le champ d'action de cette méthode se restreint en effet aux cours d'eau naturels ayant eu au fil des siècles et des crues successives le temps d'éroder le substrat et de déposer des sédiments pour former les différents lits.

Toutefois, afin de répondre aux attentes du comité de pilotage ayant encadré la création du présent atlas, et dans le but de fournir quelques indications relatives au cas d'inondation provenant des seuls affluents, un figuré de « **premiers débordements des roubines** » a été ajouté afin de décrire les premières zones affectées par le débordement des roubines lors de crues. La délimitation de ces zones est issue de l'analyse des photographies aériennes stéréoscopiques ainsi que d'observations de terrain. Soulignons que les débordements lors de crues majeures des affluents peuvent aller au-delà de ces zones, et couvrir la majeure partie de la plaine alluviale. Les limites ainsi ajoutées doivent être impérativement maniées avec précaution car elles s'appuient sur des éléments morphologiques peu prononcés, parfois d'origine anthropique, et pouvant être discontinus ou modifiées par les travaux routiers et agricoles. Notons enfin que les débordements du contre-canal, entièrement artificiel, et bordé de part et d'autre par une digue n'ont pu faire l'objet de cette analyse.

Lorsque les limites de premiers débordements des roubines apparaissaient de façon nette et rapprochées (faible modification anthropiques des écoulements), le figuré de lit moyen a pu être ajouté de part et d'autre du cours d'eau.

Enfin dans l'optique de faire figurer sur l'atlas l'ensemble des observations issues de l'analyse des photographies aériennes stéréoscopiques, certaines zones faiblement inclinées du lit majeur indifférencié, susceptibles de voir

transiter les eaux météoriques sur sol saturé lors d'évènements pluvieux majeurs ont été marquées du figuré de zone d'inondation potentielle par ruissèlement.

### 1.3.7 Le traitement cartographique des grandes dépressions fermées.

Cinq grandes dépressions fermées font partie de la zone d'étude. Ces dépressions qui retenaient jadis des étangs du fait de leur caractère endoréique (=sans exutoire aérien) sont aujourd'hui drainées, généralement par des tunnels à travers un interfluve vers un cours d'eau récepteur. Des réseaux de fossés permettent le ressuyage de ces zones en tant de pluie ou de crue et la collecte de l'eau vers l'ouvrage de drainage principal. L'inondabilité actuelle de ces dépressions du fait des dispositifs de drainage a été assimilée à du lit majeur, leur inondation se produisant lorsque le réseau de drainage est insuffisant au transit du débit vers le cours d'eau récepteur.

Le niveau d'eau atteint dans ces dépressions à l'état naturel n'est pas connu. D'après un article de R. Bailly (L'assèchement des étangs de Rochefort-Pujaut, Rhodanie, Juin 1983) l'étang de Pujaut aurait eu « 18 m de profondeur par endroits ». On ne sait toutefois pas si cette valeur est fondée sur des archives ou une interprétation de la carte topographique. Si l'on admet la valeur donnée par R. Bailly, l'eau aurait alors dû surverser en crue par-dessus l'interfluve à l'est situé 2 m au-dessus de la cote supposée de l'étang. Selon cet auteur l'étang de Pujaut et de Rochefort formaient presque un seul étang alors que l'amas de gravier appelé « la Carène » « servait comme aujourd'hui pour le passage de la route ». Cependant le niveau de la route au sommet de cet amas domine le fond de l'étang de Pujaut de seulement 13 m. Il aurait donc dû être inondé si l'étang avait bien la profondeur indiquée.

Quoiqu'il en soit dans les conditions actuelles un tel scénario serait hautement improbable étant donné les volumes d'eau colossaux qui seraient nécessaires pour remplir la dépression de Pujaut avec 20 m de hauteur d'eau.

En conséquence, la cartographie réalisée s'est attachée à délimiter, à partir des limites morphologiques décelables dans le relief, les zones dont on peut raisonnablement penser qu'elles ont été inondables. L'estimation des volumes et de hauteurs d'eau potentielles pour un évènement rare de type centennale avec défaillance complète du dispositif de drainage montre que ces limites ne sont généralement pas atteintes.

## 1.4 LES PRINCIPAUX OUTILS UTILISES

L'analyse hydrogéomorphologique s'appuie sur les deux outils complémentaires que sont la photo-interprétation stéréoscopique et l'observation du terrain. Elles se pratiquent en deux séquences successives dans le temps, la photo-interprétation constituant un travail préalable indispensable au terrain, et dans l'espace : la photo-interprétation est utilisée pour réaliser la totalité de la cartographie, le terrain servant à valider cette interprétation. Ces deux approches complémentaires sont indissociables l'une de l'autre.

La photo-interprétation permet d'avoir une vision d'ensemble du secteur étudié, ce qui est souvent nécessaire pour comprendre son fonctionnement. Les observations de terrain apportent par contre de nombreuses informations sur la nature des formations qui constituent une surface topographique, élément essentiel de décision dans les secteurs complexes. Sur le terrain, on s'intéresse aux indices suivants :

- micro-topographie des contacts entre les différentes unités morphologiques, notamment des limites quand elles sont masquées par des dépôts à pente faible,
- nature des formations superficielles des différents lits,
- indices hydriques liés à la présence d'eau à la surface du sol ou à faible profondeur,

- végétation, dépendante de la nature des sols et de leurs caractéristiques hydrologiques,
- traces d'inondation : laisses de crue, érosions, atterrissements, sédimentation dans le lit majeur.

L'analyse hydrogéomorphologique s'appuie aussi sur une connaissance générale du secteur étudié et de son évolution passée, d'où le recours à un fond documentaire non négligeable constitué par la littérature universitaire, les études réalisées sur les secteurs étudiés et les cartes géologiques.

## 1.5 LES OUTILS COMPLEMENTAIRES

### 1.5.1 Etude des crues historiques

La connaissance des crues historiques constitue l'un des deux volets fondamentaux du diagnostic de l'aléa inondation. Elle est directement complémentaire de la cartographie hydrogéomorphologique. La fiabilité des données historiques étant très variable, l'exhaustivité de l'information a été recherchée.

### 1.5.2 Numérisation sous SIG

La cartographie hydrogéomorphologique réalisée sous la forme de cartes minutes papier a été entièrement numérisée sous SIG MAP INFO et ARC VIEW. On trouvera dans la notice du SIG la description des objets géographiques numérisés ainsi que leurs attributs graphiques. La mise sous SIG des données produites permet de les intégrer dans une base de donnée générale. Elle facilitera aussi leur consultation et leur diffusion, notamment sous INTERNET dans un proche avenir.

## 1.6 ATOUTS ET LIMITES DE LA METHODE HYDROGEOLOGIQUE

La cartographie hydrogéomorphologique constitue un des outils disponibles pour diagnostiquer le risque inondation, complémentaire des autres méthodes hydrologiques et hydrauliques. En tant que telle, elle est différente, et possède ses propres atouts et limites qui sont aujourd'hui bien connus.

Analyse naturaliste fondée sur une science d'observation, elle permet uniquement d'obtenir des informations **qualitatives** : la quantification est limitée à la distinction des zones concernées par l'ensemble des crues, y compris les plus fréquentes, des zones uniquement submergées par les crues rares. En particulier, elle ne fournit pas d'indication directe des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement.

Elle permet par contre **de disposer rapidement d'une cartographie précise en plan et homogène sur l'ensemble du secteur traité**, qui prend en compte la dynamique naturelle des écoulements et l'histoire du secteur. Ceci permet notamment de pallier les insuffisances des séries statistiques hydrologiques et de mettre en évidence les tendances évolutives des cours d'eau (par exemple sur-sédimentation exhausant le niveau du plancher alluvial et entraînant par conséquent une tendance à l'extension de la zone inondable, ou au contraire tendance à l'encaissement du cours d'eau).



## 2 SYNTHÈSE DU FONCTIONNEMENT DES BASSINS VERSANTS

- **Objectifs** : présenter et mettre en évidence les principaux paramètres caractérisant les bassins versants du Gard Rhodanien et de la Camargue Gardoise ainsi que les facteurs essentiels qui influencent la formation des crues.

### 2.1 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE

La carte suivante permet de situer les principales rivières, ruisseaux et roubines de la zone d'étude. L'ensemble des eaux de ceux-ci aboutit dans le Rhône, le petit Rhône, le Canal du Rhône à Sète ou le contre canal construit par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) au pied des digues de ce dernier.

La zone d'étude comprend 90 cours d'eau de petite taille, totalisant 196 kilomètres de linéaire. Ils sont répartis au sein de trois zones géographiques espacées les unes des autres d'une dizaine de kilomètres, et regroupant chacune plusieurs bassins versants adjacents :

1. Au nord, les bassins de l'Arnavé et de son affluent le Rieuprimen, occupent les territoires communaux de Pont-Saint-Espirit, Saint Alexandre, Carsan et Venejan. Au cours de cette étude, cette zone sera appelée **le bassin de l'Arnavé**.
2. Au centre, les bassins versants dits « du **Gard Rhodanien** » voient se concentrer les eaux des ruisseaux de Galet, de Nizon, des roubines du Grès, de l'Étang, de Jolivet et du vallat de Malaven pour ne citer que les plus importants. Les communes concernées sont Montfaucon, St-Geniès-de-Comolas, Sauveterre, St-Laurent-des-Arbres, Lirac, Tavel, Rochefort-du-Gard, Roquemaure, Pujaut, Villeneuve-lès-Avignon, Les Angles, Saze et Laudun.
3. Au Sud, la **Camargue Gardoise** accueille entre autres le valat des Crottes, le grand Valat, les ruisseaux du Valion, de Sainte Colombe, de Valladas et de la Crosse, sur les communes de Comps, Joncquièrre-Saint-Vincent, Beaucaire, Redessan, Manduel, Bellegarde, Garons, Gènerac, Saint-Gilles, Beauvoisin et Vauvert.

Ces trois zones qui seront étudiées séparément tout au long de cet atlas, s'alignent globalement du nord au sud le long du Rhône, qui marque la frontière orientale du département du Gard et de la région Languedoc-Roussillon.

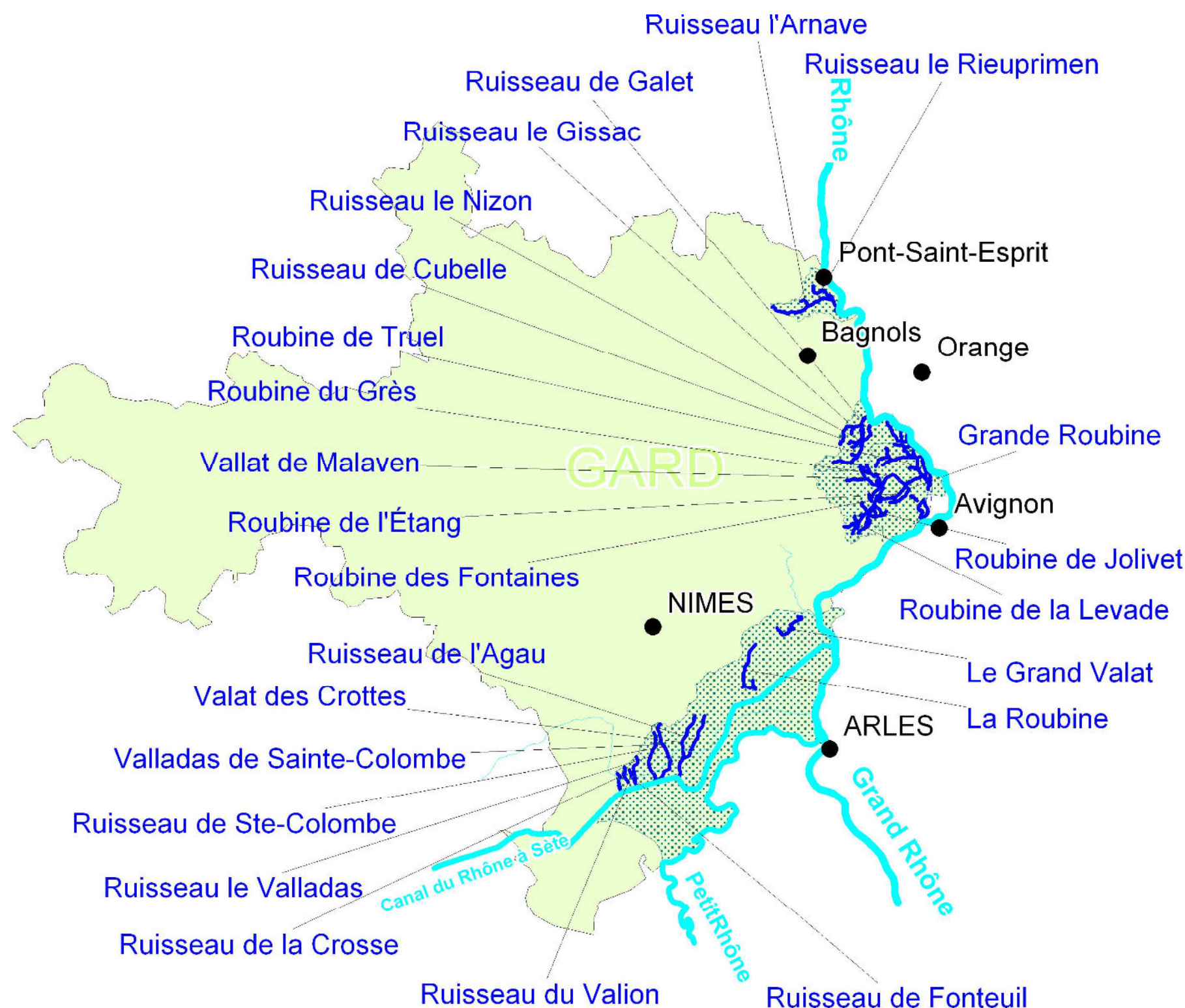


Figure 2.1, Localisation des cours d'eau étudiés



## 2.2 TOPOGRAPHIE ET ORGANISATION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Les bassins étudiés sont topographiquement compris entre les sommets de collines peu élevés (au maximum 358 mètres d'altitude au dessus des sources de l'Arnavé), et le Rhône dont le niveau passe de 34 mètres à Pont-Saint-Esprit, à 2 mètres environ au sein de la Camargue (petit Rhône). Les dénivelées globales sont donc relativement faibles. Les cours d'eau traversent tous dans leur partie aval une portion plus ou moins grande de la plaine alluviale du Rhône ou du Petit Rhône. Ces larges étendues sub-horizontales ont fait l'objet de nombreux aménagements hydrauliques. Ci-après sont décrites les caractéristiques topographiques de chaque ensemble géographique.

### 2.2.1 Le bassin de l'Arnavé.

Culminant à 358 mètres au sein de la forêt domaniale de Valbonne, il est relativement allongé, de l'ouest vers l'est, et s'élargit fortement selon une direction Nord-Sud aux abords de la confluence avec le Rhône. Le ruisseau de l'Arnavé parcourt près de 12 kilomètres depuis sa source jusqu'au Rhône et reçoit entre autres les eaux du ruisseau de Rieuprime, principal affluent, au cœur de la plaine alluviale du Rhône. Cet affluent draine un bassin moins élevé, mais aussi étendu, qui s'étale en partie sur la plaine alluviale du Rhône et en partie sur le territoire urbanisé de Pont-Saint-Esprit.

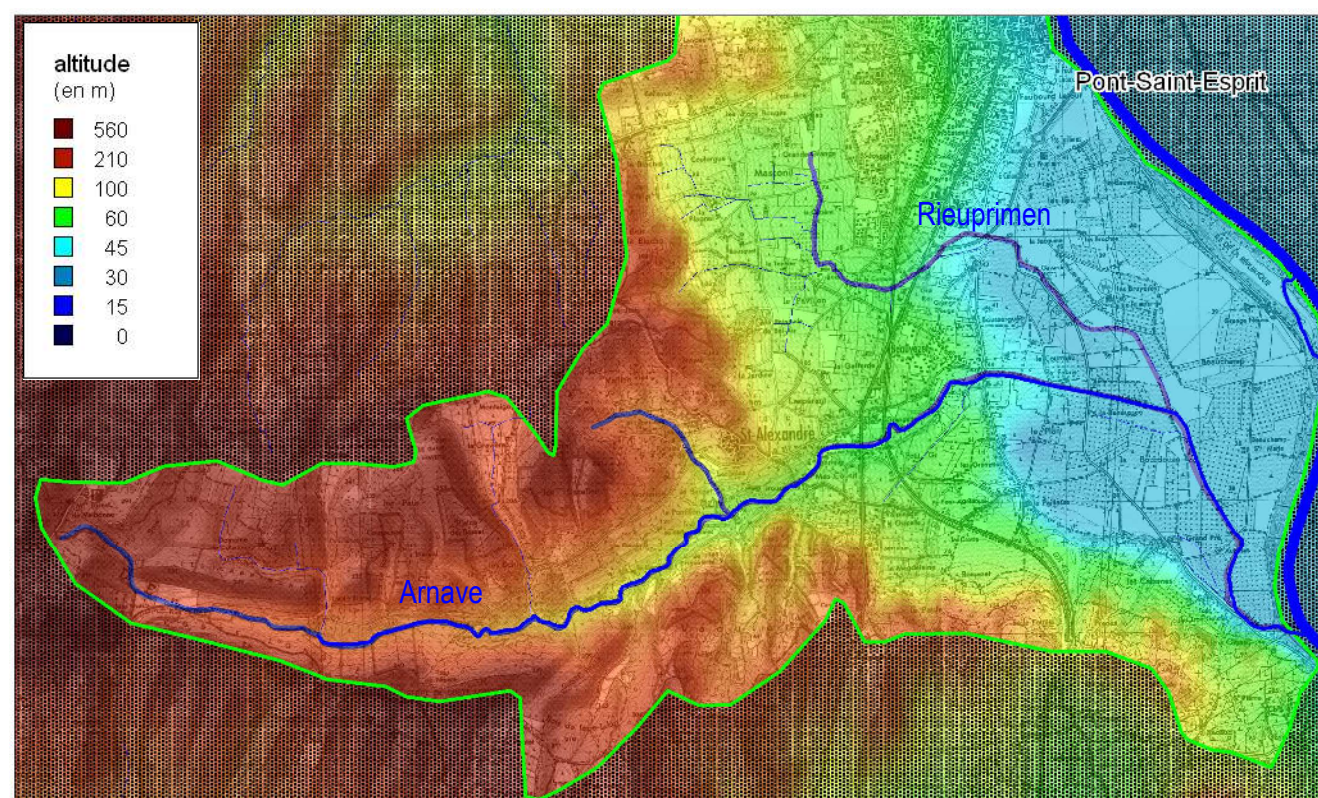


Fig 2.2 Bassin versant de l'Arnavé. En bleu apparaissent les cours d'eau étudiés dans cet atlas. (sources : Bd alti et Scan IGN).

Ce bassin, dont les données altimétriques sont présentées dans la carte, figure 2.2, mesure 36 kilomètres carrés. Un tiers de sa surface est constitué par le lit majeur du Rhône, (dominantes bleues) un tiers par la partie amont, rectiligne et pentue de l'Arnavé (dominantes marron), et le dernier tiers par une région peu mouvementée comprise entre 65 et 80 mètres d'altitude (dominantes vertes), sur laquelle la plupart des enjeux se concentrent.

### 2.2.2 Le Gard Rhodanien

Le rapport de phase 1 du « Schéma d'Aménagement Hydraulique des Bassins Versants du Gard Rhodanien » offre une synthèse de l'ensemble des travaux effectués sur cette zone. Le lecteur intéressé pourra se référer à cette étude exhaustive, de laquelle ce chapitre est en partie inspiré.

Le Gard Rhodanien est parcouru par un ensemble de cours d'eau naturels, parfois fortement recalibrés ou rectifiés, auxquels s'ajoute un grand nombre de drainages anthropiques le plus souvent regroupées sous la dénomination « Roubines ». Tous les cours d'eau se jettent dans le contre canal qui longe les digues du Rhône. Il est possible de décomposer cette zone en 4 principaux systèmes (sous-bassins versants présentés sur la carte ci-contre):

- le Système Nizon-Galets, environ 34 km<sup>2</sup>, drainés par les ruisseaux du Nizon, des Rats, de Gissac, et des Galets.
- le Système Montfaucon-Roquemaure-Sauveterre. D'environ 40 km<sup>2</sup>, cette plaine, ancien champ d'expansion des crues du Rhône, est drainée par des roubines (Cros, Islon, Lône de Roquemure, Roubine de la Ville, et Roubine du Truel).
- le système Pujaut-Rochefort-Saze, environ 80 km<sup>2</sup>. L'amont de ce grand bassin a la particularité de s'écouler vers les anciens étangs de Pujaut et Rochefort-du-Gard, drainés par un réseau dense de roubines (Grès, Etangs, Jolivet...). L'exutoire de ces dépressions, un tunnel façonné par la main de l'homme au dix-septième siècle, limite fortement le débit de sortie.
- le système Villeneuve-lès-Avignon-les Angles, 23 km<sup>2</sup>. Ce bassin très urbanisé, au relief amont marqué, est dominé par les phénomènes de ruissèlement jusqu'à la plaine alluviale du Rhône.

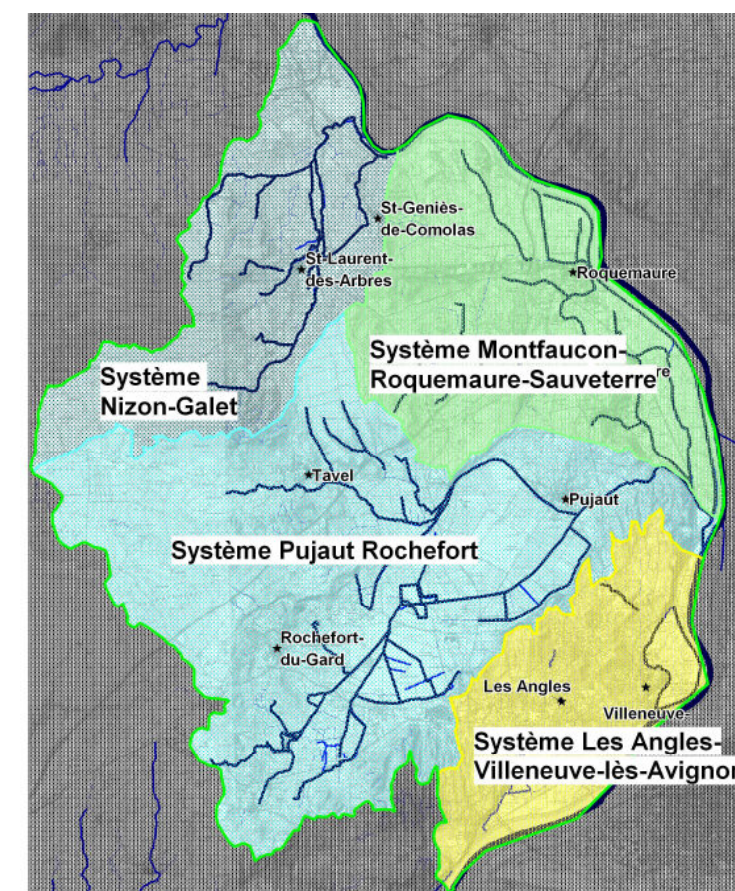
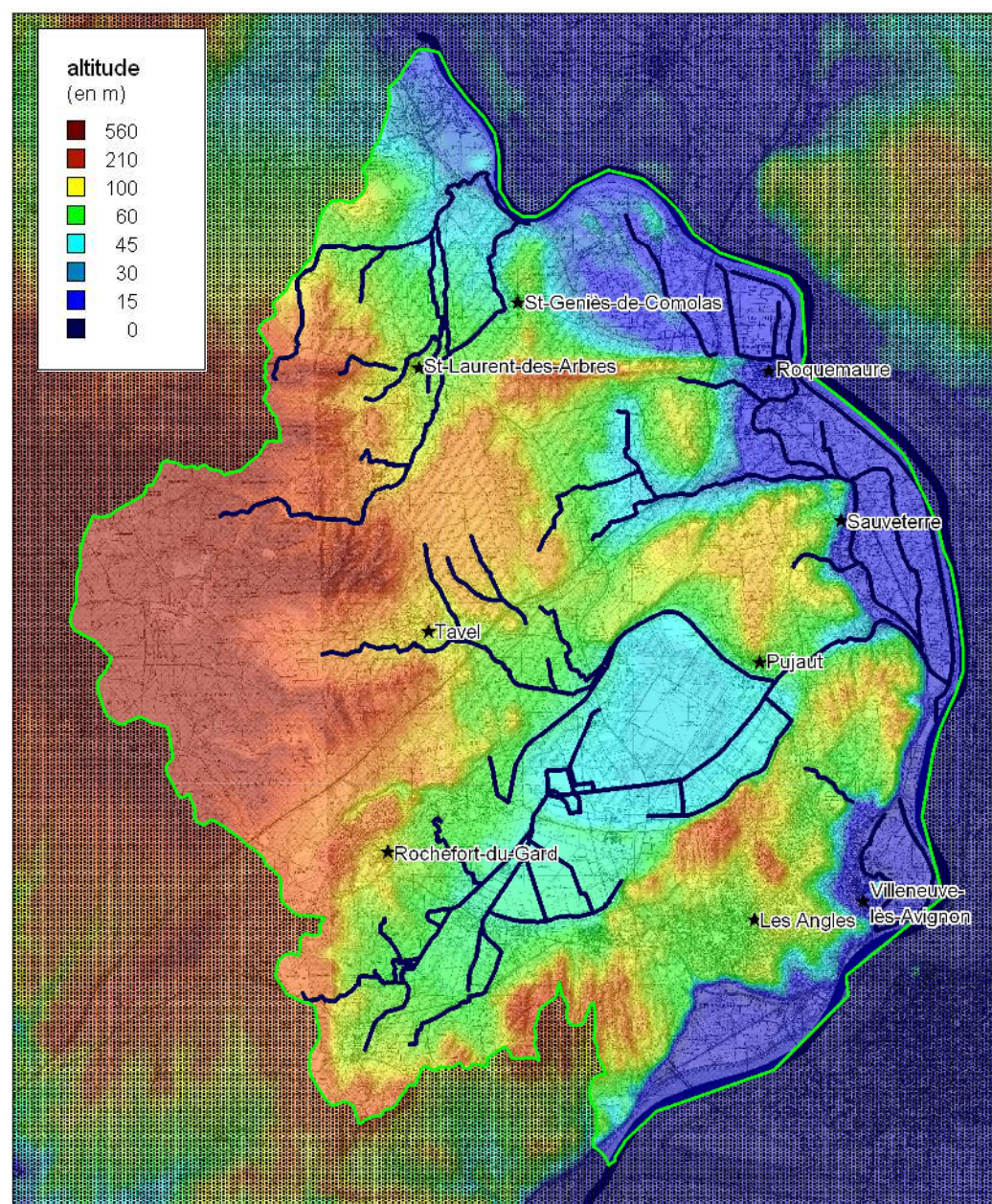


Figure 3 : découpage du « Gard Rhodanien en 4 sous bassins



Notons qu'à partir de Montfaucon et vers l'aval, la plaine inondable du Rhône est séparée et « protégée » de celui-ci par un système de digue. Au pied de celles-ci, un canal, nommé « contre canal », récupère les eaux des bassins versants décrits ci-dessus, ainsi que les eaux de percolation de la nappe, particulièrement abondantes étant donné la position surélevée de la surface libre de l'eau en amont des barrages hydroélectriques. Les eaux ainsi collectées sont rejetées dans le Rhône ou le Gardon en aval des barrages, parfois naturellement, parfois par pompage. Le dimensionnement du contre-canal, prévu pour évacuer les crues décennales, est insuffisant en cas de crue de débit supérieur.



Données topographiques sur le bassin versant du Gard Rhodanien. En bleu apparaissent les cours d'eau étudiés dans cet atlas. (Bd alti et Scan IGN).

le-Puy. Ces dépressions ont des altitudes comprises entre 40 et 50 mètres. Facilement inondables, elles constituent de grandes zones de stockage des eaux lors d'épisodes pluvieux importants. Leur cartographie a fait l'objet d'une attention particulière et leur fonctionnement est décrit avec plus de précision au sein du chapitre 4 d'analyse hydrogéomorphologique et historique des cartes du présent atlas.

La carte présentée ci-contre permet d'identifier les unités topographiques traversées par les cours d'eau du Gard Rhodanien. On identifie en bleu foncé, sur la bordure orientale, une région peu élevée (entre 30 m au nord, et 15 mètres au sud), plane, correspondant à la plaine alluviale du Rhône. Les têtes de bassin (tons de couleur marron et jaunes) culminent à 265 mètres d'altitude au Farlet. Entre les zones amont, légèrement accidentées, et la plaine alluviale rhodanienne, une zone de d'altitude médiane, (en vert et bleu clair) voit se détacher la large dépression de Pujaut, ancien lac dont les eaux ont été artificiellement guidées vers le Rhône par un tunnel. La seconde dépression, plus petite, au nord de celle de Pujaut est nommée Tras-

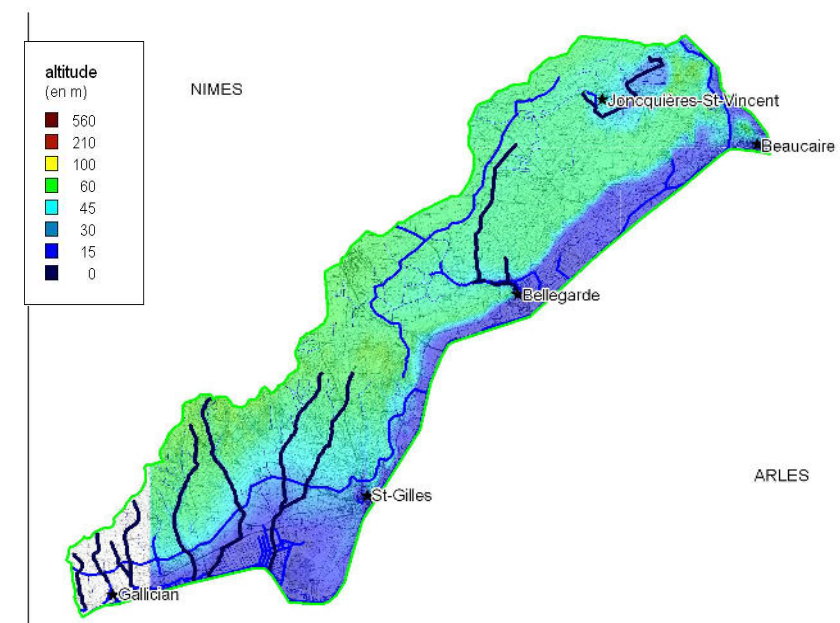
### 2.2.3 La Camargue Gardoise

La carte présentée ci-dessous permet de discerner les grandes unités topographiques des bassins de la Camargue gardoise étudiés dans cet atlas.

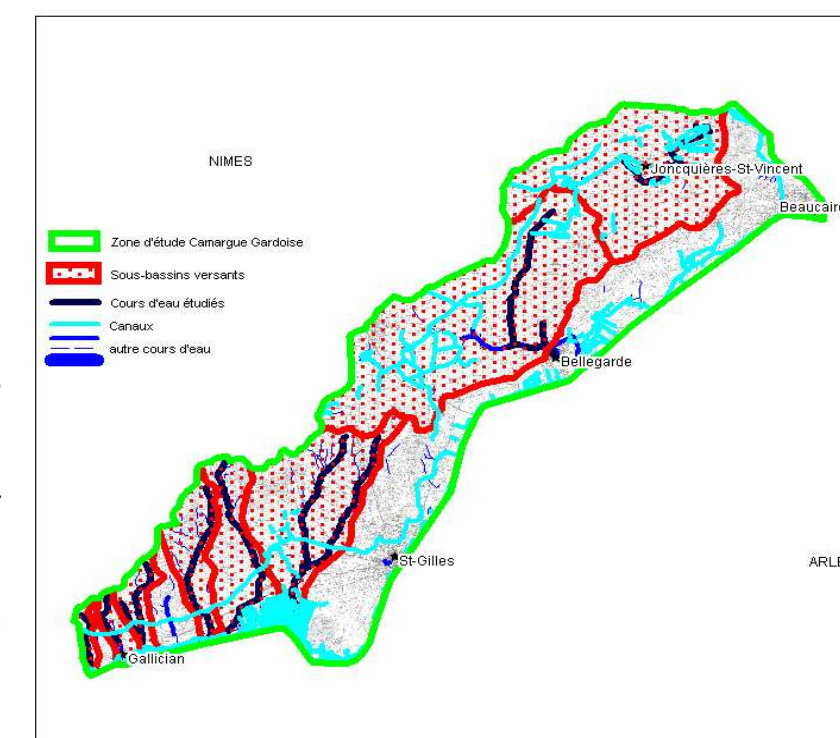
Les tons verts, d'altitude supérieure à 40 mètres correspondent aux Costières. Il s'agit d'un plateau légèrement accidenté qui voit naître les cours d'eau étudiés ici. Dans la moitié sud, ce plateau est régulièrement incliné vers la Camargue. Les cours d'eau y ont creusé un réseau de vallées parallèles d'orientation globale N-S. Dans la moitié Nord, en revanche, le plateau en gouttière (morphologie dite en synforme), guide le réseau hydrographique de ses bordures vers l'intérieur, pour finalement aboutir à deux exutoires principaux. Le premier, au niveau de Bellegarde est celui du ruisseau le Rieu. L'autre, au nord de Jonquières-St-Vincent est une perte au sein d'un

réseau karstique, au lieu dit la Palud, à environ 15 mètres d'altitude. En tons bleus, la bordure nord occidentale de la large plaine camarguaise s'identifie clairement. Située à une altitude de 3 mètres, il s'agit de la large plaine d'inondation de l'estuaire en delta du Rhône.

La carte ci-contre met en évidence les bassins versants des différents cours d'eau étudiés. On y observe aussi le dense réseau hydraulique aménagé par l'homme en Camargue, ainsi que les canaux traversant les costières (canal des costières, canal d'irrigation du Bas-Rhône Languedoc). La limite orientale de la zone représentée s'appuie sur le canal du Rhône à Sète, qui récolte les eaux des rivières étudiées.



Données topographiques sur les bassins versants de la Camargue Gardoise (En bleu, les cours d'eau étudiés)(BD Alti, IGN)



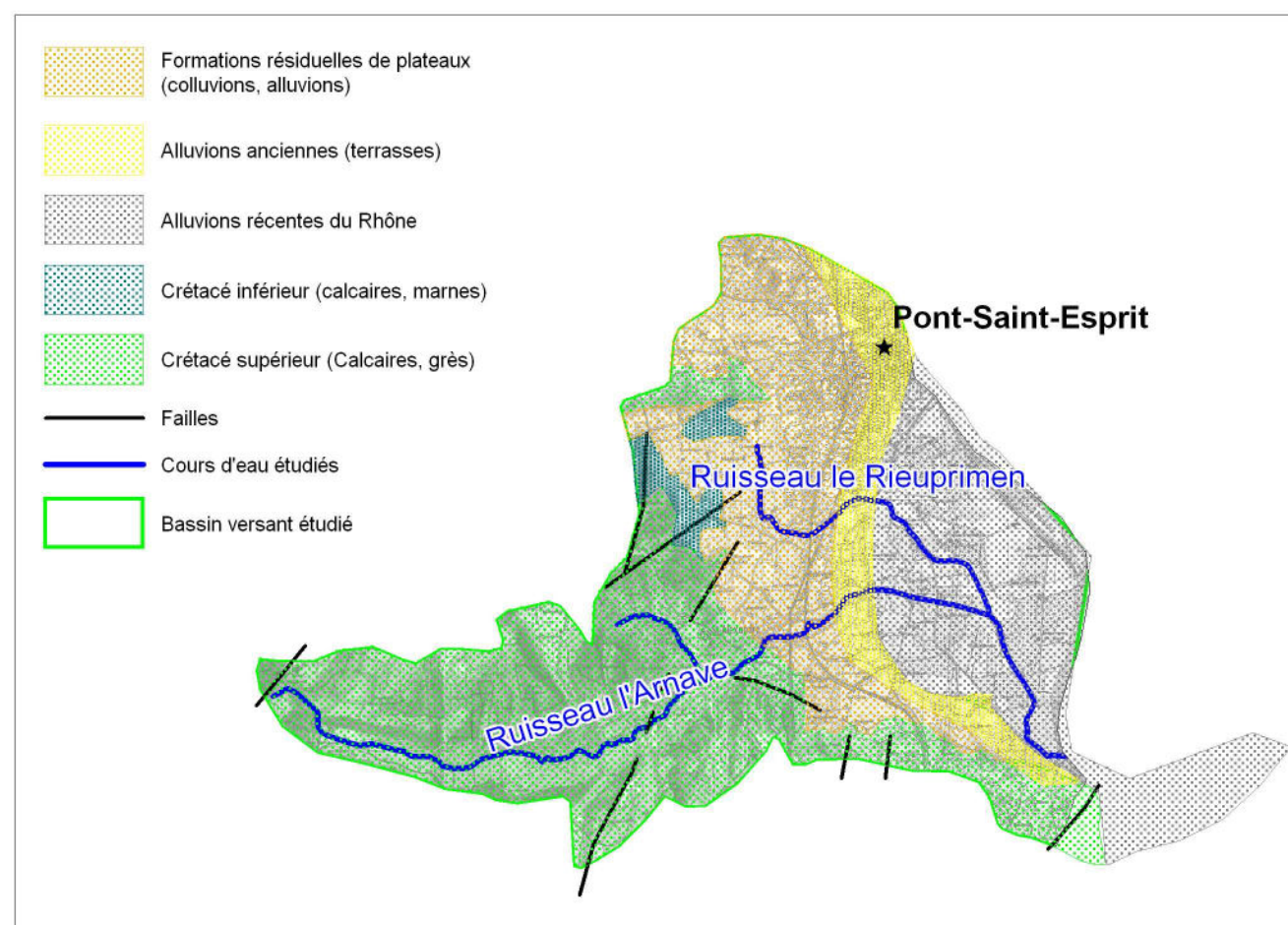
Réseau hydrographique et bassins versants des cours d'eau étudiés en Camargue Gardoise dans le cadre de cet atlas.



## 2.3 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

### 2.3.1 Le bassin de l'Arnave

La partie amont du bassin de l'Arnave repose sur un substrat constitué de dépôts marins mis en place à faibles profondeurs à la fin de l'ère secondaire (crétacé). Ces sédiments se présentent sous la forme d'une alternance de grès et de calcaires, ces derniers pouvant présenter une composante marneuse ou gréseuse plus ou moins



développée, témoignant des apports détritiques issus de l'érosion du Massif Central contemporaine aux dépôts.

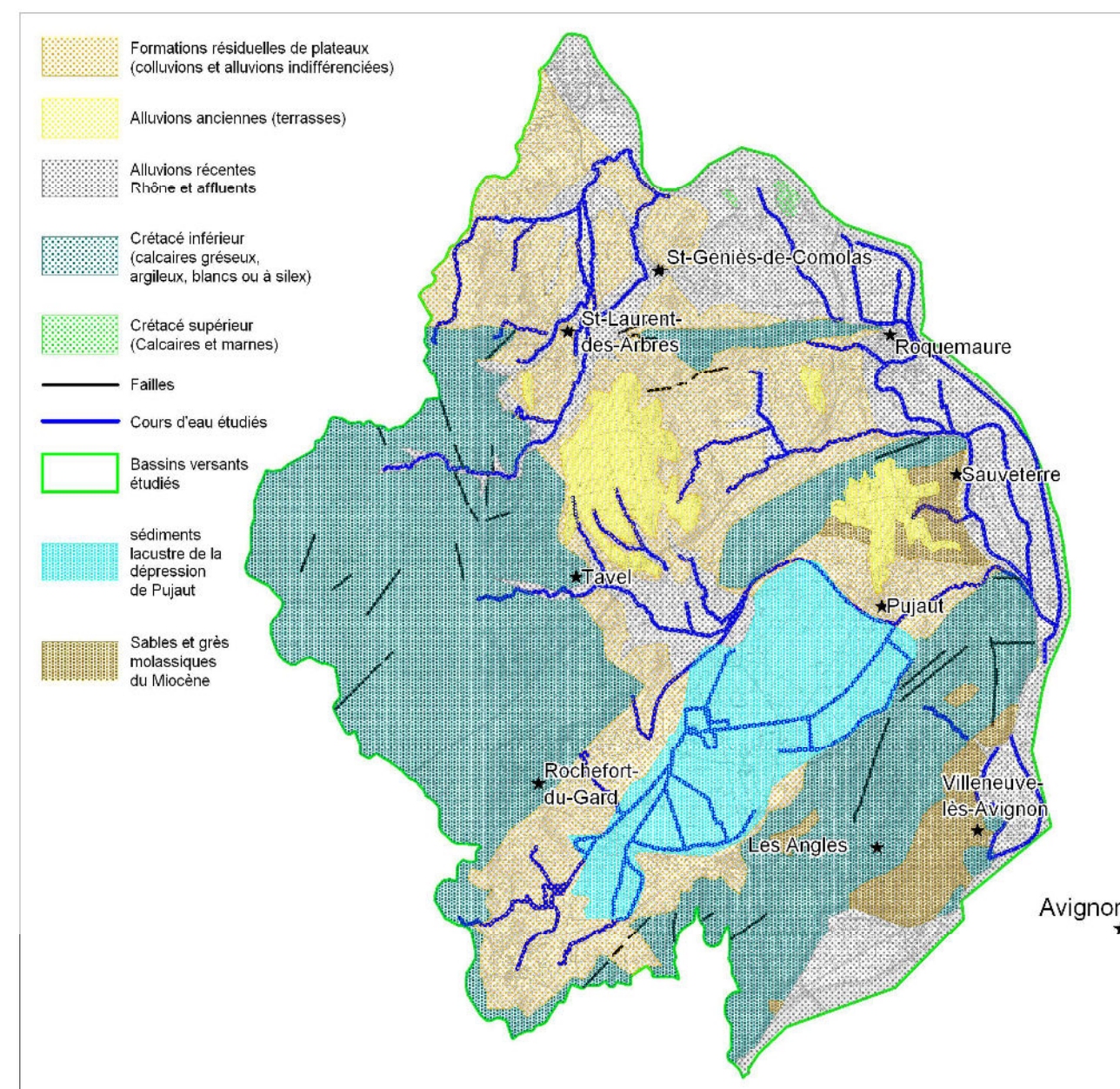
Sur le versant sud de la vallée du ruisseau de l'Arnave, des colluvions de bas de pente (éboulis rocheux), se sont déposés au fur et à mesure de la décomposition du calcaire graveleux (Coniacien) qui en forme la partie sommitale. Le versant nord, moins pentu, présente des dépressions où se sont déposées de puissantes accumulations de matériaux loessiques (mise en place en contexte éolien) et de débris calcaires. Les matériaux disponibles et mobilisables par l'Arnave en cas de crue dans sa partie amont sont donc abondants.

Le ruisseau de Rieuprime et les quartiers sud de la ville de Pont-Saint-Espirit reposent, eux, sur un terrain mis en place à l'ère quaternaire. Il s'agit d'un emboîtement complexe de terrasses et de colluvions. Les premières, mises en place par les anciens cours de l'Ardèche et du Rhône au cours de diverses périodes glaciaires, sont constituées de matériaux érodés en amont, largement au nord de notre zone d'étude. Leur composition est variée et leur forme émoussée par le transport. Les formations résiduelles et colluviales, en revanche, sont issues de la dégradation et du remaniement des couches géologiques locales, et en particulier des étages calcaires du secondaires décrits ci-avant.

Enfin, la zone de confluence entre l'Arnave et le Rieuprime correspond au champ d'expansion des crues récentes du Rhône. Les matériaux limoneux y sont accumulés sur des épaisseurs pouvant atteindre 15 mètres. Perméables, ces matériaux peuvent selon leur niveau de saturation, soit absorber les eaux superficielles excédentaires, soit restituer en surface les eaux phréatiques excédentaires. Ce dernier cas est connu sous le nom de remontée de nappe et peut être la source d'inondations peu dynamiques mais prolongées.

### 2.3.2 Le Gard Rhodanien

La carte présentée ci-dessous offre une vision simplifiée du contexte géologique des bassins versants du Gard Rhodanien.



Comme au sein du bassin de l'Arnave, on remarque que :

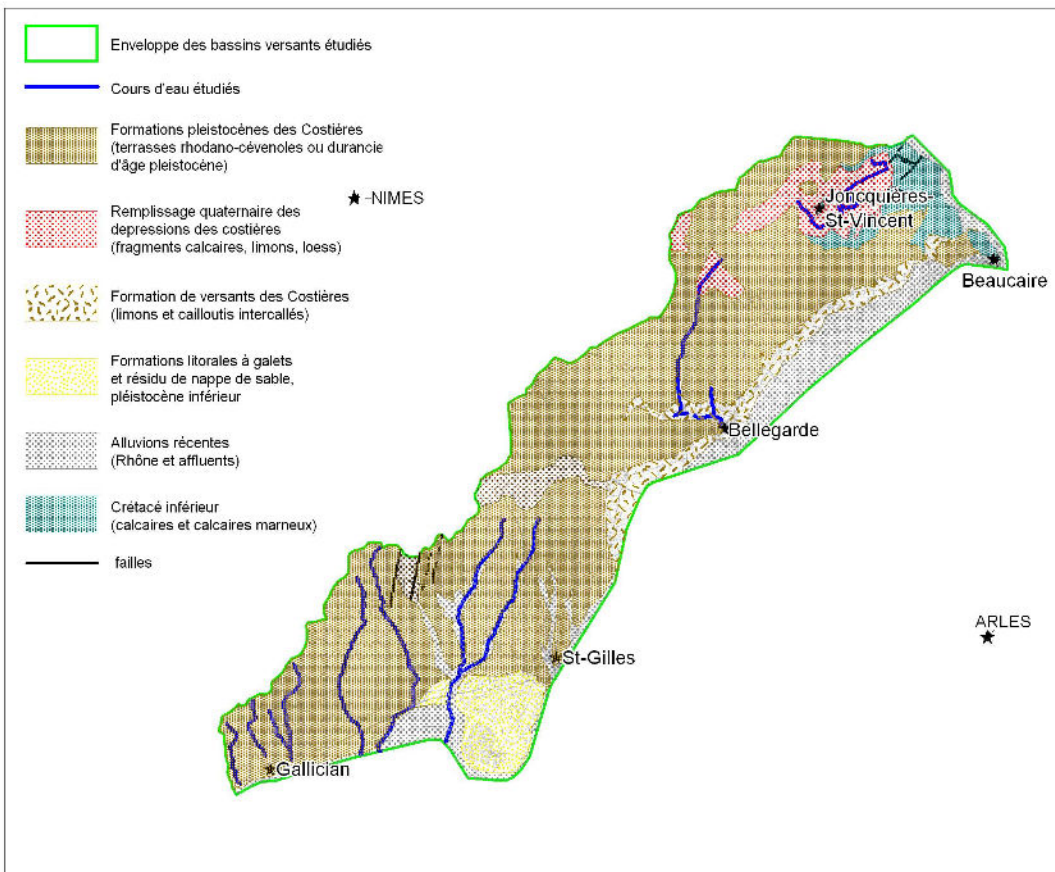


- les hauteurs des bassins versants s'inscrivent au sein des alternances de calcaires plus ou moins détritiques, de marnes et de grès déposés au cours du crétacé,
- les parties médianes des cours d'eau cheminent au sein d'une série intercalée de formations colluviales et alluviales anciennes, (notons qu'ici, les terrasses les plus étendues ont pu être différenciées et cartographiées en jaune),
- les parties aval des cours d'eau traversent les épaisses couches sédimentaires limoneuses récemment déposées par le Rhône.

On distingue de plus sur cette carte les sédiments lacustres déposés au sein de la dépression de Pujaut et Rochefort du Gard. S'y intercallent sur parfois 5 mètres d'épaisseur des limons, des craies et des couches de galets. Enfin, les sables et grès molassiques du miocène, présents à Villeneuve-Lès-Avignon et au nord de Pujaut, peu consolidés, offrent à la fois un potentiel important d'infiltration et de mise en suspension par les rares cours qui les traversent.

Les failles, représentées en noir sur les cartes géologiques simplifiées, correspondent à des fractures affectant les couches géologiques et sujettes à d'éventuels déplacements. Leur jeu peut en certaines régions influencer très fortement le tracé des rivières et la forme des bassins versant, ce qui influe finalement sur les mécanismes de formation des crues. Le peu de corrélation existant sur le bassin versant de l'Arnavé et de la Camargue gardoise entre le tracé des rivières et celui des failles indique que ces dernières n'ont pas influencé l'évolution des cours d'eau. La partie sud du Gard Rhodanien montre pour sa part une direction préférentielle NE-SW clairement mise en valeur par l'alignement des anciens lacs de Rochefort et de Pujaut, alignement qui se reflète aussi dans l'allongement du bassin versant correspondant.

### 2.3.3 La Camargue Gardoise



La majeure partie des bassins versants des Costières est constituée d'un substrat parfois nommé « formation détritique des Costières » mais aussi connu sous le terme de « cailloutis villafranchien.

Cette accumulation épaisse de plus de 10 mètres en moyenne, forme une roche cohérente composée de galets liées par une matrice argileuse et limoneuse. Ces

sédiments ont été mis en place dans un contexte fluvial lors des dernières périodes glaciaires. Les galets, fortement émoussés, proviennent, selon l'endroit, des hautes vallées du Rhône, de la Durance ou du Drac. Leur nature est variable, avec une forte dominance de quartz et de calcaires. Les terres rouges sont caractéristiques de l'altération de cette formation. Elles s'accumulent parfois sur plus de 5 mètres d'épaisseur et de par leur caractère plus meuble, constituent le gros des matériaux mobilisés lors des crues. Sous l'effet des phénomènes chimiques de dissolution et précipitation du calcaire par les eaux météoriques au cours de leur infiltration, un horizon calcifié, résistant et imperméable, apparaît fréquemment au sein des terres rouges à quelques décimètres de profondeur.

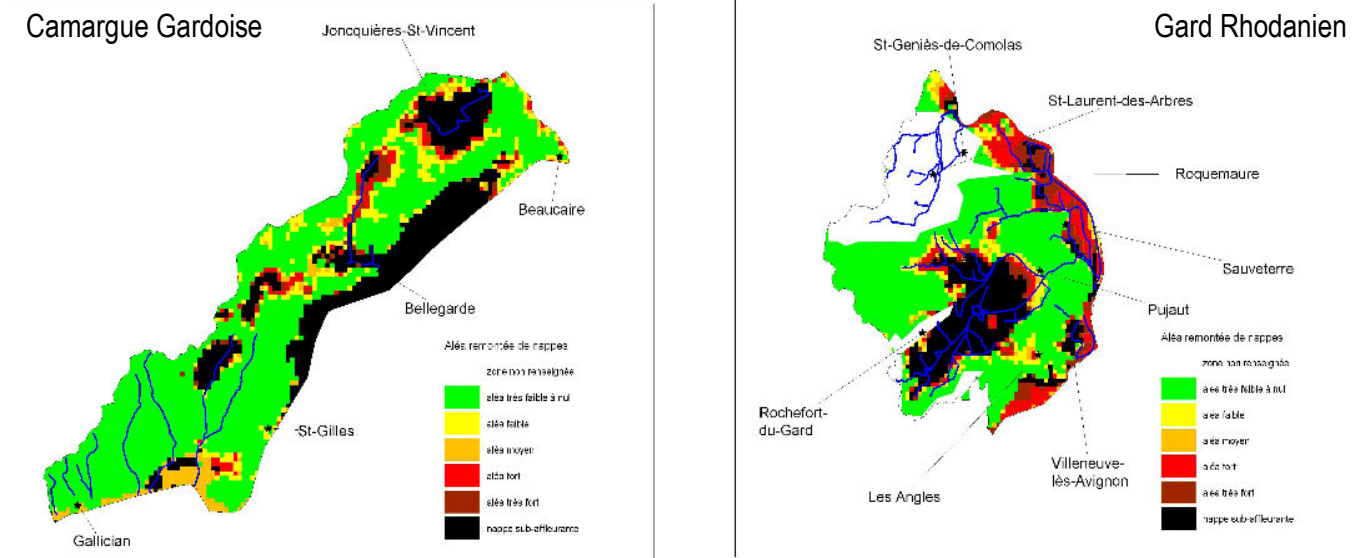
Les formations détritiques des Costières sont recouvertes par endroit d'une couche généralement inférieure à un mètre d'épaisseur de matériaux loessiques, c'est-à-dire issus d'un contexte d'érosion / dépôt éolien. Ces sédiments perméables, ocres, fins et non cohérents, parfois altérés, déposés par lentilles, constituent aussi une réserve de matériaux mobilisable par ruissèlement lors des orages.

Quelques dépressions d'origines karstiques au sein de la formation des Costières (Jonquières-Saint-Vincent par exemple) sont remplies par des limons gris clairs et des argiles issues du colluvionnement des terrains adjacents. Ces matériaux plus fins peuvent eux faire obstacle à l'infiltration et accueillir des nappes phréatiques de faible profondeur. On retrouvera au paragraphe suivant ces dépressions en « aléa fort » ou « nappe alluviale sub-affleurante » au sein de la cartographie des zones inondables par remontées de nappes du BRGM.

Entre le plateau des Costières et la plaine camarguaise, le pied d'escarpement est masqué par une zone continue de colluvions issues de la décomposition du versant (éboulis, glissements de terrains et reptation). Galets et fragments rocheux s'y sont déposés au sein d'une matrice limoneuse sur plusieurs mètres d'épaisseur.

### 2.3.4 La problématique des remontées de nappes.

Les épaisses couches sédimentaires de la plaine alluviale du Rhône accueillent une nappe phréatique conséquente. Le niveau de celle-ci est particulièrement élevé. En effet, les retenues d'eau des barrages hydroélectriques gérés par la Compagnie Nationale du Rhône constituent des surfaces libres d'eau, artificiellement surélevée par rapport à la plaine, qui maintiennent une pression interstitielle élevée au sein de la nappe. Les contre canaux installés le long des digues ont entre autres rôles, celui de rabattre le niveau de la nappe phréatique. En cas



d'insuffisance de ceux-ci, on assiste aux phénomènes d'inondation par remontée de nappe.

Les inondations par remontées de nappes, si elles concernent potentiellement l'ensemble du lit majeur du Rhône, ne se limitent pas pour autant à cette zone. Les cartographies présentées ci-dessous sont issues de l'analyse de ce risque effectuée et mise à disposition en tant que donnée publique par le BRGM.

On constate que les zones dépressionnaires (Pujaut, Tras-le-Puy, Joncquières), sont susceptibles de produire ce type d'inondation dont la dynamique est faible et ne marque pas le paysage, mais dont les durées de submersion sont importantes et occasionnent de ce fait des dégâts et pertes économiques (bâti, cultures...). Notons que les zones en blanc, ainsi que le bassin versant de l'Arnavé ne sont pas renseignées par cette étude. On constate enfin que les zones dépressionnaires remblayées des bassins versants de la Camargue Gardoise, présentées plus loin dans ce chapitre, sont aussi sujette aux inondations par remontées de nappes phréatiques.

### 2.3.5 Synthèse géologique et géomorphologique

La région d'étude offre les caractéristiques suivantes:

- En amont des cours d'eau, prédominent les terrains calcaires et gréseux, fortement perméables, et potentiellement affectés de phénomènes karstiques tels que pertes et résurgences. Les pertes peuvent concerner une partie ou l'ensemble du débit d'un cours d'eau. Les résurgences peuvent être permanentes (sources habituelles) ou n'intervenir qu'en cas de saturation du réseau karstique, lors d'évènements exceptionnels. Relativement pentues, ce sont des zones de ruissèlement et d'érosion, où les eaux se chargent en matières solides.
- En aval, des terrains de plus faible granulométrie dominant, (limons, et argiles). S'y intercalent de couches perméables et imperméables, propices à la formation de remontées de nappes. De par leur horizontalité, ce sont des zones de dépôt des sédiments.
- Quelques dépressions fermées tapissées de matériaux peu perméables jouent, en cas de fort évènement pluvieux, le rôle de bassin de rétention des eaux. L'évacuation y est lente. Les eaux claires sortant de ces pièges à sédiments sont susceptibles d'éroder en aval et être source de phénomènes importants d'érosions et de divagations.

## 2.4 CONTEXTE CLIMATIQUE ET REGIMES HYDROLOGIQUES

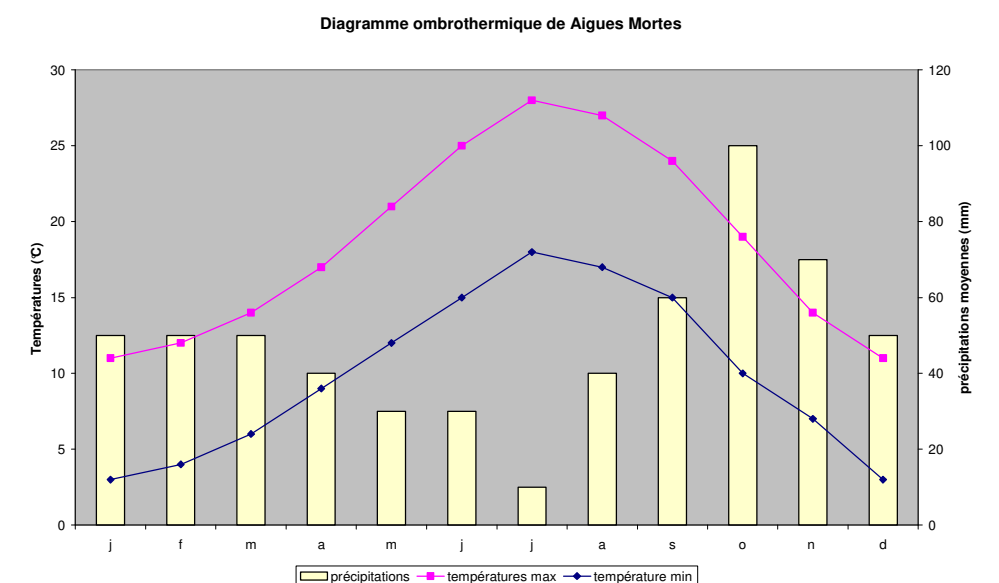
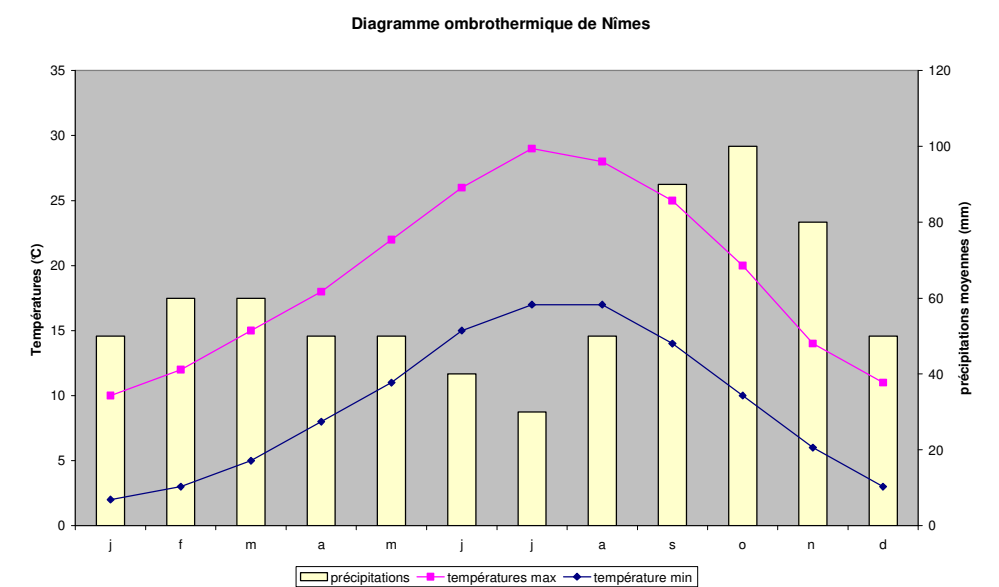
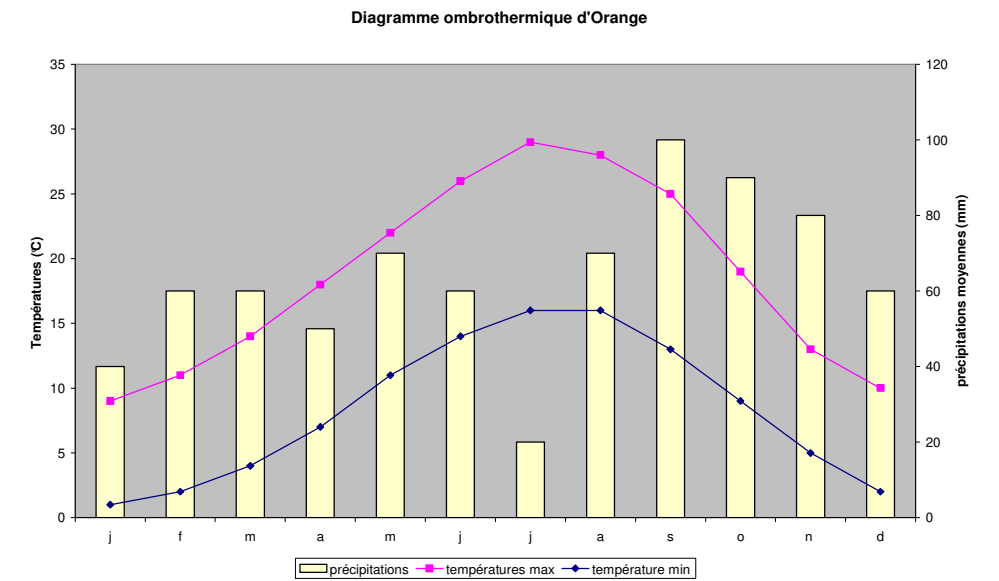
Le climat régnant au sein de la zone d'étude est d'influence principale méditerranéenne.

Les trois diagrammes ombrothermiques ci-contre d'Orange, de Nîmes et d'Aigues Mortes permettent de suivre du nord au sud la variation du climat au sein de la zone d'étude.

Le bassin de l'Arnavé, proche d'Orange, présente une répartition des précipitations sur l'année marquée par un mois de juillet très sec, caractéristique du climat méditerranéen, et un automne, légèrement plus arrosée que les autres saisons. Les températures minimales avoisinent les zéro degrés Celsius en janvier. Au fur et à mesure que

l'on descend vers le sud, l'influence méditerranéenne s'intensifie. Le cumul annuel des pluies diminue, mais le maximum automnale ne réduit que très peu, accentuant la variation saisonnière des précipitations.

Les températures varient peu d'une zone d'étude à l'autre. Les minimums s'adoucissent toutefois alors qu'on se rapproche de la méditerranée. Un trait caractéristique de la vallée du Rhône est l'importance des jours ventés. Le mistral y souffle près d'un jour sur trois en moyenne.

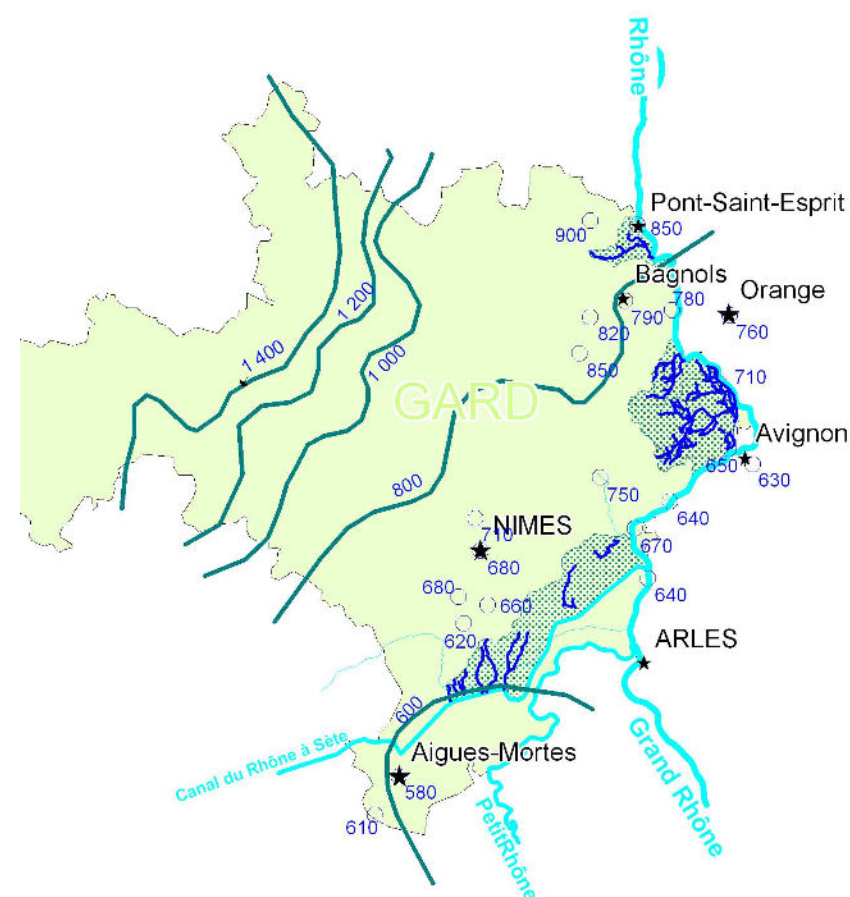




La carte ci-contre présente les pluviosités annuelles moyennes sur la zone d'étude.

On y retrouve la réduction du nord au sud des lames d'eau précipitées. L'Arnavé, avec 850 mm/an reste toutefois bien peu arrosée en comparaison avec les hauteurs du département du Gard, situées plus à l'ouest.

Les variations pluviométriques inter-annuelles peuvent être très importantes, avec des années marquées par des périodes de sécheresse exceptionnelle ou au contraire des automnes et des hivers extrêmement pluvieux. L'intensité des averses et la très grande irrégularité des précipitations d'une année à l'autre sont en effet un autre trait propre à la région. Les régimes des cours d'eau sont donc contrastés. (H2Geau février 2006).



Précipitations moyennes annuelles dans l'est du département du Gard ( La météo de la France, J. Kessler, A. Chambaud, 86)

Le phénomène qui est à l'origine des fortes précipitations est celui qui produit les événements cévenols, un peu plus hauts sur les contreforts du Massif Central. Il s'agit de la concomitance de deux flux d'air, l'un provenant de la méditerranée, chaud et chargé en humidité, l'autre provenant du nord, froid, passant au dessus du premier. Le gradient thermique important résultant du chevauchement de ces masses déclenche de très fortes pluies, d'autant plus étendues dans le temps que la masse d'air méditerranéenne reste bloquée contre les reliefs cévenols et vivarois. A titre d'exemple, il peut tomber en 24h dans le Gard des hauteurs d'eau supérieures à 260 mm, soit le tiers des précipitations annuelles, comme ce fut le cas le 12 octobre 1990.

Si ces pluviométries sont exceptionnelles sur une même station du fait de leur limitation dans l'espace, en revanche, si l'on considère une zone de 15 à 20 km de rayon, leur période de retour est de l'ordre de 20 ans. Une analyse de la pluviométrie journalière (tableau 3) montre que ces événements pluvieux extrêmes sont beaucoup plus fréquents pendant les mois de septembre-octobre (42 % des pluviométries journalières maximales annuelles) (SIEE, 1994), entraînant des débits de crue conséquents. A titre d'ordre de grandeur, le tableau suivant présente les lames d'eau calculées par SIEE selon les différentes périodes de retour à Pont-Saint Esprit.

Pluies en 24 heures		Pluies en 48 heures		
Stations de mesures	P10 (en mm)	P100 (en mm)	P10 (en mm)	P100 (en mm)
Pont-Saint-Esprit	113	169	146	223

Tableau 3 - Pluies journalières décennales et centennales (Source : SIEE, 1994)

L'évènement du 8 et 9 septembre 2002 est un exemple d'évènement pluvieux exceptionnel sur la zone d'étude. Le tableau suivant présente les cumuls des pluies aux différentes stations pour 3, 6, 12 et 24 heures consécutives.

Situation	Pluie totale (mm)	Pluie max en 24h (mm)	Pluie max en 3h (mm)	Pluie max en 6h (mm)	Pluie max en 12h (mm)
Rochefort du Gard	310	280	117	176	179
Pujaut	315	276	111	161	178
Saint-Geniès-de-Comolas	422	400	170	264	289

Source : CALAMAR in BRLi 2007

L'analyse de ces précipitations (BRLi 2007) indique qu'un évènement tel que celui-ci est centenal sur 24h, c'est-à-dire qu'une pluie similaire aux 24 heures les plus pluvieuses de l'évènement de 2002 à pour une année donnée, une chance sur 100 de se produire. Sur 6h, l'évènement est vicennale (chaque année une chance sur 20 de se produire), et pour 3 heures cet évènement est décennal.

Les débits calculés pour différents cours d'eau correspondant aux crues décennales et centennales sont présentées dans le tableau ci-dessous (compilations de données in BRLi 2007)

Cours d'eau	Surface du Bassin Versant (km2)	débit décennal (m3/s)	débit spécifique décennal (m3/s/km2)	débit centennal (m3/s)	débit spécifique centennal (m3/s/km2)
Nizon		80		275	
Galet		30		60	
Nizon + Galet	34	110	3.24	335	9.85
Ruisseau des Islons au Canal de Roquemaure	12	47	3.92		
Vallat de Croze		4.6		17	
Truel en aval de l'ouvrage SNCF		28		125	
Truel + Four		36		133	
Malaven à la confluence avec les Fontaines		134		279	
Jolivet et Vallat blanc à leur confluence		165		355	
Système Pujaut Rochefort	80	299	3.74	634	7.93

Lorsque la surface du bassin versant est connue, le calcul des débits spécifiques permet d'obtenir une image du volume d'eau fourni par ruissèlement chaque seconde par un kilomètre carré du bassin versant.

Notons que les importants débits issus du système Pujaut Rochefort sont évacués par un seul exutoire, la roubine de Truel, tunnel dont le dimensionnement limite son débit à 8 m3/s. D'importantes accumulations se produisent donc en amont de cette roubine, au sein des anciens étangs de Rochefort et Pujaut.



## 2.5 OCCUPATION DU SOL

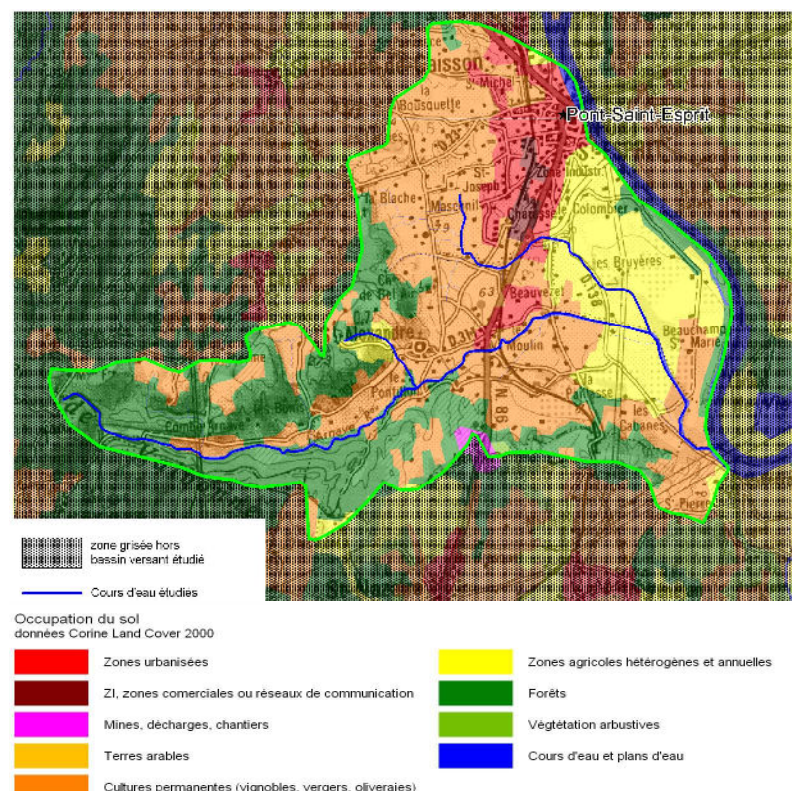
Les cartes présentées dans ce chapitre sont issues de l'analyse et du regroupement de données publiques fournies par le programme européen Corine Land Cover. Les regroupements effectués et les couleurs utilisées visent à fournir un aperçu global des capacités d'interception, d'infiltration d'évapotranspiration et de fourniture sédimentaire liées à l'occupation du sol.

On retrouvera dans les tons verts les forêts et parcelles de végétation arbustives dont les capacités d'interception sont importantes et dont les sols, bien que de faible épaisseur, fixés par le couvert végétal, sont peu sensibles à l'érosion. Sur les régions basses des plateaux calcaires et des coteaux gardois, la forêt de chênes verts et de chênes pubescents cède fréquemment la place à des formations végétales plus ou moins dégradées : c'est le domaine de la garrigue, avec sa végétation de chênes kermès, de cistes, de lavandes et de romarins.

Les tons jaunes regroupent les espaces de cultures annuelles variables, aux capacités d'interception moindres, et qui offrent en général des conditions favorables aux phénomènes d'érosion par ruissèlement.

En orange, les terres cultivées, labourées ou désherbées (cultures maraichères) présentent des terres à nu susceptibles d'être ravinées et emportées par le ruissèlement. L'interception est faible et la formation d'horizons tassés par les labours et passages de machines agricoles réduit les capacités naturelles d'infiltration des sols. Lors d'une crue, la proportion d'eau ruisselée par rapport à la lame d'eau précipitée est donc importante, comme le sont les dégâts par ravinement au sein de la parcelle et la charge en matériaux solides des eaux sortantes qui rejoignent les cours d'eau.

Enfin, les tons rouges et violet concernent les zones urbaines où le bitume des chaussées et les toits des maisons imperméables ne permettent aucune infiltration ni interception et où la lame précipitée est donc entièrement disponible sous forme de ruissèlement peu chargé en matières solides mes caractérisés par des vitesses élevées.



période humide. L'infiltration en cas de crue est donc limitée, et s'interrompt une fois les couches superficielles saturées. La surface est ensuite submergée et s'y déroule le dépôt de sédiments fins au sein d'eau stagnantes.

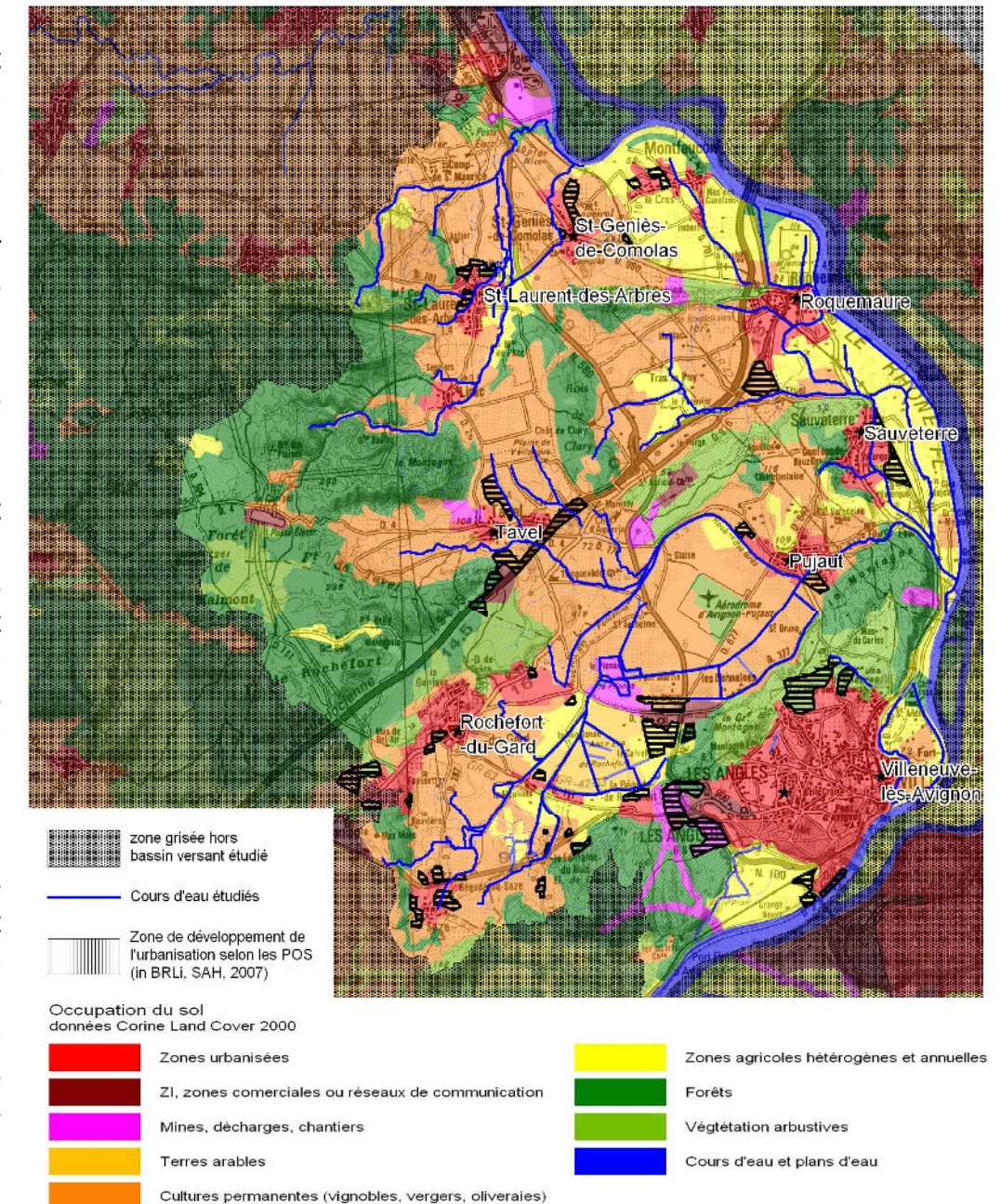
### 2.5.2 Le Gard Rhodanien

Les bassins versants du Gard Rhodanien offrent de façon générale une configuration similaire à celle du bassin de l'Arnave. Cependant, il est important d'insister sur quelques particularités.

Au sein des dépressions fermées de Pujaut, Rochefort et Tras-Le-Puy, les cultures annuelles et pérennes dominent. Cependant, leurs apports sédimentaires sont négligeables en cas de crue puisque ces zones où la dynamique est faible fonctionnent en pièges à sédiments.

La région de Villeneuve-lès-Avignon est fortement urbanisée. Son réseau de drainage peu développé, non permanent se développait sur les sables et grès molassiques fortement perméables.

Sur cette carte apparaissent de plus les zones de développement urbain futurs ou actuels compilés au sein des plans d'occupation des sols (BRLi, 2007). On note que l'imperméabilisation des sols se poursuivra sous l'effet de la pression foncière liée à la proximité de la ville d'Avignon. Les enjeux en cours d'installation correspondent à des logements et à des zones d'activité économiques.



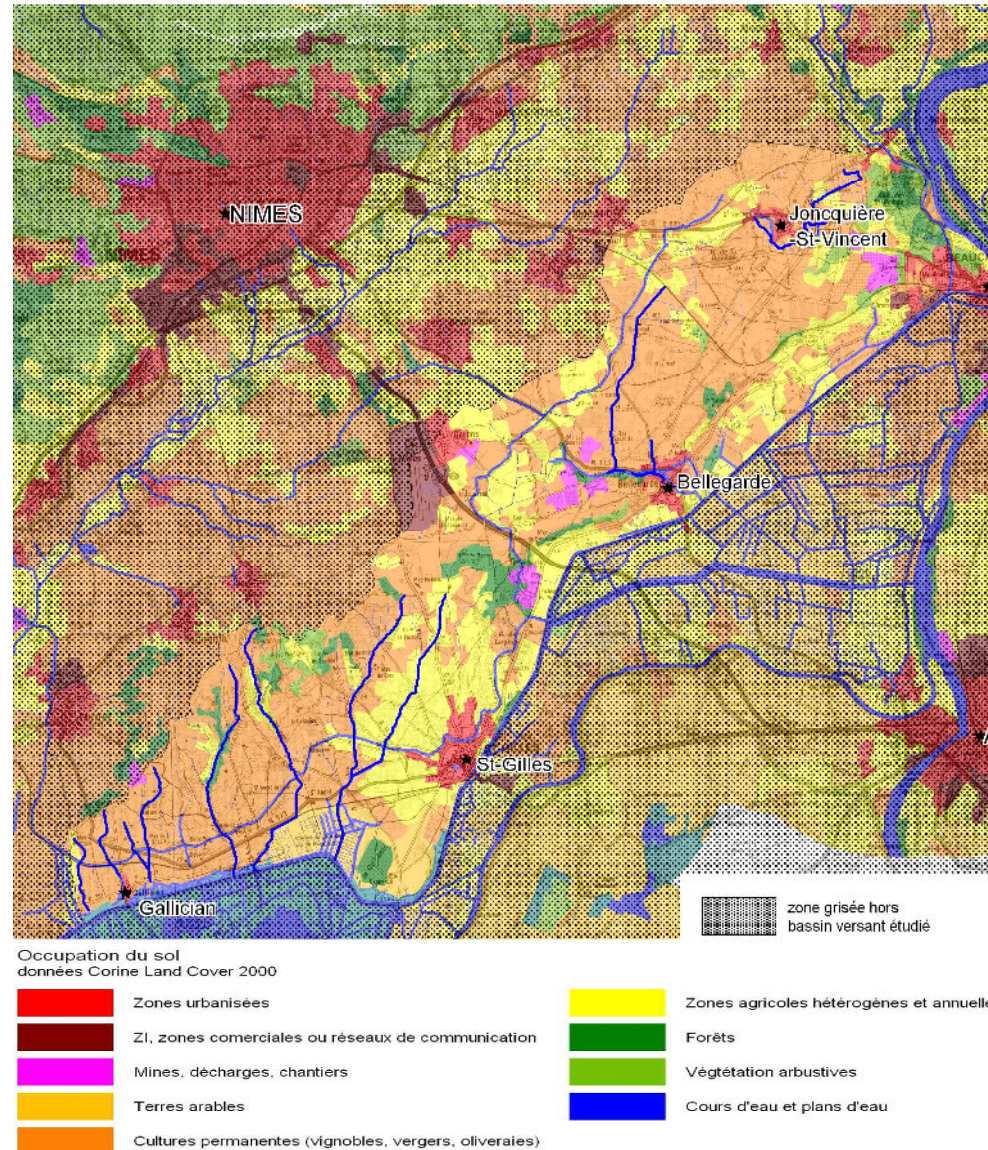


### 2.5.3 La Camargue Gardoise

Au sein de cette région, les zones boisées sont très peu développées. Les parties urbanisées sont elle aussi faiblement représentées. Cultures maraichères et prairies représentent plus de 80 % du territoire.

L'analyse géologique menée ci-avant soulignait la faible épaisseur des sols et la forte proportion de matériaux fins et peu cohérents directement disponibles pour la recharge sédimentaire des eaux, ainsi que l'existence d'horizons calcaires indurés au sein des paléosols, réduisant la perméabilité de ceux-ci.

Les conditions sont donc ici réunies pour que les ruissèlements soient fortement chargés en sédiments et sources de nombreux dégâts par ravinement ou par dépôts.



### SYNTHESE

La zone d'étude, relativement peu arrosée en période estivale, est soumise à de violentes précipitations exceptionnelles, notamment en automne. Le réseau hydrographique est très fortement perturbé par les aménagements humains. Seules de courtes portions amont de cours d'eau sont encore à l'état naturel, le reste ayant fait l'objet de rectifications de type agricoles, urbaines ou même régionales comme le sont les ouvrages de la CNR. L'occupation des sols voit de petites zones amont, protégées par un couvert végétal alors que la majorité des bassins versants est exploité par l'homme selon des modes facilitant les phénomènes d'érosion, transport et dépôts et compliquant l'infiltration, l'évapotranspiration et l'interception.

Les données géologiques soulignent quant à elles l'importance des sédiments non consolidés facilement mobilisables lors des crues mais aussi la forte prédominance des substrats calcaires, au sein desquelles se développent des réseaux karstiques pouvant, suivant leur taux de saturation, améliorer ou empirer la situation en

cas de crue. Certaines zones singulières de dépressions fermées drainées artificiellement sont fortement inondables mais constituent de véritables bassins naturels de rétention retardant les pics et étalant les hydrogrammes de crue en aval.

## 3 DONNEES HISTORIQUES

La réalisation d'un Atlas des Zones Inondables passe nécessairement par la recherche des informations historiques, plus ou moins anciennes, et qui doivent conduire à :

- améliorer la connaissance des phénomènes à l'origine du risque,
- faire ressortir la mémoire du risque,

Pour ce faire plusieurs démarches ont été menées :

1. Enquêtes auprès des archives départementales du Gard,
2. Analyse des études déjà réalisées sur le secteur et fournies par les Directions Départementales de l'Équipement et la Direction Régionale de l'Environnement concernées.
3. Enquête auprès des communes,

### 3.1 LES ARCHIVES DEPARTEMENTALES

Les fonds des Archives Départementales du Gard ont été analysés afin de repérer les événements principaux. Les recherches aux archives départementales ont porté sur :

- la série S qui rassemble toute la documentation du service hydraulique de la préfecture,
- la série M qui rassemble toutes les données relatives à la population, et notamment les déclarations de pertes dues aux calamités naturelles,
- les journaux régionaux
- les études universitaires et monographies thématiques.

Les séries S et M sont constituées de documents de tous types : rapports et compte-rendu des ingénieurs ordinaires et ingénieurs en chef, documents administratifs, correspondance officielle des ingénieurs, préfets, sous-préfets, maires et particuliers, avis de notaires ou avocats, délibérations des communautés et des syndicats, plans...

#### Considérations pratiques et précautions d'usage

Face aux informations livrées par les archives, il est d'usage d'émettre certaines réserves. La première concerne la qualité des renseignements, la perception des événements ayant évolué au cours de l'histoire, et des exagérations étant toujours possibles (surtout dans les courriers de propriétaires sinistrés) lorsque des subventions sont en jeu. Cependant d'une manière générale, la précision des rapports des services publics permet d'accréditer la plupart des informations retenues.

Afin de faciliter les recherches futures sur ce thème, ou de permettre aux personnes intéressées de consulter les documents sources de la chronologie présentée plus loin, le tableau ci-contre regroupe l'ensemble des documents consultés aux archives départementales du Gard dans le cadre de cette étude.

<b>Archives départementales du Gard, Nîmes, liste des documents consultés</b>		
Série	Cote	Sujet traité
Série S	Ponts et Chaussées	
	1S10	Carte hydraulique du département du Gard, 1861, Mercier de Maurrière, 1/20 000eme
	2S33	Avaries causées par les inondations, rapports et états, 1888-1901
	2S220	crues 1897
	3S13	crue 1840 à 1935
	7S409	Roquemaure, réparation de canaux
	7S559	diverses plaintes, 1875-1927
	7S572	observations hydrométriques 1929-1939
	7S574	Etat des lieux hydraulique du département 1901-1924
	7S587	travaux de défense et de réparation des avaries causées par les inondations 1903-1936
Série 1M	Calamités	
	1M1134	Crues de 1888-1889
	1M1144	Inondation de 1890
	1M1150	Orages et inondations de 1891, circulaires et arrêtés, état des crues, procès verbaux du comité de secours, souscriptions, registres de déclarations de pertes
	1M1157	Intempéries de 1897, états des pertes, répartition des crédits
	1M1178	dommages occasionnés par es orages de 1903 à 1917
	1M1183	dégats des inondations et du cyclone de 1905
	1M1193	Inondations de 1907 Situation des eaux, rapport de l'ingénieur des ponts et chaussées, 1907, 1908
	1M1213	Inondation de 1909, montée des eaux, dégâts aux routes, concours de la troupe
	1M1216	Rapport des sous-préfets sur la situation de leur arrondissement suite aux inondations de 1910
	1M1237	Orages des 24 et 25 juin 1915, rapport des sous-préfets
	1M1239	Orages et inondations de 1917 à 1919
	1M1242	
	Série 35 J	travaux universitaires
35J116		Evolution des exploitations agricoles du Gard Rhodanien
35J135		Mutation rurale du Gard Rhodanien du XVIIeme siècle au XIXeme siecle
Journaux	JR3266	Midi Libre automne 1963
	JR33118	Midi Libre automne 82
	PERC15, 1995	inondations en Camargue, 17 p, Bulletin de la Société Languedocienne de géographique (1995, premier trimestre)
	PERC64(1983)	assèchement étang de Rochefort (22 aout 1604), Pujaut : 1611)
	PERC10 (1979)	Bulletin de l'assoc d'histoire et d'archéologie de St Gilles

### 3.2 ETUDES EXISTANTES

Les études existantes sur la zone concernée (cf bibliographie) ont été exploitées et ont fourni quelques-unes des informations relatives aux inondations historiques.

### 3.3 ENQUETE AUPRES DES COMMUNES

Un questionnaire a été envoyé à l'attention de chacun des maires des communes concernées par cet atlas en début d'étude. L'objectif de celui-ci est de :

- récupérer le plus de renseignements possibles sur les crues passées (repères de crues, photographies, cartes postales...)
- identifier des éventuelles personnes ressources (riverains, historiens locaux...)
- récupérer les connaissances locales en matière de ruissèlements, , résurgences et pertes pouvant affecter le territoire communal.

Le tableau de droite présente les communes concernées par cette enquête. Plusieurs phases de rappels ont été nécessaires afin d'obtenir les retours de 25 des 28 communes listées (imprimées en gras dans le tableau ci-contre).

<b>LES ANGLÉS</b>
<b>BEAUCAIRE</b>
<b>BEAUVOISIN</b>
<b>BELLEGARDE</b>
<b>CARSAN</b>
<b>COMPS</b>
<b>GARONS</b>
<b>GENERAC</b>
<b>JONQUIERES-SAINT-VINCENT</b>
<b>LAUDUN</b>
<b>LIRAC</b>
<b>MANDUEL</b>
<b>MONTFAUCON</b>
<b>PONT-SAINT-ESPRIT</b>
PUJAUT
<b>ROCHFORD-DU-GARD</b>
ROQUEMAURE
<b>SAINT-ALEXANDRE</b>
SAINT-GENIES-DE-COMOLAS
<b>SAINT-GILLES</b>
<b>SAINT-LAURENT-DES-ARBRES</b>
<b>SAINT-VICTOR-LA-COSTE</b>
<b>SAUVETERRE</b>
<b>SAZE</b>
<b>TAVEL</b>
<b>VAUVERT</b>
<b>VEJAN</b>
<b>VILLENEUVE-LES-AVIGNON</b>



Chronologie des crues historiques connues du bassin de l'Arnavé, du Gard Rhodanien et de la Camargue Gardoise					
Jour	Année	Mention	Cours d'eau concernés	Lieux-dits, communes	Source
	1606	Inondation par les eaux de ruissèlement venues de Saze de l'ancien étang de Rochefort, partiellement asséché depuis seulement 2 ans (assèchement total après 1608). La communauté obtient 900 livres de dédommagement.	Etang de Rochefort	Rochefort du Gard	Archives départementales du Gard, BH 1300, 1996, p32
	1788	Inondation du quartiers de St Gilles par la Garonne (ruisseau intermittent venant du nord de St Gilles (du plateau de Garon) : "Les eaux passèrent en si grande quantité dans le dit faubourg qu'elles inondèrent toutes les maisons et causèrent des dommages considérables, plusieurs habitants avaient six pans d'eau dans leur maison et si les dites eaux étaient venues dans la nuit, ils auraient couru le risque d'être noyés dans leur lit". (un pan = une palme = 22 à 24 cm d'eau),	La Garonne	Saint Gilles	Archives départementales du Gard, PERC 10, 1979, Bulletin de l'Association d'histoire et d'Archéologie de St Gilles
22 septembre	1841	Les jardins du rivet et de la Basse ville ont été inondés (25cm d'eau tombés en 3 heures), le lit du ruisseau (le Fossé) est comblé par un mètres de sédiments.	La Garonne, Le Fossé	Saint Gilles	
31 décembre	1897	Pluies importantes (84 mm d'eau en une demi-journée selon les ponts et chaussées) causant la submersion des champs et chemins dans la commune de Beaucaire, les voies d'accès aux champs, construites en remblais sur les fossés d'évacuation des eaux sont mis en cause par le Maire. Les ingénieurs du service hydraulique des ponts et chaussées préconisent que les remblais présentent des débouchés libres de 80 cm par 80 cm et que les fossés soient reliés aux roubines. Des débordements et inondations affectent aussi des ruisseaux dans les cantons de Nîmes et d'Alès	Roubines de Beaucaire	Beaucaire	Archives départementales du Gard, 7S559, 1M1157
24 et 28 septembre	1905	Les crues provoquent la rupture des digues de l'Arnavé Les terres d'Alexandre Louis, cultivateur de luzerne, sont recouvertes de graviers et de sables sur environ 180 mètres de long, de nombreuses plaintes d'habitants de St Alexandre et Pont Saint Esprit, font état de destructions liées aux crues. Des chemins communaux et routes sont aussi affectés.	Arnavé	Saint Alexandre, Pont Saint Esprit	Archives départementales du Gard, 1M1183
	1917	Orages importants, les Inondations affectent la commune de Comps	(pas de précision sur les cours d'eau concernés)	Comps	Archives départementales du Gard, 1M1239
29 septembre	1920	Exceptionnelle tornade gonflant le lit de la Garonnette	La Garonnette	Saint Gilles	BRLi, 2004, Etude diagnostique et schéma directeur d'aménagement pluvial de la Garonnette à St Gilles
22 et 23 septembre	1924	L'ouvrage SNCF de franchissement sur la rivière de Galet (pont d'Aigalet) à St-Geniès-de-Comolas est emporté, on assiste au déraillement d'une locomotive (3 victimes), plusieurs voies de la gare de l'Ardoise sont emportées, le lit de la rivière a subi une nette modification, il y aurait eu 1m d'eau au niveau du carrefour de la RN 580 et de la RD 26. On assiste à l'écroulement d'une remise à Pujaut. On constate également du ravinement endommageant les routes et de l'érosion par ruissèlement en milieu rural dans les autres communes citées.	ruisseau des Galets, Nizon, Roubine des Grès	Roquemaure, Villeneuve-lès-Avignon, Laudun, Pujaut, Saint-Geniès-de-Comolas, St-laurent-des-Arbres, Sauveterre, Tavel	BRLi, 1994, Schéma pour l'aménagement des eaux de ruissèlement, cantons de Roquemaure et Villeneuve les Avignon, CG30, DDAF 30, BRLi 2007, Schéma d'aménagement hydraulique des bassins versants du Gard Rhodanien, CG30, DDAF 30. BRL ingénierie, (janvier 2004), Etude hydraulique et schéma directeur de protection contre les crues des lieux habités, crues du ruisseau du Galet, Septembre 2002.  Davy (1990), Pardé (1927,1934)
30 septembre au 4 octobre	1958	Débordements généralisé des cours d'eau dans le Gard suite à de fortes précipitations. On compte 35 morts dans le Gard.	Nizon, Galet, entre autres	Saint Geniès-de-Comolas et autres	<a href="http://www.prim.net/professionnel/documentation/evenementsdommageables_2006/EveNatDom2006.pdf">http://www.prim.net/professionnel/documentation/evenementsdommageables_2006/EveNatDom2006.pdf</a> BRLi octobre 2004, crue dur ruisseau de Galet

Chronologie des crues historiques connues du bassin de l'Arnavé, du Gard Rhodanien et de la Camargue Gardoise					
Date	Année	Mention	Cours d'eau concernés	Lieux-dits, communes	Source
Date non connue	1963	Gard Rhodanien	(pas de précision sur les cours d'eau concernés)	(pas de précision sur les communes concernés)	H2Geau février 2006, Atlas des zones inondables du bassin de la Cèze
13 octobre	1973	Déferlement de la Garonne dans la ville de Saint-Gilles Evènement comparable à celui de 1999 sur Bellegarde	La Garonne, le Rieu	Saint Gilles, Bellegarde	BRLi, Etude diagnostique et schéma directeur d'aménagement pluvial de St Gilles.  BRLi, Définition d'actions pour la protection et la prévention des inondations du Rieu de Bellegarde, Diagnostic et Schéma d'aménagement, 2001
Non précisé	1977	Lus importante crue ayant eu lieu sur Bellegarde, selon la mairie	Rieu	Bellegarde	Ginger, 2009, Enquête auprès des communes, Atlas des Zones Inondables du Gard Rhodanien et de la Camargue Gardoise,
Juillet	1981	Crue du Nizon à Lirac, dégâts sur des habitations en construction au niveau de la partie basse du lotissement Valdenafret	Nizon	Lirac	Ginger, 2009, Enquête auprès des communes, Atlas des Zones Inondables du Gard Rhodanien et de la Camargue Gardoise,
Date non connue	1982	Gard Rhodanien	(pas de précision sur les cours d'eau concernés)	(pas de précision sur les communes concernés)	H2Geau février 2006, Atlas des zones inondables du bassin de la Cèze
26 aout	1986	Ravinement sur la voirie et inondation d'habitations jusqu'à 30 centimètres	Ruissèlements	Les Angles	Déclarations de catastrophes naturelles liées aux inondations, in BRLi (2007)
24-27 Aout	1987	Evènement décennal selon cette source, avec 104 mm à Roquemaure en un jour, dégâts importants par ruissèlement sur la voirie des Angles, jusqu'à un mètre d'eau dans les habitations. 140 habitations furent inondées à Saze, les terrains de tennis furent couverts de boue.	Ruissèlements	Pujaut, Roquemaure, Villeneuve-lès-Avignon, Montfaucon, St Geniès, Les Angles, Saze	BRLi, 1994, Schéma pour l'aménagement des eaux de ruissèlement, CG30, DDAF 30, BRLi 2007, Schéma d'aménagement hydraulique des bassins versants du Gard Rhodanien, CG30, DDAF 30.
30-31 Juillet	1991	Zone orageuse localisée sur les secteurs d'Orange, Camaret, Chateauneuf-du-Pape, Roquemaure (200mm en 6h) et Pujaut (195 mm en 6h). Ravinement sur la voirie et inondation de certaines habitations aux Angles (160mm en 3h). 1 à 1.5 m d'eau au niveau du passage de la route de la Valu sous l'autoroute A9 dans le secteur de Tras-le-Puy.	Ruissèlements	Rochefort du Gard, Roquemaure, Pujaut, Orange, Camaret, Chateauneuf-du-Pape, Villeneuve-lès-Avignon, Sauveterre, Saze, Tavel, Saint-Laurent-des-Arbres, les Angles	BRLi, 1994, Schéma pour l'aménagement des eaux de ruissèlement, CG30, DDAF 32  SIEE, 2000, Etude hydraulique d'aménagement pour l'évacuation des eaux pluviales de la plaine de Roquemaure dans le secteur de Tras le Puy
22-25 septembre	1993	Crue mentionné sans aucun descriptif	(pas de précision sur les cours d'eau ou secteurs concernés)	Saint-Geniès-de-Comolas	
Septembre	1997	Garages du lotissement Valdenafret inondés	Nizon	Lirac	Ginger, 2009, Enquête auprès des communes, Atlas des Zones Inondables du Gard Rhodanien et de la Camargue Gardoise,
27 au 28 mai	1998	Inondations affectant le Gard Rhodanien	(pas de précision sur les cours d'eau ou secteurs concernés)	Gard Rhodanien	H2Geau, février 2006, Déclaration des catastrophes naturelles,
20 et 21 octobre	1999	Orage intense localisé sur le secteur de Saint-Gilles-Bellegarde atteignant selon la DDE du Gard, citée par la source, une intensité horaire centennale. Pour Saint-Gilles, une inondation s'est produite par mise en charge depuis l'aval du réseau souterrain, le canal du Rhône à Sète se trouvant lors de l'évènement en « hautes eaux ». Les observateurs soulignent la présence de matériaux graveleux et d'embâcles végétales ainsi que les hauteurs d'eau et vitesses élevées (plus d'un mètre d'eau au niveau du carrefour entre le chemin de Bouillargues et l'avenue du 19 mars 1962). Plus en aval, la Chicanette, la Cité Gai Soleil et le Camping ont été inondés, les hauteurs d'eau atteignaient 50cm. Précipitations maximum : 171 mm, intensité maximale 200mm/h durant 12 mn. La période de retour de cette crue est estimée à 15 ans à Bellegarde	Garonne, ruissèlements	Saint-Gilles, Bellegarde	BRLi, Etude diagnostique et schéma directeur d'aménagement pluvial  BRLi, Définition d'actions pour la protection et la prévention des inondations du Rieu de Bellegarde, Diagnostic et Schéma d'aménagement, 2001

Chronologie des crues historiques connues du bassin de l'Arnavé, du Gard Rhodanien et de la Camargue Gardoise					
Date	Année	Mention	Cours d'eau concernés	Lieux-dits, communes	Source
8 au 10 septembre	2002	crue du Rhône concomitante à celle des affluents, précipitations importantes causant des dégâts sur les infrastructures et des inondations d'habitation sur l'ensemble des communes du Gard-Rhodanien. Les ruissèlements provoquent de forts dégâts en dehors du réseau hydrographique. La catastrophe a causé 23 morts dont 22 dans le Gard. (voir paragraphe ci-dessous).	Nizon, Galet, Malaven,	Rochefort du Gard, Roquemaure, Pujaut, Villeneuve-lès-Avignon, Sauveterre, Saze, Tavel, Lirac, Montfaucon, Les Angles	H2Geau février 2006, BRLi octobre 2004, <a href="http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/crués_gard.pdf">http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/crués_gard.pdf</a> <a href="http://www.languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr/meteocdrom/cartes_pluviometriques/cartepluv.htm">http://www.languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr/meteocdrom/cartes_pluviometriques/cartepluv.htm</a>
1 au 4 décembre	2003	Un épisode orageux cause des dégâts, principalement sur les chantiers de reconstruction des ouvrages détruits durant la crue de 2002,	Galet, (pas de précision sur les autres cours d'eau), Nizon	Rochefort du Gard, Roquemaure, Villeneuve-lès-Avignon, Sauveterre, Saint-Laurent des Arbres	BRLi 2007, Schéma d'aménagement hydraulique des bassins versants du Gard Rhodanien, CG30, DDAF 30. Ginger, 2009, Enquête auprès des communes, Atlas des Zones Inondables du Gard Rhodanien et de la Camargue Gardoise, <a href="http://www.prim.net/professionnel/documentation/evenementsdommageables_2004/end2004_03evenfranc2004_hd.pdf">http://www.prim.net/professionnel/documentation/evenementsdommageables_2004/end2004_03evenfranc2004_hd.pdf</a>
17 au 18 août	2004	Une ligne orageuse stationnaire se forme suivant un axe Nîmes-Orange pour une durée de trois à quatre heures. 169 mm à Tavel, 164 mm à Roquemaure, 167 mm à Remoulins. Les garages du lotissement Valdenafret à Lirac sont inondés.	Ruissellement et débordements de Roubine, débordement du Nizon	Pujaut, Rochefort, Roquemaure, St-Geniès, St-Laurent, Sauveterre, Saze, Tavel, Villeneuve-lès-Avignon, Lirac (16 communes reconnues en état de catastrophe naturelle)	Ginger, 2009, Enquête auprès des communes, Atlas des Zones Inondables du Gard Rhodanien et de la Camargue Gardoise, <a href="http://sertit.u-strasbg.fr/documents/gard_09_2005/gard_092005_fr.html">http://sertit.u-strasbg.fr/documents/gard_09_2005/gard_092005_fr.html</a>
8 au 11 septembre	2005	2 évènements orageux successifs espacés de deux jours affectent le sud du Gard et l'Hérault. 86 communes sont touchées dans le Gard, les dégâts sont estimés à 26,6 millions d'euros. A proximité de la zone d'étude de cet atlas, le Vistre est fortement affecté par cette crue.	Ruisseau de l'Agau, Valat des Crottes, Valadas de Sainte-Colombe, Valadas, Crosse	Franquevaux, Cougourlier, Gallician	<a href="http://www.ecologie.gouv.fr/Les-inondations-dans-le-Gard-et-l.html">http://www.ecologie.gouv.fr/Les-inondations-dans-le-Gard-et-l.html</a>
3 juillet	2008	Inondation par ruissèlements et coulées de boues sur le Rieuprimen, Etat de catastrophe naturelle déclaré à Pont Saint Esprit,	Rieuprimen	Pont-St-Esprit	<a href="http://www.legifrance.gouv.fr">http://www.legifrance.gouv.fr</a>
11 septembre	2008	Inondation par ruissèlements et coulées de boues sur le Rieuprimen, Etat de catastrophe naturelle déclaré pour les communes citées ci-après, ravinements sur les terrains agricoles, quelques habitations inondées à Lirac. On dénombre 57 déclarations de sinistres pour la seule commune de Tavel.	Nizon, Galet, autres roubines et cours d'eau non précisés	Lirac, Montfaucon, Roquemaure, Saint-Geniès-de-Comolas, Saint-Laurent-des-Arbres, Tavel, Rochefort du Gard	<a href="http://www.legifrance.gouv.fr">http://www.legifrance.gouv.fr</a> Ginger, 2009, Enquête auprès des communes, Atlas des Zones Inondables du Gard Rhodanien et de la Camargue Gardoise,
20-22 octobre	2008	Cet épisode cévenol est remonté de l'Hérault jusqu'au nord de Lyon, présentant d'importantes pointes d'intensité (72 mm en une heure) et un cumul maximum de 470 mm en 24 heures, au niveau de la Grand-Combe, dans le département du Gard. Dans le Gard Rhodanien, de nombreuses routes ont été coupées par les phénomènes d'érosion ou de dépôts liés aux ruissèlements. Les dégâts estimés sur la ville de Tavel s'élèvent à 200 000 Euros, en plus des murs, clotures et voiries endommagées, 30 maisons furent affectées par les ruissèlements	Cours d'eau non précisés	Communes non précisées (arrêté de catastrophes naturelles non publié au 20 février 2009)	<a href="http://www.actus.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/IMG/File/BSHnovembre08_bilan.pdf">http://www.actus.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/IMG/File/BSHnovembre08_bilan.pdf</a>

### 3.4 L'ÉVÈNEMENT DE SEPTEMBRE 2002.

L'évènement pluvieux des 8 et 9 septembre 2002 compte parmi les plus violents mesurés dans la région Languedoc-Roussillon. Les deux tiers du département du Gard ont reçu plus de 300 mm d'eau en 48h. Il dépasse en intensité celui de 1958 qui servait jusque là de référence sur le département du Gard. Il est caractérisé d'une part par des cumuls ponctuels en 24h atteignant jusque 687 mm, et d'autre part par une large surface touchée : 150 km<sup>2</sup> ont reçu plus de 600 mm d'eau au cours de l'évènement, et il est tombé au moins 400 mm d'eau sur une surface de 1800 km<sup>2</sup>. La période de retour d'une précipitation ponctuelle d'intensité supérieure à 690 mm en 24h est estimée à 40 ans dans le rapport de retour d'expérience des crues de septembre 2002 dans le Sud Est commandé par la ministre de l'écologie et du développement durable au service de l'inspection générale de l'environnement. La période de retour d'une précipitation d'aussi large

**étendue géographique** est supérieure à 40 ans. Cependant sur les bassins versants qui nous concernent, qui sont de petite taille, l'étendue géographique des pluies n'influe pas sur l'importance des crues générées. On retiendra donc 40 ans comme période de retour de l'évènement pluvieux des 8 et 9 septembre 2002 sur les cours d'eau décrits dans cet atlas.

Notons que les précipitations d'intensité maximales se sont abattues sur des reliefs de 200 à 300 m d'altitude, ce qui différencie l'évènement de 2002 des évènements cévenols, connus pour leurs précipitations très intenses, mais affectant principalement l'ouest du département, à des altitudes supérieures (1000 m et plus).

Deux épisodes orageux se sont succédé au cours des 8 et 9 septembre. Le premier, le 8 septembre de 10h à 23h s'est concentré sur une ligne allant de Sommières à Orange et a donc fortement affecté le Gard Rhodanien. Le second a pris place le 9 septembre 2002 de minuit à 13h. Il était décalé vers le Nord-Ouest par rapport au premier, et a donc affecté moins fortement que la veille le Gard Rhodanien. Il s'est en revanche étendu jusqu'à l'aval des Gorges de l'Ardèche, et les bassins versants de l'Arnavé et du Rieuprime.

Les dégâts liés à cette évènement sont importants. 22 personnes ont trouvé la mort dans le département du Gard. 9 d'entre elles étaient des personnes âgées retrouvées noyées dans leurs habitations. 5 autres personnes étaient en train de conduire, et 5 autres ont été piégées au sein de terrains de campings. Enfin, 2 personnes sont mortes à la suite de prise de risques non justifiés. A Tavel, une cuve de 50 m<sup>3</sup> est emportée par les eaux et parcourt un trajet de plus de 500m au cours duquel elle détruit une maison d'habitation. Un hôtel, « le pont du Roy » subi de fort dommages et devra être relocalisé. A Montfaucon, 60 habitations furent immergées pendant plus de 48h. A Sauveterre, plusieurs murs furent arrachés, des maisons inondées et leurs habitants déplacés. Les fortes précipitations causèrent en outre des glissements de terrain. Les dommages aux infrastructures et à l'habitat se chiffrent à 1.2 milliards d'Euros dont 87,2 % dans le département du Gard.

### **3.5 COMMENTAIRES RELATIFS AUX DONNEES HISTORIQUES RECUEILLIES**

Dans le tableau présenté ci-dessus, on retrouve les principales crues connues depuis le XV<sup>ème</sup> siècle et les informations disponibles concernant notre zone d'étude (nombre de victimes, éléments descriptifs de la crue et dégâts occasionnés). Comme toute autre analyse chronologique, notons que les périodes proches sont inévitablement plus précisément renseignées que les périodes anciennes. Ceci est dû aux pertes d'information au fil du temps, au perfectionnement des techniques de surveillances et de mesure et au développement des infrastructures qui conduit à l'accroissement des enjeux touchés par les inondations.

L'existence de 28 crues a été déduite de l'analyse des études pré-existantes, des documents d'archives départementales et autres recherches. 16 d'entre elles se situent sur les bassins versants du Gard Rhodanien, 9 sur la Camargue Gardoise et 2 sur les bassins de l'Arnavé et du Rieuprime. Cette répartition reflète les surfaces respectives des différentes sous-régions citées, ainsi que l'importance des enjeux représentés mais n'indique aucunement une fréquence différente des phénomènes selon les sites.

Le nombre global d'évènements recensés est relativement. on doit en effet tenir compte de deux facteurs compliquant la collecte de données : d'une part la petite taille des cours d'eau étudiés réduit d'autant le nombre de riverain ayant pu consigner et transmettre l'information sur les crues passées, et d'autre part par la prédominance, dans les archives de descriptifs des inondations liées aux grands cours d'eau situés à proximité, tels que le Rhône, l'Ardèche, la Cèze et le Gardon, qui de par l'ampleur des conséquences de leurs crues, ont relégué au second plan l'histoire des petits affluents.

On notera enfin que les deux tiers des crues ont eu lieu au cours des mois de septembre et octobre. Plus d'un quart des crues concernait juillet et août, et seule une crue de printemps et une crue d'hiver ont été consignées ici. Ces données ne sont pas exhaustives et pourraient être complétées par des recherches plus poussées au niveau de chaque commune.

Les données historiques de localisation suffisamment précise ont été reportées sous forme de points d'informations historiques sur les cartographies présentées dans l'Atlas. Les limites de la crue de 2002 font l'objet d'une cartographie des zones inondées, principalement sur les ruisseaux du Nizon et du Galet, effectuée par le bureau d'étude ISL en juillet 2003 et intégrée au présent atlas. En certains rares points, la limite de la crue de 2002 est contestable. Il a toutefois été décidé de conserver la limite sur les cartes pour information. L'extension de la crue de 2003 du Rhône est aussi disponible sur certaines zones.



## 4 ANALYSE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE ET HISTORIQUE

La synthèse de l'analyse historique, des recherches bibliographiques et de l'analyse hydro-géomorphologique aboutit à la représentation informative des zones inondables sous formes de cartes au 1 : 10 000<sup>ème</sup> sur fond orthophotographique et au 1 : 25 000<sup>ème</sup> sur fond des cartes topographiques de l'IGN.

Afin d'appuyer le lecteur dans l'analyse de ces dernières, les commentaires présentés dans ce chapitre s'appliquent à souligner, pour chaque tronçon homogène de cours d'eau, les principales caractéristiques révélées par ce travail ou utiles à son bon entendement.

Au préalable, il convient d'insister sur le fait que toute cartographie est indissociable de son fond de plan et de son échelle de création et de validation. Un soin important a été porté aux étapes de cartographie et de digitalisation afin de restituer sur la carte finale le maximum des informations lisibles à l'échelle d'impression. Ces limites ne peuvent être agrandies ou transposées sur un autre fond de plan sans risquer de transformer l'information présentée.

Certaines zones à enjeux faisant l'objet d'une cartographie au 1 : 10 000<sup>ème</sup> doivent être analysées en priorité sur le fond ortho-photographique, lequel a servi à leur création. Les limites du 1 : 10 000<sup>ème</sup> ont été reportées sur les cartes au 1 : 25 000<sup>ème</sup> dans le seul but d'offrir à cette échelle une vision globale et ininterrompue de la cartographie des zones inondables.

Dans une logique d'étude du Nord vers le Sud, ce chapitre décrira dans un premier temps la cartographie réalisée sur l'Arnavé et le Rieuprimen, puis celle qui concerne les cours d'eau du Gard Rhodanien avant de terminer avec la Camargue gardoise.

### 4.1 LE BASSIN DE L'ARNAVE

#### 4.1.1 Introduction.

L'Arnavé et son affluent, le Rieuprimen, sont les deux principaux cours d'eau drainant ce bassin qui seront décrit séparément ci-après. Dans leur partie aval, au sein de la plaine alluviale du Rhône où ils confluent, ces deux ruisseaux présentent des caractéristiques très similaires. Leur cours est rectifié et recalibré, rectiligne au sein de fossés en V de profondeur croissante (de l'ordre de 1 à 2.5 mètres) directement bordés par des terres planes et cultivées (vignes et vergers principalement). En revanche, leurs parties amont diffèrent fortement. Le premier, relativement pentu, naît et s'écoule au sein d'un massif calcaire au relief marqué et aux flancs couverts de forêts denses. Le fond de vallée présente des talus nets séparant les différents lits et terrasses. Le second prend naissance à basse altitude au sein de formations peu pentues (terrasses et colluvions de plateau). Son lit, rectifié, n'a que faiblement incisé son substrat. Les structures nettes sont rares.

#### 4.1.2 L'Arnavé

- Atlas cartographique, planches 1 au 1/25 000<sup>ème</sup>, zoom 1 au 1/10 000<sup>ème</sup>.

L'Arnavé, depuis ses sources au sein de la forêt de Valbonne jusqu'au Mas Rivas, coule au fond d'une étroite vallée en V couverte de bois. Les pentes importantes et le sol peu consolidé permettent au cours d'eau de mobiliser sables et limons à chaque pluie soutenue. Ces matériaux se déposent en aval lorsque le ruisseau entre au sein d'une vallée en auge d'environ 150 mètres de large, orienté d'ouest en est ou débutent les champs viticoles. Cette

vallée voit s'enfoncer petit à petit le cours d'eau au sein de terrasses graveleuses. Les abords du ruisseau, fortement végétalisés, sont au droit de la combe Bonnaud, séparées des terrasses par des talus nets, de plus d'un mètre de haut.

En aval de cette confluence la vallée de l'Arnavé devient plus étroite. Ce confinement coïncidant avec l'apparition d'éboulis et de glissements en provenance du flanc sud, allié à l'augmentation de la pente longitudinale, entraîne l'accélération du courant et l'apparition en aval d'un lit moyen différencié. Le ruisseau continue de s'enfoncer par rapport aux terrasses jusqu'à Saint Alexandre et le franchissement de la route départementale n°86. Quelques habitations en fond de vallée sont construites en profil mixte (déblais/remblai) entre lits majeur et lit moyen du cours



*Dans la zone d'expansion des crues du Rhône, l'Arnavé et le Rieuprimen sont recalibrés sous forme de fossés fortement colonisés par la végétation hydrophile*

les Granettes). L'Arnavé a érodé la partie haute du talus et construit au droit de la dénivellation restante un cône de déjection peu marqué, de plus de 200 mètres de rayon. Depuis le haut de ce cône jusqu'à la confluence, le lit mineur est rectifié de façon linéaire le long d'un fossé.

Après la base du cône de déjection située avant le franchissement de la D138, la pente de l'Arnavé devient quasiment nulle. Le fossé creusé au sein du lit majeur du Rhône parcourt 400 mètres vers l'Est, recueille les eaux du Rieuprimen et s'incline vers le sud pour rejoindre le Rhône 1.5 kilomètres plus loin.



*L'Arnavé au lieu dit Mas Cousit, enrochée en amont d'un ouvrage de faible dimension*

d'eau. Il s'agit notamment des lieux dits Mas Cousit, la Fabrique et le Vieux Moulin. A partir de ce dernier, la vallée de l'Arnavé s'élargit nettement. La pente s'adoucit encore et reste régulière sur un kilomètre avant d'atteindre les limites du champ d'expansion des crues du Rhône, au sud du lieu dit Boussargues. Le long de ce tronçon, le lit majeur, plus large et plan, est limité par des talus marqués, et occupé par des cultures (vignes et maïs). Sur les deux rives, on distingue quelques bâtiments construits à la limite entre lit majeur et lit exceptionnel.

Enfin, l'Arnavé atteint le lit majeur du fleuve Rhône. Les limites de ce derniers sont nettement marquées par un talus en pente moyenne à douce, d'une hauteur partout supérieure à 5 mètres et atteignant parfois 15 mètres (ex.

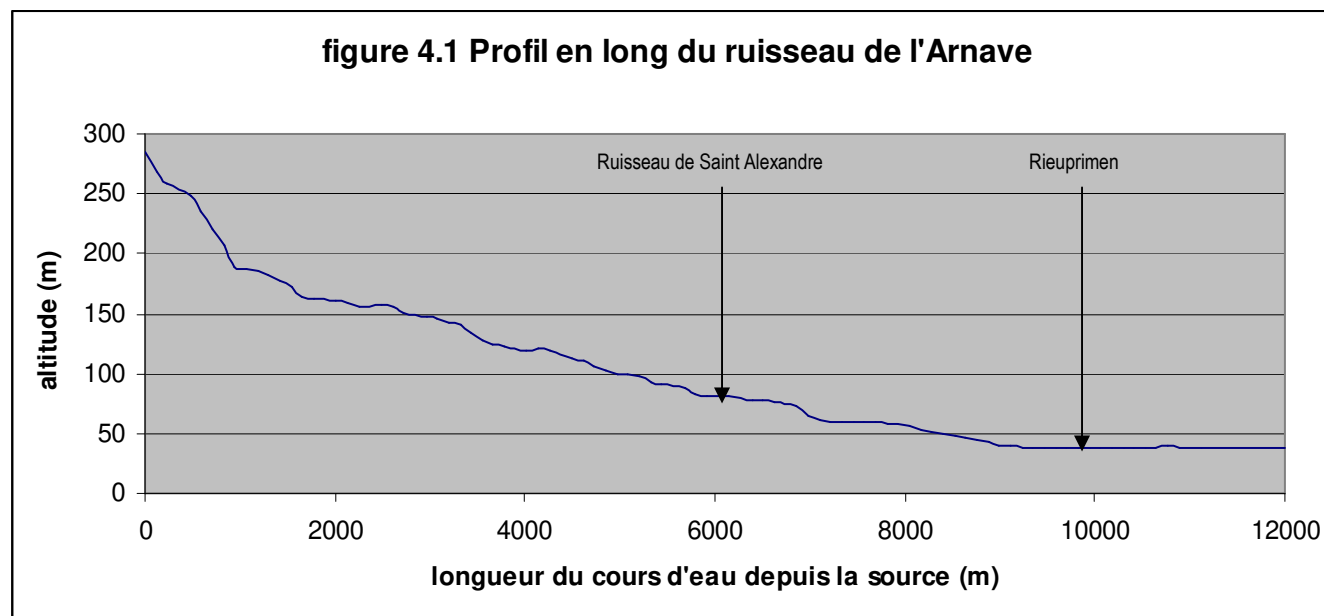


*L'Arnavé à sa confluence avec le Rhône*



Au sein du lit majeur du Rhône, la partie hachurée entourant largement le lit mineur de l'Arnavé et du Rieuprimen correspond aux zones **prioritairement** affectées par les débordements lors de crues des affluents du Rhône. Notons que l'ensemble du lit majeur du Rhône représenté sur la carte est atteignable par les eaux du Rhône ainsi que par celles des affluents ou du contre-canal en cas de crue rare à exceptionnelle sur les bassins versants étudiés dans le présent atlas. La partie hachurée, déterminée par l'analyse des éléments géomorphologiques couplée à l'observation des contraintes aux écoulements provenant des infrastructures anthropiques, fournit une information indicative concernant les zones qui seraient affectées le plus fréquemment ou le plus rapidement en cas d'intenses précipitations sur les bassins versants des affluents.

Le profil en long présenté en figure 4.1 met en évidence les différents tronçons constitutifs de l'Arnavé décrits ci-dessus. On notera, en amont, sur le premier kilomètre, la partie pentue au sein de la forêt boisée ; jusqu'au kilomètre 7 les pentes moyennes caractéristiques de la partie allant du Mas Rivas au vieux Moulin ; du kilomètre 7 au kilomètre 8, l'arrivée sur le plateau colluviale et du kilomètre 8 à la confluence, la descente le long du cône de déjection et la traversée de la plaine d'inondation du Rhône.

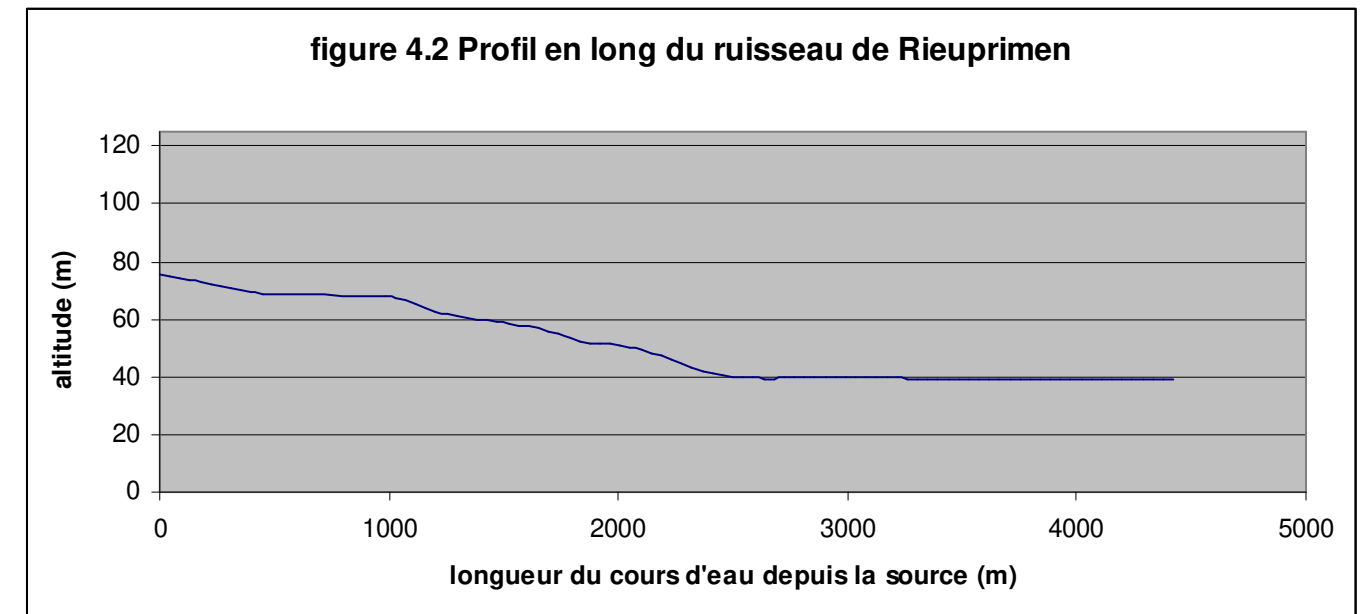


#### 4.1.3 Le Rieuprimen

- Atlas cartographique, planches 1 au 1/25 000<sup>ème</sup>, zoom 1 au 1/10 000<sup>ème</sup>.

Le profil en long suivant représentant l'altitude du lit du Rieuprimen en fonction de sa distance à la source illustre les différences entre ce ruisseau et l'Arnavé. Afin de pouvoir comparer les pentes, les proportions entre les abscisses et les ordonnées ont été conservées. On note que le Rieuprimen, plus court que l'Arnavé, est aussi marqué par des pentes plus faibles dès ses sources. Il est intéressant d'observer que les parties aval des deux ruisseaux se ressemblent fortement. En effet, le Rieuprimen pénètre lui aussi par le biais d'une pente régulière au sein du champ d'expansion des crues du Rhône.

Les sources du Rieuprimen se situent au niveau du Lieu dit Grande Grange, sur la commune de Pont-Saint-Espirit. Les eaux résurgentes en ce point proviennent de systèmes phréatiques alimentés par les reliefs situés au nord, de la Mirandolle et de Bellevue. Le long du premier kilomètre, le cours d'eau rectifié sous forme de fossé fortement



colonisé par les roseaux, recevra de nombreux apports, principalement depuis la rive droite par le biais de fossés traversant les exploitations viticoles et récoltant en amont les ruissèlements et sources issus des massifs de la Blache et du Pas des juifs. Au cours de son trajet du Nord vers le Sud depuis la Grande Grange jusqu'à la ferme des Buis, le Rieuprimen d'abord simple fossé gagne donc en importance et s'enfoncé progressivement au sein des colluvions facilement mobilisables au sein desquels il coule. Le lit moyen se différencie et est à partir de la Tontine délimité par des talus nets. Le lit majeur est en revanche moins clairement marqué.

En aval de la ferme des Buis, le Rieuprimen bifurque vers l'Est et voit sa pente augmenter. La plaine d'inondation est limitée par des talus de plus en plus marqués. En amont direct de la voie ferrée les champs situés sur les deux rives au-delà de ces talus pourraient toutefois être inondés en cas d'embâcle au niveau du franchissement SNCF où lors d'inondations exceptionnelles.

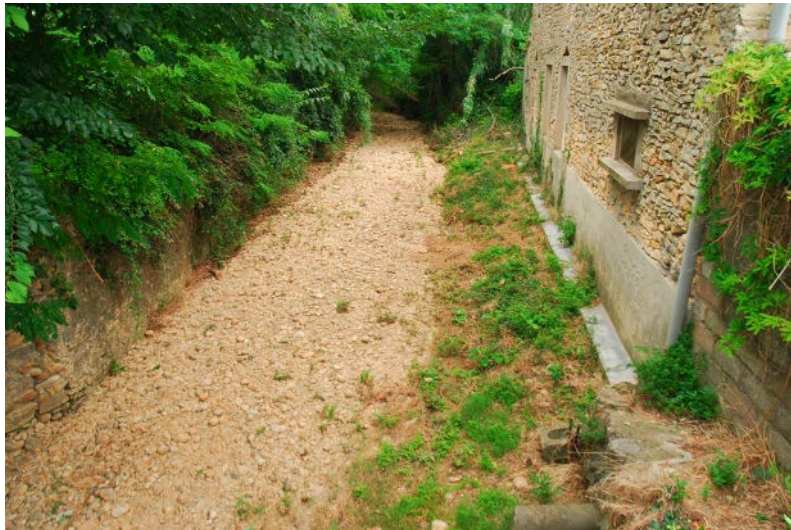
A partir du franchissement de la N 86, le cours du Rieuprimen est fortement modifié par le développement urbain de la partie sud de Pont-Saint-Espirit. Ainsi, la construction récente de la D994d, de déviation du trafic autour du centre de Pont-Saint-Espirit, a entraîné le détournement du cours du Rieuprimen le long d'un chenal plus court, profond et pentu dépourvu d'obstacle



Le Rieuprimen au lieu dit la Cornue, lors de la crue de 2002, l'eau atteignait le pied de la porte bleue (sources ; riverains).



Le chenal construit pour dévier le Rieuprimen, au sud du contournement de Pont Saint-Espirit



Habitation en lit moyen du Rieuprimen. Notez l'importante granulométrie des dépôts apportés au cours de la crue de 2002

et de zone d'expansion. Les vitesses importantes des écoulements à prévoir en sortie du chenal impliquent une augmentation de la menace pour les zones situées en aval. Heureusement, la dite zone n'accueille actuellement aucune habitation.

En amont de l'entrée du chenal, plusieurs habitations se situent en lit moyen et majeur sur la rive droite. Elles furent inondées au cours de la crue de 2002, et leurs occupants ont matérialisé par une marque de peinture la hauteur d'eau (30 cm environ) atteinte au rez de chaussée.

Derrière ces maisons, une profonde carrière pourrait si le niveau est suffisant pour l'atteindre, jouer le rôle d'ouvrage de rétention et de stockage d'une partie du volume d'eau écoulé.

En sortie du chenal, le Rieuprimen entre sur la plaine d'inondation du Rhône et a déjà atteint une altitude similaire à celle de sa confluence avec l'Arnavé, qu'il atteindra moins de 2 kilomètres plus loin, le long de fossés rectilignes de faible section. En cas de débordement de ceux-ci, l'écoulement serait dans un premier temps guidé par les talus routiers et naturels au sein de la zone d'inondation prioritaire matérialisée par des hachures sur les cartes présentées dans cet atlas.

## 4.2 LE GARD RHODANIEN

### 4.2.1 Introduction,

Ce deuxième ensemble de bassins versant étudié comprend les affluents rive droite du Rhône compris entre la Cèze, au nord et le Gardon au sud, c'est-à-dire confluent avec le fleuve entre Laudun L'Ardoise et les Angles. Ces secteurs situés à proximité d'Avignon connaissent un développement démographique et infrastructurel soutenu et accueillent une activité agricole importante et prospère (viticulture des côtes du Rhône). La région accueille de plus d'importantes infrastructures de transport telles que la ligne SNCF à grande vitesse, l'aéroport d'Avignon-Pujaut et l'autoroute A9.

Comme présenté au cours du chapitre 2, page 11 de cet Atlas, les bassins versants dits « du Gard Rhodanien » étudiés au sein de cet atlas des zones inondables concentrent de nombreux cours d'eau d'importance variable, qui peuvent être répartis au sein de 4 sous ensembles, ou systèmes. Leur découpage initialement proposé au sein du schéma d'aménagement hydraulique des bassins versants du Gard Rhodanien (BRL Ingénierie, mai 2007) voient fréquemment regroupés au sein du même système plusieurs ruisseaux distincts mais présentant des caractéristiques similaires, ou drainant des surfaces adjacentes.

Le système **Nizon-Galet** draine la partie nord de la zone. Il présente à l'exutoire deux cours d'eau qui ont en commun le fait d'aboutir au Rhône sans traverser ses larges zones d'expansion de crues, et sans transiter par le contre canal.

Le Système **Pujaut-Rochefort** est caractérisé par sa grande taille et la présence d'anciens étangs artificiellement asséchés et drainés. Il aboutit dans la plaine d'inondation du Rhône et le contre canal en amont de l'usine CNR d'Avignon.

Entre les systèmes Nizon-Galet et Rochefort-Pujaut, plusieurs affluents de taille modeste et une large plaine d'expansion du Rhône sont regroupés sous le nom de **Système Montfaucon-Roquemaure-Sauveterre**, du nom des communes concernées.

Enfin, les écoulements prenant naissance au sud du Système Rochefort-Pujaut sont regroupés sous l'appellation de **système Les Angles - Villeneuve-lès-Avignon**.

### 4.2.2 Le système Nizon - Galet

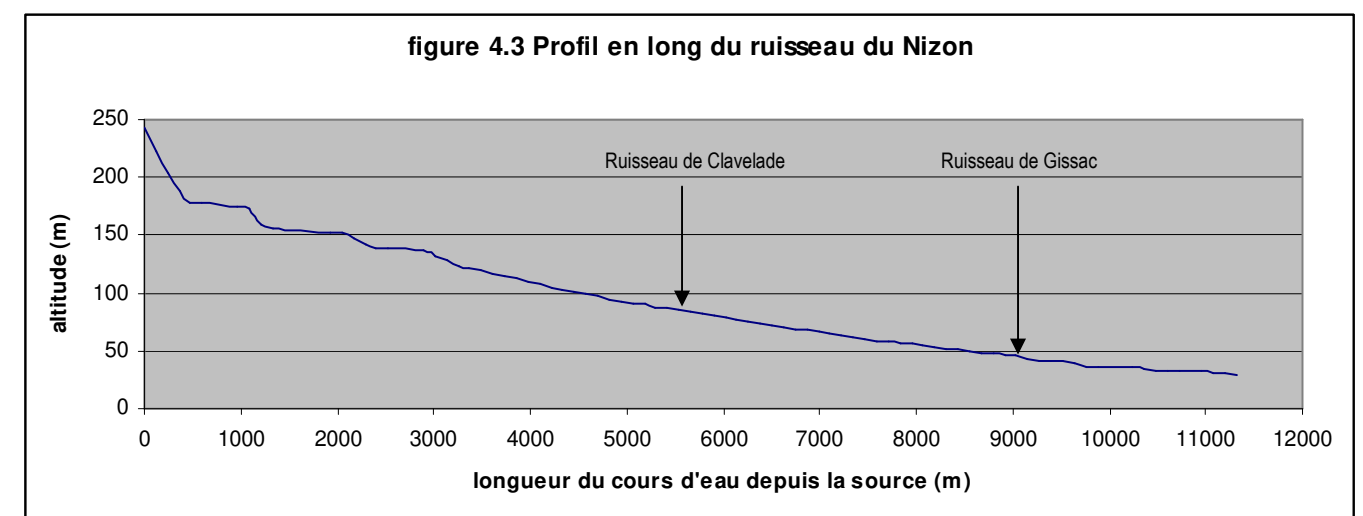
- Atlas cartographique, planches 2 au 1/25 000<sup>ème</sup>, zoom 2, 3 et 4 au 1/10 000<sup>ème</sup>.

Situés sur les communes de Laudun, Saint-Laurent-des-Arbres, Saint-Geniès-de-Comolas et Lirac, les ruisseaux du Nizon et des Galets drainent un bassin versant de 34 km<sup>2</sup> et se rejettent directement dans le Rhône. Le Nizon diffère cependant fortement du ruisseau des Galets, dont la taille, la dénivellation et le nombre d'affluents lui sont nettement inférieurs. Au cours de ce paragraphe, les deux ruisseaux seront traités séparément, bien que leur interconnexion ait été éventuellement possible lors de crues exceptionnelles avant la construction de la RD 580 qui forme maintenant une barrière supplémentaire entre les deux bassins versants à l'aval de Saint-Laurent-des-Arbres.

#### Le ruisseau de Nizon

- Atlas cartographique, planches 2 au 1/25 000<sup>ème</sup>, zoom 2 et 3 au 1/10 000<sup>ème</sup>.

Il prend sa source au niveau des collines de la Grande Montagne à une altitude d'environ 250 mètres et traverse les villages de Lirac et Saint-Laurent-des-Arbres, puis rejoint le Rhône au niveau d'un bras secondaire, en aval du barrage de Caderousse, à une altitude de 30 mètres.





L'analyse du profil en long du Nizon présenté en figure 4.3 permet de distinguer 3 tronçons de dynamique homogènes : l'amont fortement pentu sur le premier demi kilomètre, correspond aux pentes du massif calcaire dit de la grande Montagne. La partie intermédiaire, s'étendant jusqu'à l'entrée de Lirac, à 3.5 kilomètres de la source, correspond à un vallon en berceau de 50 à 100 mètres de largeur, dont la pente est marquée par de fortes discontinuités d'origine non structurale mais liées aux remblais et déblais anthropique effectués dans le cadre de l'aménagement des parcelles viticoles. Enfin, les 8 derniers kilomètres sont caractérisées par une pente longitudinale faible, légèrement supérieure à 1%, au sein d'une zone colluvionnaire au relief peu marqué ayant permis le développement de large plaines d'expansion de part et d'autre du cours d'eau.

Le Nizon reçoit au cours de ses 700 premiers mètres deux affluents importants, l'un en rive droite, puis le second en rive gauche, qui drainent les parties adjacentes, au sud et au nord de la Grande Montagne, légèrement moins élevées mais plus étendues. A l'aval de ces confluences, le Nizon draine déjà un bassin de plus de 5 km<sup>2</sup>, ce qui explique la relative largeur de sa plaine d'inondation, en auge sur laquelle sont implantées de nombreuses exploitations viticoles entre le lieu dit La Lauze et le village de Lirac. Notons que sur ce tronçon, le tracé du cours d'eau est en grande partie rectifié le long de fossés suivant les limites de parcelles et tournant à angle droit en certains points non enrochés, particulièrement exposés aux érosions de berges et débordements.



*Le double canal bétonné guidant à angle droit le Nizon à l'entrée de Lirac afin de protéger, en cas de précipitation modérées, le quartier résidentiel situé en aval*

Le franchissement de la D26 s'accompagne d'une chute hydraulique de plus d'un mètre. En aval, la pente s'affaiblit et le lit majeur s'élargit, limité de façon nette par les talus des terrasses. Le lit moyen apparaît, séparé du lit majeur par des talus, et recouvert d'une rypisylve dense rendant difficiles les écoulements en crue.

De Lirac au Moulin d'Entraigues, le Nizon coule au sein d'une plaine alluviale rectiligne, de largeur régulière supérieure à 150 mètres, caractérisée par un lit moyen peu encaissé et un lit majeur dont les extrémités latérales remontent en pente douce vers les unités encaissantes, constituées de terrasses et de colluvions indifférenciées.

A l'entrée de Lirac, l'écoulement est canalisé au sein d'un chenal bétonné de section avoisinant le mètre carré, récemment augmenté d'un second chenal parallèle de dimension équivalente. Ces infrastructures constituent une déviation du cours d'eau visant à éviter la traversée par les crues d'un lotissement résidentiel situé sur l'ancien lit mineur, en amont de la D26. Elles ne seraient probablement pas suffisantes en cas d'évènement pluvieux important.



*Le long du Nizon comme de la plupart des cours d'eau du Gard Rhodanien, les formations indifférenciées de terrasses et de colluvions accueillant vergers et vignes sont sources de matériaux solides de granulométrie variée et facilement mobilisables*

Sur ce tronçon, le Nizon reçoit un affluent en rive gauche, naissant au sud du lieu dit Clavelade, et dont le lit rectifié est un fossé ou caniveau tracé au gré des limites parcellaires, et fortement sous-dimensionné. Le modelé de ses différents lits est en de nombreux points effacé par les remaniements, aplanissements, déblais et remblais liés aux activités agricoles. Toutefois il est possible de délimiter la zone d'écoulement en cas d'évènement rare à l'exceptionnel de cet affluent, laquelle contient un grand nombre d'habitations récemment implantées. La dynamique de crue s'apparente en ces zones pentues et dépourvues de lits différenciés plus à du ruissèlement en nappe qu'à un simple débordement du cours d'eau. La charge solide peut être d'autant plus importantes que les vitesses sont fortes et l'amont constitué d'exploitations viticoles aux sols terreux à nu et jonché de galets centimétriques à décimétriques.

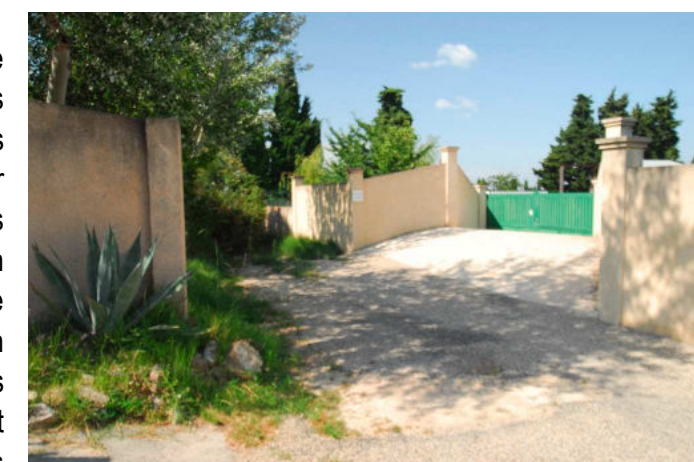
Au droit de Saint-Laurent-les-Arbres, le lit du Nizon s'élargit. En rive gauche, un bras recueille les eaux ruisselées et émergentes et se jette dans la déviation allant du Moulin Neuf à la Lauze. La zone inondée lors de la crue de 2002 dépasse en ce point les 600 mètres de largeur. Cette zone qui a fait l'objet de nombre d'investissements immobiliers au cours des dernières décennies constitue aujourd'hui l'un des principaux enjeux en zone inondable du système Nizon-Galet.

Le Nizon reçoit en aval de Saint-Laurent-les-Arbres un affluent rive gauche, le ruisseau des Maladières dont les sources principales sont situées sur le massif de la Montagnette et le Mont Cau, directement au nord de celles de l'affluent décrit au paragraphe précédent. Cet affluent traverse de larges zones colluvionnaires viticoles en amont du lieu dit les Maladières, au sein desquelles les limites externes du lit majeur sont souvent peu marquées. En dehors de celles-ci, les ruissèlements peuvent être conséquents et générer des dégâts à la suite d'orages importants, du fait de la forte charge en matière solide en suspension mobilisable le long des pentes.



*Aux sources de certains affluents du Nizon, les plateaux alluvio-colluvionnaires, légèrement inclinés, sont sujets au ruissèlement des eaux provenant des versants adjacents.*

En bordure des larges dépôts indifférenciés de terrasses et de colluvions, des vallons naissant sur les versants calcaires boisés alimentent ces ruissèlements. Il est parfois possible d'observer partiellement la morphologie des lits de ces petits affluents latéraux, cependant, la modification du terrain naturel par le développement de l'activité agricole entraîne la possible divagation des écoulements en dehors de leur vallon d'origine. De ce fait, de larges zones de ruissèlement sont cartographiées. Il est important de noter l'importance du risque qui les caractérise, du fait que les vitesses et hauteur d'eau



*En guise de protection contre les crues, un merlon devant l'entrée de la propriété permet la déviation des eaux lorsque leur hauteur n'est pas excessive*



atteintes peuvent être importantes, et que les temps de concentration sont courts.

A partir du lieu dit les Maladières, l'affluent du même nom, appelé aussi le ruisseau des Rats s'enfonce légèrement. Il est ici fortement chenalisé par des endiguements, merlons et murs, aggravant le risque d'inondation par rupture. En cas de d'insuffisance, d'embâcle ou de débordement du fossé lors d'une crue, la route longeant la vallée en rive gauche, décaissée au sein des alluvions, concentrerait une grande parties des écoulements.

La pente relativement forte permet d'y attendre de fortes vitesses. Conscient de cette menace, certains habitants récemment installés en zone inondables entre l'affluent et la route ont prévu un obstacle à l'entrée de l'eau dans leur propriété, dont l'intérêt serait limité en cas de rupture du mur voisin. Notons que ce type de mesure ne peut être généralisée sans risquer d'aggraver la situation en aval du fait de la diminution du champ d'expansion des crues qui en découle.

En rive droite, à l'aval de Saint-Laurent-les-Arbres, l'éventuelle rupture ponctuelle du talus de la RN580 lors d'une crue d'occurrence exceptionnelle (figuré lit majeur exceptionnel) rendrait envisageable le passage d'une partie de l'onde de crue du bassin du Nizon vers celui du ruisseau des Galets. L'écoulement, se dirigeant selon la ligne de plus grande pente traverserait alors la zone d'activité en cours de construction.

Le long de son trajet vers le nord, le lit moyen du Nizon se différencie clairement et s'enfonce. La zone inondable garde une largeur constante jusqu'à la confluence du principal affluent : le **ruisseau de Gissac**. Celui-ci draine environ 6 km<sup>2</sup>. Il naît au Montaigut qui culmine à 251 mètres d'altitude, au nord Est de la zone d'étude du système Nizon-Galet. Son réseau hydrographique est composé de 4 vallons orientés du Sud vers le Nord, le Gissac étant le plus occidental, bifurque vers l'est après un kilomètre et demi, et récolte successivement les eaux des 3 autres vallons. Une fois arrivés au pied des versants calcaires le long de vallées en V peu sinueuses, la pente de ces vallons diminue et leur morphologie en auge (fond plat connecté de façon progressive aux versant sans rupture franche de pente) se prolonge jusqu'à ce qu'ils se jettent dans le Gissac. Celui-ci, légèrement encaissé en amont, est dans sa partie basse inscrit au sein d'un large champ d'expansions aux frontières peu nettes, qui s'élargissent à chaque confluence.

Les modifications anthropiques de la morphologie du fond de vallée en zones cultivées sont sources de variation des trajectoires d'écoulements. En effet, une pratique agricole fréquemment appliquée au sein des larges vallons secs consiste à déblayer la partie amont d'un champ et remblayer avec ces mêmes matériaux la partie aval afin de bénéficier d'une surface horizontale plus favorable aux techniques modernes de culture. Lors de crue, l'eau débordant du cours d'eau à l'amont du champ ainsi modifié s'étale librement sur la surface horizontale jusqu'à l'extrémité du champ. De ce fait, certaines surface qui depuis l'aval paraissent fortement surélevées par rapport au lit sont en fait accessibles aux eaux s'étalant sur le champ à l'amont.

A l'aval de la confluence entre le Nizon et le Gissac, le Nizon reçoit un dernier affluent situé en rive droite. Son lit moyen s'enfonce profondément pour rejoindre le niveau des champs d'expansion du Rhône au niveau du franchissement SNCF. Enfin, le ruisseau rejoint le fleuve à moins de 500 mètres en amont de la confluence du ruisseau des Galets.

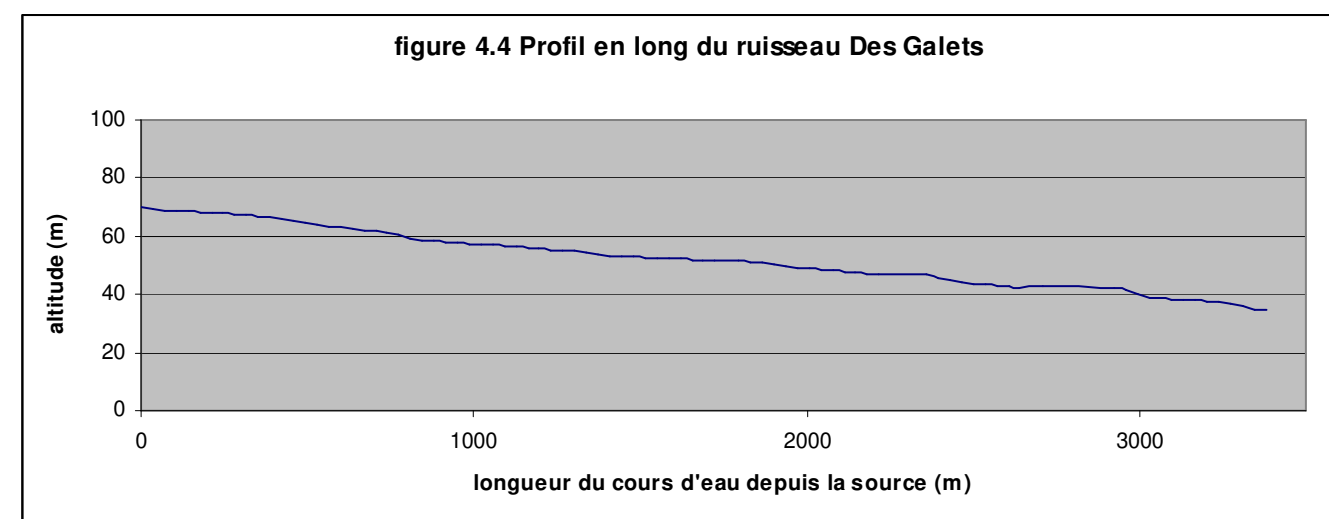
#### Le ruisseau des Galets

- Atlas cartographique, planches 2 au 1/25 000<sup>ème</sup>, zoom 4 au 1/10 000<sup>ème</sup>.

Situé à l'Est du bassin du Nizon, il draine une superficie de 3.7 km<sup>2</sup> et traverse le lieu dit Marillac, au Nord-Ouest de Saint-Geniès-de-Comolas. Ce ruisseau naît de la concentration des ruissèlements et sources au sein d'une large zone cultivée et drainée, au relief peu marqué, délimitée au nord par la D101, au sud par la montagne de Saint Geniès, à l'Est par la vierge de Comolas, et à l'ouest par la léger relief le séparant du bassin versant du Nizon et sur lequel la RN580 est construite. Les ruissèlements, plus conséquents en provenance du sud-est, ont laissé sur les photographies aériennes stéréoscopiques ayant été prises à la suite de la crue de 2002 quelques traces nettes de leur passage (érosion aréolaire, laisse de crues, imbibition des sols).

Malgré sont bassin versant réduit, le lit majeur du ruisseau des Galets à partir du franchissement de la RD 101 est relativement large en raison de l'horizontalité des terrains qu'il traverse. Le ruisseau des galets se jette directement dans le Rhône.

A l'analyse de la figure 4.4 présentant le profil en long du Ruisseau des Galet, il apparaît que la pente longitudinale du ruisseau varie très peu de l'amont à l'aval. Notons toutefois une irrégularité à 2,4 kilomètres de la source correspondant à l'augmentation locale de la pente au droit et à l'aval l'ouvrage de franchissement de D980, au niveau du lieu-dit **Marillac**. Le cours d'eau y est dévié de son talweg original, d'abord le long de la route, puis à travers un lotissement récent.



Marillac constitue la zone concentrant le plus fort risque sur le ruisseau des Galets puisque le talweg naturel et le cours d'eau dévié traversent tous deux des zones densément construite, sur une pente relativement importante, en comparaison avec le reste du profil. D'autres habitations, au sud de Marillac et à l'ouest de Saint-Geniès-de-Comolas se situent également en lit majeur, mais au sein d'un tronçon moins pentu.

Enfin, sur la carte au 1/10 000<sup>ème</sup> de Saint-Geniès-de-Comolas (planche 4 p19 de l'atlas cartographique) on peut signaler le lieu dit l'Etang qui correspond à une dépression fermée d'origine probablement karstique drainée artificiellement pour pouvoir y installer des cultures pluriannuelles. Malgré la petite taille du bassin versant qui lui correspond, il est probable que sa partie basse soit inondée en cas d'orage localisé ou de période humide prolongée. L'éventualité d'un débordement de celle-ci en direction de Marillac ne peut à priori être rejetée en cas d'évènement pluvieux exceptionnel. La zone concernée par les débordements a donc été cartographiée en lit majeur exceptionnel au sein de cet atlas.

### Crue de 2002

Sur le bassin versant du ruisseau des Galets, le cumul estimé des précipitations lors de l'évènement de 2002 est de 422 mm. L'étude hydraulique de protection contre les crues des lieux habités, citée en annexe, signale des ruissèlements importants associés à un fort transport solide au sein des vignes, sur la partie amont du bassin versant. Les débordements du cours d'eau ont en contrebas concerné l'ensemble des ouvrages de franchissement. Les érosions dus aux ruissèlements ont notamment affecté le quartier de Trimaille. Les débordements du cours d'eau ont pour leur part eu un impact important au niveau de la cité Marcoule, construite dans les années 50 à la place d'un ancien marécage, et supposée en ce temps constituer un habitat provisoire. On notait d'autre part des secteurs en eau au lieu dit l'Étang. Enfin, des écoulements provenant du bassin versant du Nizon (Moulin Neuf, Jésuites) ont affecté le secteur de la RD 101. Au moment de la crue du Galet, le Rhône n'était pas en crue. Au total, en plus des dégâts routiers et agricoles, environ 70 habitations ont été inondées avec des hauteurs d'eau de l'ordre de 50 cm, et 10 habitations ont été totalement sinistrées.

#### 4.2.3 Le Système Montfaucon-Roquemaure-Sauveterre

- Atlas cartographique, planches 2, 3, 4 et 6 au 1/25 000<sup>ème</sup>, zoom 4, 5, 6, 9 au 1/10 000<sup>ème</sup>.

Situé sur les communes de Saint-Geniès-de-Comolas, Roquemaure, Pujaut, Sauveterre et Montfaucon, (cf. carte p11), il représente environ 40 km<sup>2</sup> et peut être subdivisé en trois sous-parties morphologiquement très distinctes :

- a) la première correspond au bassin versant de la roubine de Truel, qui prend naissance au sein d'une vaste zone connue sous le nom de dépression de Tras-le-Puy, située au sud de la Montagne Saint-Geniès et au Nord de l'autoroute A9, et est traversée en amont par la D 580, puis à l'aval par la Ligne Grande Vitesse SNCF,
- b) la seconde regroupe les différents affluents coulant vers la plaine du Rhône le long des massifs qui la bordent. S'y intègrent entre autres les tronçons aval, plus pentu, de la Roubine de Truel provenant de Tras-le-Puy et de la Roubine des Tunnels, provenant de Rochefort et Pujaut.
- c) la troisième se compose de la plaine alluviale du Rhône elle-même, bordant la rive droite de celui-ci, depuis le Château de Montfaucon, au Nord jusqu'à l'ouvrage de la Garamude (Villeneuve-lès-Avignon), au sud.

#### a) La Roubine de Truel et la « dépression » de Tras-le-Puy

- Atlas cartographique, planches 2, 3, 4 au 1/25 000<sup>ème</sup>.

Le terme fréquemment employé de « dépression » pour la zone médiane du bassin versant de la roubine de Truel peut porter à confusion puisqu'il ne s'agit pas d'une large dépression fermée qui aurait été asséchée artificiellement, comme c'est le cas pour Pujaut et Rochefort, mais d'une zone de replat au sein des formations indifférenciées de terrasses et de colluvions, comme on en rencontre aussi au sein du système Nizon-Galets, par exemple en amont du ruisseau des Galets.

La zone plane de Tras-le-Puy, située autour de 45 mètres d'altitude, s'individualise particulièrement bien, le remblai conséquent de l'autoroute A9 qui traverse sa partie aval soulignant le contraste de cette surface presque horizontale avec la zone plus pentue située à l'Est de cette infrastructure.

La Roubine de Truel qui draine cette zone plane est un canal tracé par l'homme dont le tracé s'adapte aux différentes exploitations agricoles. L'état et les dimensions de cette Roubine rendent probable des débordement

d'autant plus important que les talus successifs de la LGV et de l'autoroute réduisent la section d'écoulement à l'aval. Les apports de la roubine de Truel proviennent de quatre principaux vallons secs dont les sources intermittentes se situent entre 80 et 120 mètres d'altitude sur les contreforts calcaires. Les unités morphologiques habituelles le long de ces vallons ne s'observent que très peu. Ceci s'explique localement par la transformation du fond de vallée liée à l'aménagement viticole, mais le plus souvent par la dynamique de ruissèlement en nappe qui caractérise les écoulements en ces zones. Ce sont donc des zones de ruissèlement en nappe qui ont été représentées sur les planches de l'atlas cartographique.

Notons qu'il est difficile de déterminer avec précision la limite séparant les zones affectées de ruissèlements de celles affectées d'inondation par débordement en lit majeur. En effet, le rassemblement d'écoulements en nappe pour former des écoulements concentrés se fait sur des surfaces importantes et variables selon les conditions de débit et l'érosion préalable du substrat. Il est important de préciser que le risque lié au phénomène de ruissèlement en nappe est au moins aussi important que celui lié au débordement en lit majeur. Dans le premier cas les dégâts sont liés à la vitesse et la charge en matière solide des écoulements, dans le deuxième cas, ce sont les durées et hauteurs de submersions qui occasionnent les principaux dommages.

#### b) Les affluents de la plaine du Rhône au sein du Système Montfaucon-Roquemaure-Sauveterre

- Atlas cartographique, planches 3 et 6 au 1/25 000<sup>ème</sup>, zoom 5, 6 et 9 au 1/10 000<sup>ème</sup>

Ce sous-chapitre concerne les différents cours d'eau d'importance variables acheminant vers la plaine du Rhône les eaux provenant des massifs avoisinants. Parmi ceux-ci, la roubine de Truel et celle de Four se distinguent de par leurs apports plus conséquents.

- La roubine de Truel doit son débit à la surface de son bassin versant naturel, décrite ci-dessus. En aval du talus de l'autoroute, le cours d'eau provenant de la zone plane de Tras-le-Puy entre dans une zone plus pentue (1.6% en moyenne) où il suit un tracé peu rectifié bordés de part et d'autres par un lit moyen relativement large, au relief mouvementé et accueillant de la végétation arbustive. Celui-ci est encadré par un lit majeur horizontal cultivé au sein duquel de nombreuses habitations sont installées.
- La Roubine de Four, en provenance de Rochefort et Pujaut achemine les eaux d'un bassin versant de 80 km<sup>2</sup> (cf. chapitre 4.2.4). Le talweg qui achemine ces eaux vers la plaine alluviale du Rhône drainait avant le 16<sup>ème</sup> siècle une surface bien inférieure (4 km<sup>2</sup>). L'exutoire du canal provenant de Rochefort est de ce fait marqué par une incision profonde du lit mineur et le développement d'un lit moyen très fortement végétalisé. La partie aval du cours d'eau présente quelques habitations en zone inondable.

Deux autres affluents, plus réduits ont été cartographiés en raison de l'importance des enjeux situés à proximité :

- Les lieux dits l'Emprunt et la Cantonade sont partiellement construits sur le Valadas de Sauveterre drainant le versant et le long duquel les ruissèlements se concentrant lors de forts évènements météorologique pourraient causer des dommages importants.
- A Roquemaure, la zone située au nord du lieu-dit les Ponts Longs est de même construite le long d'un talweg pouvant affecter de nombreuses habitations en cas de fort débordement. Le cours de celui-ci, a formé un cône de déjection sur la plaine alluviale du Rhône. Celui-ci est actuellement fortement urbanisé, (périphérie de la ville de Roquemaure) et la rivière est partiellement couverte. Au sein des cônes de déjection, le risque de divagation de l'écoulement en crue en dehors des proximités du lit mineur est



important (cf. chapitre 1.3.2, p7). Ici le remblai de la voie SNCF traversant le cône, et occasionnant le détournement du tracé, limite mais n'empêche pas les divagations vers Roquemaure.

### c) La plaine alluviale du Rhône, entre Montfaucon et l'usine de Villeneuve-lès-Avignon

- Atlas cartographique, planches 2, 3 et 6 au 1/25 000<sup>ème</sup>, zoom 5 et 6 au 1/10 000<sup>ème</sup>

Il s'agit d'une surface topographique peu mouvementée située en rive droite du Rhône, d'altitudes comprises entre 32 et 20 mètres au dessus du niveau de la mer, dont les réseaux de drainages ont été très fortement influencés par l'activité humaine.

Les débits entrant dans cette zone géographique sont de 4 types, décrits ci-après :

- Les ruisseaux et rivières drainant les massifs calcaires bordant la plaine alluviale du Rhône (dans cette catégories entrent les cours d'eau décrits au sous-chapitre b))
- Les ruissèlements diffus parcourant tant les massifs calcaires (ex : Nord de la Montagne Saint-Geniès) que les zones de plateaux colluvionnaires (ex : Ouest de la chapelle Saint-Joseph)
- Les remontées de nappes, favorisées par le maintien par les ouvrage de la CNR d'un niveau du Rhône artificiellement surélevé de 1 à 8 mètres au dessus des points bas de la plaine alluviale.
- Les pluies tombant directement au sein de la plaine dont la surface avoisinant les 17 km<sup>2</sup> représente presque la moitié du système Montfaucon-Roquemaure-Sauveterre.

Les différents drains du réseau hydrographique au sein de la plaine alluviale du Rhône aboutissent au contre-canal créé par la CNR le long des digues du Rhône, lequel se rejette dans le Rhône au niveau de la Garamude, à l'aval du barrage correspondant à l'usine de Villeneuve-lès-Avignon.

Avant la mise en place des digues de la CNR, les débordements du Rhône concernaient une large plaine alluviale, de structure complexe, présentant des bras de décharges, axes d'écoulements, et différents niveaux d'élévation du lit majeur (le lecteur intéressé se reportera à l'Atlas du paléoenvironnement de la plaine alluviale du Rhône cité en Bibliographie). Au sein de cette plaine, les affluents en provenance des reliefs du Gard Rhodanien coulaient jusqu'à leur embouchure avec le Rhône. Lors de la construction des digues, le tracé des affluents a été modifié et de nombreux systèmes de drainages ont été ajoutés pour guider les eaux pluviales et de remontée de nappe vers le contre-canal longeant les digues. Dans cette nouvelle configuration des écoulements, relativement récente à l'échelle de la période de retour des crues, les affluents du Rhône n'ont pas eu le temps de former sur leurs rives les structures caractéristiques permettant de délimiter clairement leurs champs d'expansion. La délimitation précise des limites d'inondation des roubines et du contre-canal au sein de l'ancien champ de débordement du Rhône ne peut donc pas être garantie par la méthode hydrogéomorphologique, le champ d'action de cette méthode se restreignant aux cours d'eau naturels ayant eu au fil des siècles et des crues successives le temps d'éroder le substrat et de déposer des sédiments pour former les unités décrites au sein du chapitre 1.

L'ensemble de ce qui constituait la plaine alluviale du Rhône avant la création des digues de la CNR est donc représenté au sein de cet atlas par un unique figuré de **lit majeur indifférencié du Rhône et de ses affluents**. Ces zones seraient susceptibles d'être affectées par les inondations exceptionnelles du Rhône causant la rupture ou l'insuffisance des digues CNR, mais aussi, pour certaines, par le débordement des affluents, des roubines et du contre-canal.

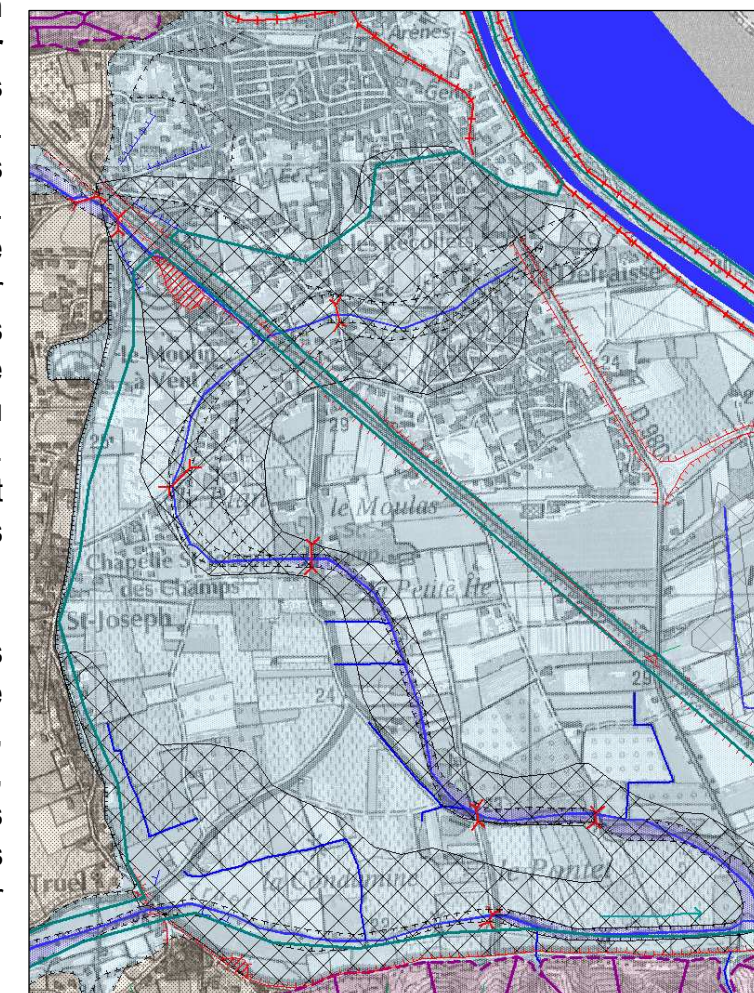
Afin de répondre aux attentes du comité de pilotage ayant encadré la création du présent atlas, et dans le but de fournir quelques indications relatives au cas d'inondation provenant des seuls affluents, un figuré de « premiers

débordements des roubines » a été ajouté afin de décrire **les premières zones affectées par le débordement des roubines lors de crues générées sur les reliefs du Gard Rhodanien**. Soulignons que les débordements lors de crues majeures peuvent aller au-delà de ces zones. Les limites ainsi ajoutées doivent être impérativement maniées avec précaution car elles s'appuient sur des éléments morphologiques peu prononcés, parfois d'origine anthropique, et pouvant être discontinus ou modifiés au gré des nouveaux aménagements. Pour cette raison, il a été choisi un figuré discret pour les représenter au sein de l'atlas (croisillons gris).

Toujours dans l'optique de faire figurer sur l'atlas l'ensemble des observations issues de l'analyse des photographies aériennes stéréoscopiques, certaines zones du lit majeur indifférencié, susceptibles de voir s'accumuler ou transiter les eaux météoriques sur sol saturé sont marquées du figuré de zone d'inondation potentielle par ruissèlement.

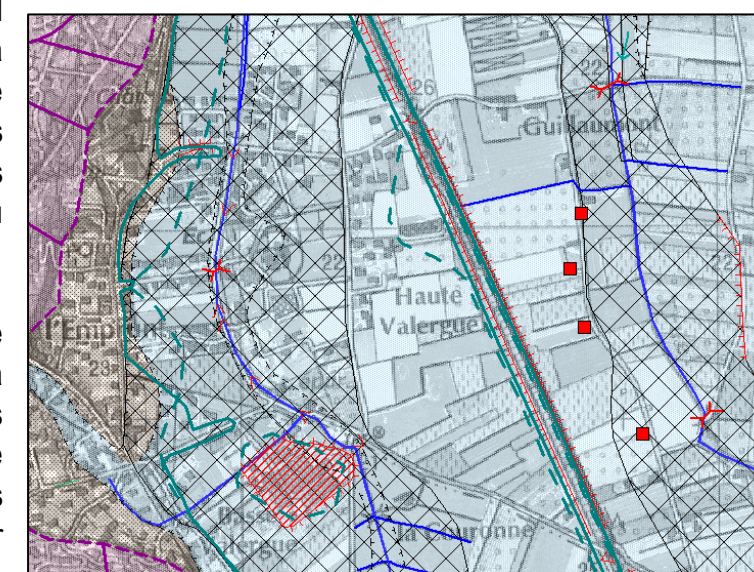
Notons enfin qu'à la différence des roubines, généralement installées le long des points bas de la plaine alluviale (anciens bras de décharge du Rhône), **les débordements du contre-canal, entièrement artificiel, et bordé de part et d'autre par une digue n'ont pu faire l'objet de cette analyse**. Seule une étude de détail comprenant un lever topographique précis de la plaine et des digues ainsi qu'une évaluation de leur état pourrait permettre d'apporter des éléments de réponses relatifs aux premières zones atteintes en cas de débordement du contre-canal.

L'état des lieux produit par BRLi en 2003 comme phase préalable à l'élaboration d'un schéma d'assainissement hydraulique des bassins versants du Gard Rhodanien met en évidence l'insuffisance du dimensionnement des roubines et du contre-canal dès qu'il s'agit d'acheminer les débits de crues décennales ou supérieures.



*A titre indicatif, au sein de la plaine alluviale du Rhône, les premières zones touchées en cas de crue des affluents sont matérialisées par un croisillon noir sur ces extraits de l'atlas cartographique.*

*(Ci-dessus, Roquemaure, ci-dessous, Sauveterre)*





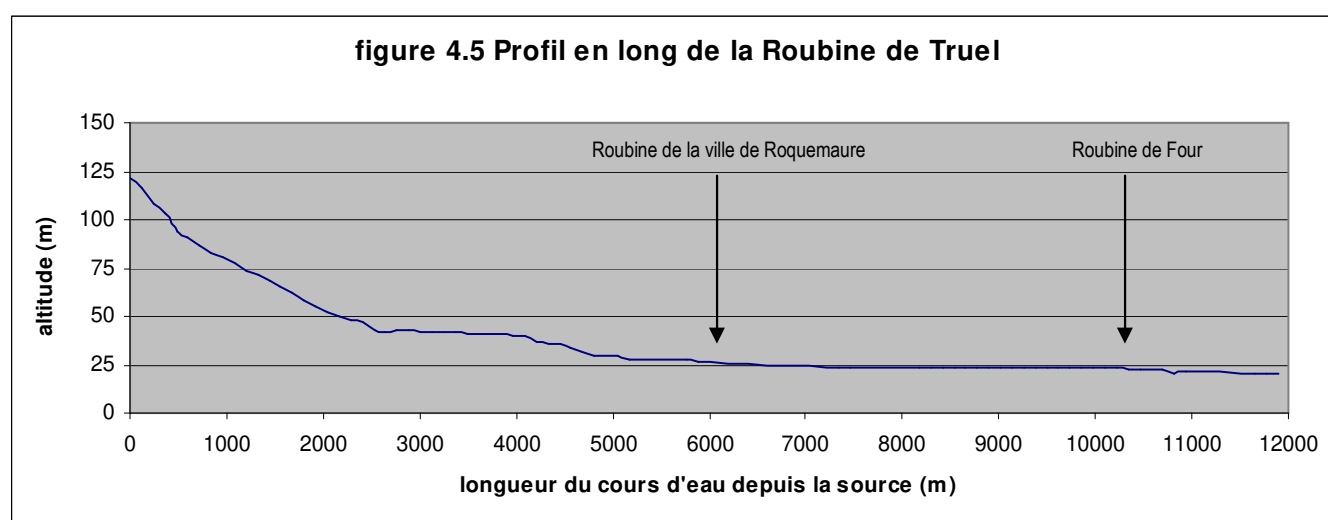
Le lecteur intéressé se reportera à cette étude citée en bibliographie pour de plus amples informations.

La plaine alluviale du Rhône, entre Montfaucon et l'usine de Villeneuve-lès-Avignon peut être divisée en deux sous-ensembles :

- la partie nord, (8km<sup>2</sup>) drainée par la **roubine des Islons**, allant de Montfaucon au canal d'assainissement et se rejetant dans la Lône de Roquemaure au niveau de l'île de Miémar,
- et la partie sud, légèrement plus grande, drainée par la **roubine de Truel**, à laquelle se joint la **roubine de la ville de Roquemaure**, la **roubine de Four** (cette dernière acheminant entre autres les eaux provenant du système Rochefort./Pujaut) et la **roubine de la ville de Sauveterre**.

La **partie nord** se caractérise par l'absence de cours d'eau d'importance en provenance des coteaux. Au sein de cette zone, on distingue deux buttes calcaires, Montlézon et Saint-Maur, qui sont elles seules situées en dehors du lit majeur indifférencié du Rhône et de ses affluents. La plaine alluviale présente dans cette partie quelques dépressions où sont susceptibles de s'accumuler les eaux de pluie. La roubine des Islons, en tant que drain permettant l'évacuation des précipitations affectant la plaine alluviale, a été créée au plus bas de la plaine alluviale, probablement le long d'un ancien bras de décharge du Rhône. Pour plus d'information, consulter l'étude hydraulique pour l'évacuation des eaux pluviales citée en bibliographie. Les régions susceptibles d'être affectées par l'accumulation et/ou le transit des eaux de pluies et d'exfiltration ont été rassemblées sur la planche 2 et le zoom 4 en une unique zone affectée du figuré « ruissèlement ».

Au sein de la **partie sud** de la plaine alluviale du Rhône dans le système Montfaucon-Roquemaure-Sauveterre, le remblai de la voie ferrée allant d'Avignon à Bagnols-sur-Cèze apparaît comme un élément structurant des écoulements en cas de crue, formant en de nombreux points obstacle à l'écoulement, qu'il provienne des versants, des roubines, du contre-canal ou du Rhône. Le tracé du drainage principal constitué par la Roubine de Truel, suit un ancien axe d'écoulement du Rhône, du lieu-dit Truel jusqu'à ce remblai, le long de l'escarpement calcaire. Au droit de ce remblai, le drainage se divise en deux bras destinés à drainer chacune des plaines séparées par la voie ferrée. Le bras occidental traverse de nombreuses zones urbanisées (l'Emprunt, Haute Valergue), puis se gonfle des eaux de la Roubine de Four (ou de l'Étang), avant de confluer de nouveau avec le bras oriental, et de se jeter dans le contre canal. Par manque de structures topographiques claires, les limites de la zone de premiers débordements liée au bras oriental sont peu précises.



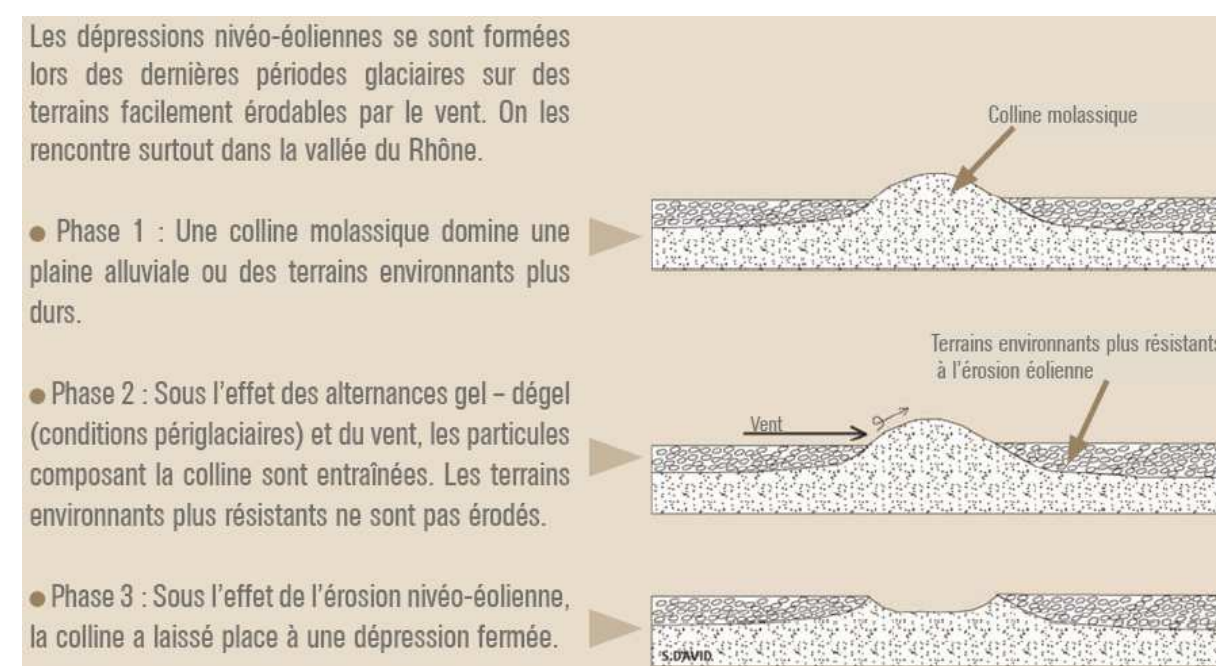
En guise de synthèse, le profil en long présenté ici, est représentatif des différentes unités topographiques traversées par les cours d'eau du système Montfaucon-Roquemaure-Sauveterre. On y distingue les têtes de bassin versant courts et pentus traversant les massifs calcaires et aboutissant autour de 45 mètres d'altitude (km 2.5) à un premier replat correspondant ici à la plaine de Tras-le-Puy. Un tronçon plus pentu (km 4 à 5) permet ensuite au cours d'eau de descendre jusqu'à la plaine alluviale du Rhône (km 5 à 12) où la pente longitudinale devient très faible (environ 0.02%).

Du fait de cette pente réduite, de la faiblesse du dimensionnement du contre-canal et de la saturation du sol liée à la position artificiellement surélevée du Rhône, les inondations de la plaine alluviale du Rhône peuvent se prolonger plusieurs jours même si les phénomènes qui leur ont donné naissance ont été brefs.

#### 4.2.4 Les dépressions de Rochefort – Pujaut, Saze et le vallon de Malaven

- Atlas cartographique, planches 4, 5 et 6 au 1/25 000<sup>ème</sup>, zoom 7 et 8 au 1/10 000<sup>ème</sup>.

Le système hydraulique de Pujaut – Rochefort possède selon BRLi un bassin versant de 80 km<sup>2</sup>. Il se caractérise par son caractère naturellement endoréique puisque tous les cours d'eau et vallons de ce bassin versant aboutissent dans la dépression fermée de Pujaut, formée ainsi que ses homologues de Rochefort-du-Gard et de Saze aux dépens des terrains de l'ancienne ria pliocène du Rhône. Cette topographie particulière de dépression fermée est due à la déflation éolienne sévissant durant les dernières périodes glaciaires selon un processus expliqué dans l'encart ci-après.



**Formation des dépressions nivéo-éoliennes (source : L'approche hydrogéomorphologique en milieux méditerranéens).**

Une série de trois dépressions existe entre Saze et Pujaut. Leur taille va en s'agrandissant du Sud-Ouest au Nord-Est et leurs altitudes varient de 56 m pour le fond de la dépression du Plan à Saze, 51 m pour celui de l'ancien étang de Rochefort, à 44 m pour celui de l'ancien étang de Pujaut. Ces trois dépressions dont le fond est occupé par des dépôts lacustres sont séparées par des cordons littoraux à matériel graveleux qui ont été activement

exploités en gravières. Le drainage des dépressions de Pujaut et Rochefort autrefois occupées par des étangs a été réalisé de 1586 à 1611.

Ces dépressions sont bordées par des reliefs calcaires et crétacés ainsi que par des terrains pliocènes restés en relief et parfois coiffés d'épandages alluviaux plio-quadernaires.

La topographie des zones inondables est très influencée par la nature géologique des formations encaissantes. Dans le fossé de Pujaut, jusqu'à Saze, Rochefort et Tavel, les zones inondables sont très larges et coalescentes du fait de la facilité de dégagement des terrains plutôt tendres du Pliocène. A contrario, les vallats s'écoulant dans les zones calcaires comme celui de Malaven en amont de Tavel présentent des zones inondables plus circonscrites du fait de terrains plus durs.

Le **Malaven** s'écoule en fond d'une vallée d'orientation Ouest-Est. La plaine alluviale fonctionnelle du cours d'eau bien délimitée par des talus nets est d'abord constituée d'un lit moyen et reçoit des apports latéraux importants du fait de zones de ruissèlement en provenance de vallons drainant les reliefs encadrant la vallée. A Tavel, des constructions sont situées en zone inondable. Quelques unes sont situées dans le lit moyen et d'autre en lit majeur ainsi que dans une zone de ruissèlement au débouché d'un vallon qui s'amorce au sein du village. La plaine d'inondation du cours d'eau va en s'élargissant à mesure qu'elle se rapproche de l'ancien étang de Pujaut, elle est d'environ 2 km de largeur au niveau de la Roubine des Fontaines qui en récupère les écoulements pour leur faire contourner la dépression par le Nord via la roubine du Grès dont le cours est maintenu par une digue. Cet endiguement de la roubine du Grès parfois plus haut que les terrains situés en rive gauche, dans le secteur du lieu-dit « St-Hugues » à Pujaut, peut causer leur inondation par débordement de la roubine. Un panneau situé en bord de route signale que la chaussée est submersible dans ce secteur.

Les anciens étangs étaient alimentés par les ruissèlements des vallons entourant le système dépressionnaire de Rochefort-Pujaut, les débordements du Malaven et probablement des étangs situés en amont ainsi que par leur propre impluvium. A l'heure actuelle, les drainages interceptent les écoulements fréquents et des inondations ne se produisent que lors d'événements pluvieux intenses.

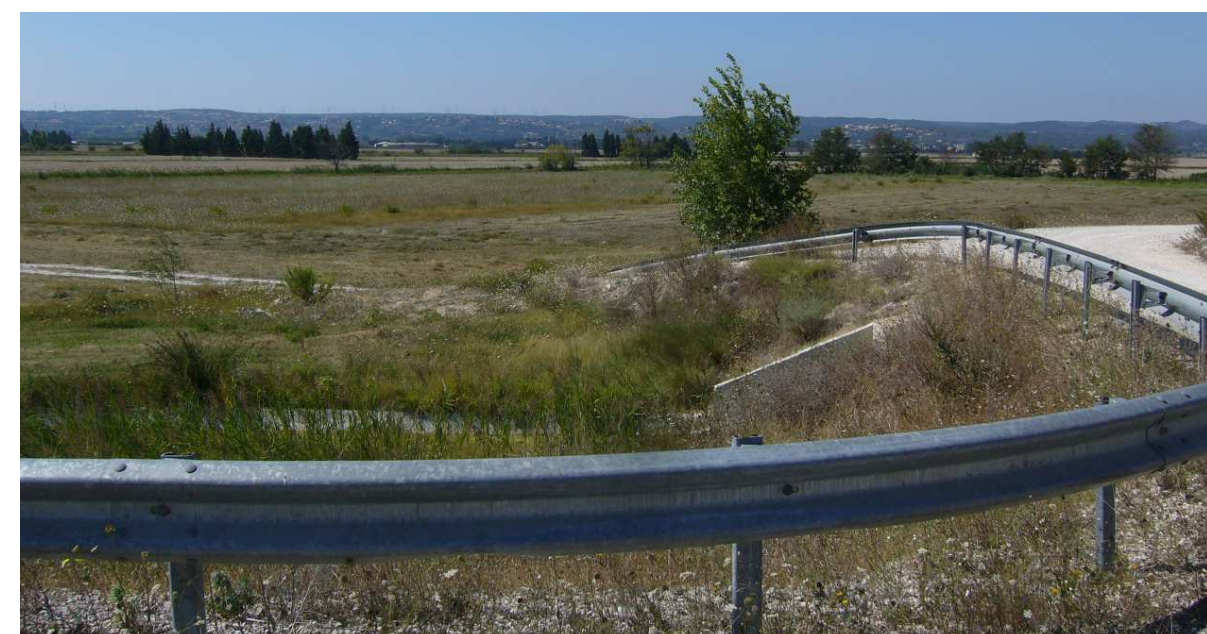
L'expérience acquise par la mairie de Tavel au cours des précédentes crues indique que les temps de ressuyages sont relativement rapides, hormis au point bas de la commune : le Garouyas, subissant l'effet aggravant du blocage des écoulements par la RN580.

Dans les environs de Saze, les zones inondables se caractérisent par une petite dépression fermée sur le plateau de Signargues au lieu-dit le « Mas Mure » et une série de larges vallats qui confluent dans la dépression du « Plan ». Cette dépression est drainée par les roubines de la Levade et du Vallat Blanc vers le bassin du Planas puis vers l'ancien étang de Pujaut. De nombreux enjeux sont présents en zone inondables : des extensions récentes et une partie du centre de Saze, des habitations dans le secteur du « Plan » et sur le cordon qui sépare la dépression du « Plan » de l'ancien étang de Rochefort.

La dépression de l'ancien étang de Rochefort reçoit les eaux en provenance de son homologue du « Plan » ainsi que les eaux des vallats qui drainent les reliefs à l'Ouest et à l'Est, dont le plus important, « la Gorgue », provient du Nord de Rochefort-du-Gard. La zone inondable de ce dernier vallat s'évase largement à l'approche de la dépression et des extensions urbaines récentes sont situées dans ce vaste glacis soumis aux écoulements en crue. Le cordon qui sépare l'ancien étang de Rochefort de celui de Pujaut a été particulièrement exploité sous forme de gravières. Il n'en subsiste plus que des lambeaux sur lesquels s'appuie la chaussée de la RD26 qui en suit la crête. Ce cordon

dont l'altitude est située environ 6 m plus haut que le fond de l'ancien étang maintenait le plan d'eau dans la dépression et constituerait encore un obstacle à l'écoulement à l'heure actuelle de telle sorte que la dépression permet un stockage d'eau en crue. La limite entre lit majeur et zones de ruissèlement correspond à la cote de retenue du cordon.

Une estimation de l'inondabilité potentielle de la dépression de l'ancien étang de Rochefort peut être réalisée pour une pluie de type centennale de durée 24 h en région 3. Si on estime le coefficient de ruissèlement d'un tel événement à environ 50 %, le volume ruisselé arrivant à la dépression serait d'environ 6 Mm<sup>3</sup>. Pour un tel volume de crue et en considérant une défaillance complète du tunnel des Crottes sous le CD 26, la hauteur d'eau dans la dépression serait d'environ 1,5 à 2 m.



Vue sur l'ancien étang de Rochefort

La dépression de l'ancien étang de Pujaut constitue naturellement qui constitue le point de convergence des écoulements en provenance du Malaven et des dépressions de Rochefort et de Saze. Actuellement, le Malaven est détourné par la Roubine du Grès mais pour les crues importantes des déversements sur la digue ou des débordements dans le lit majeur du Malaven en amont continuent d'inonder la dépression. Elle reçoit des apports importants lors des événements pluvieux puisque BRLi a pu estimer des volumes de crue de l'ordre de 3,3 Mm<sup>3</sup> pour une crue décennale et de 11,6 Mm<sup>3</sup> pour une crue centennale. La capacité des tunnels (tunnels du Gré et de l'Etang) drainant la dépression vers le contre canal du Rhône serait de l'ordre de 8 m<sup>3</sup>/s (le tunnel de l'Etang seul capable de drainer gravitairement l'ancien étang a une capacité de 3 à 4 m<sup>3</sup>/s). En cas de défaillance complète des tunnels, la hauteur d'eau en crue centennale serait de l'ordre de 2 m aux points les plus bas de l'ancien étang.

Les ouvrages souterrains s'ils permettent une diminution de l'inondation de la dépression qui était en permanence inondée avant les travaux de drainage ne sont toutefois pas suffisants à empêcher les inondations lors des crues importantes. Un bassin de rétention existe, au lieu-dit « le Planas », sur la roubine de l'Etang, qui permet le stockage de 660 000 m<sup>3</sup> pour une crue décennale et de 700 000 m<sup>3</sup> pour une crue centennale.

L'étude BRLi de mai 2007 (Schéma d'aménagement hydraulique des bassins versants du Gard rhodanien – phase 1 – état des lieux et diagnostic) signale qu'en dehors des limites de l'inventaire cartographique des inondations des



8 et 9 septembre 2002, des submersions ont également été constatées sur le Malaven au niveau de Tavel, à Rochefort-du-Gard, sur le tracé de la Gorgue, à Saze, à l'amont de la RN 100.

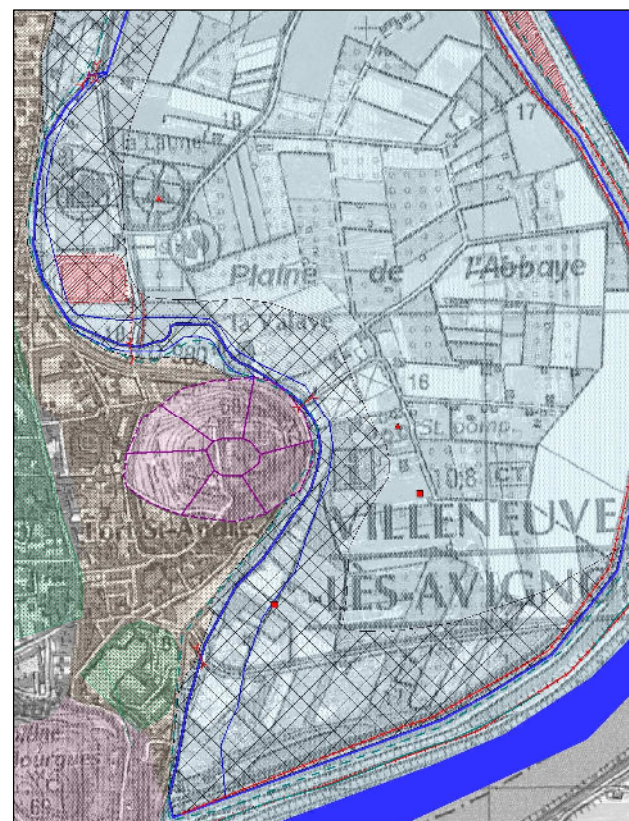
#### 4.2.5 Le Système Les Angles - Villeneuve-lès-Avignon

- Atlas cartographique, planches 6 au 1/25 000<sup>ème</sup>, zoom 10 au 1/10 000<sup>ème</sup>.

Ce système est habituellement subdivisé en deux parties, l'une correspondant à la région de Villeneuve-lès-Avignon, drainée principalement par la roubine de la Chartreuse et le ravin des Chèvres, l'autre à la région des Angles, drainé par un réseau de roubine aboutissant au contre-canal. Seule la première est abordée dans cet atlas.

En de nombreux points, le bassin de Villeneuve-lès-Avignon se rapproche du système Montfaucon-Roquemaure-Sauveterre décrit au chapitre 4.2.3. Il est en effet parcouru par un réseau hydrographique prenant naissance entre 80 et 120 mètres d'altitude sur les versants calcaires dominant Villeneuve-lès-Avignon, et acheminant les écoulements jusqu'à la plaine alluviale du Rhône, elle-même isolée de ce dernier par les digues de la CNR. Le contre-canal longeant celles-ci récolte les eaux provenant ici aussi de 4 différentes sources : cours d'eau, ruissèlements, précipitations et remontées de nappe. L'exutoire de cet ensemble est particulier puisqu'il s'agit d'un système d'évacuation par pompage (capacité 3m<sup>3</sup>/s selon BRLi) des eaux du contre-canal vers le Rhône. La surélévation artificielle du Rhône par rapport à la plaine alluviale due aux ouvrages de la CNR atteint ici environ 3m.

Le ravin des chèvres qui prend naissance à près de 90 mètres d'altitude s'incise très profondément au sein du plateau calcaire de la montagne du même nom, dans laquelle il forme un canyon. Il y reçoit notamment en rive droite à 600 mètres de sa source les eaux provenant du quartier fortement urbanisé des hauts de Villeneuve. La large zone de ruissèlement couvrant les fonds de vallées depuis ce quartier jusqu'au rond point de la D177 pourrait être affectée par la concentration des eaux météoriques sur ces sols imperméabilisés lors d'événements orageux violents. En cas d'insuffisance ou d'obstruction de la canalisation de ces eaux sous le dit rond-point, une submersion plus prolongée de la zone située directement en amont et représentée en figuré de lit majeur est envisageable. Les ruissèlements en nappe sont aussi susceptibles d'affecter le quartier situé sur le versant directement au nord du lieu dit la Seigneurette.



A titre indicatif, les zones inondées en premier en cas de crue de la Roubine de la Chartreuse sont matérialisées par un hachuré noir sur cet extrait de l'atlas cartographique. On y note la présence de quelques maisons d'habitation, de la ferme Saint-André, du lieu dit la Valaye, du stade et d'une partie du camping de la Laune

Au sein de la plaine alluviale du Rhône, la roubine de la Chartreuse suit les bords du versant, le long d'un probable ancien bras de décharge du Rhône. Les limites externes de la zone prioritairement inondée qui lui est affectée sont en général très peu marquées et devront ici aussi être exploitées avec précaution.

Certaines informations issues de la cartographie du risque d'inondation par ruissèlement, fournies par la commune des Angles et issues du complément d'étude effectué en 2000 par la DDE du Gard ont été reportées à titre indicatif sur la cartographie de cet atlas. Ces informations n'ont pas fait l'objet d'une quelconque analyse complémentaire de la part du maître d'œuvre.

#### 4.3 LA CAMARGUE GARDOISE

- Atlas cartographique, planches 7 à 10 au 1/25 000<sup>ème</sup>, zoom 11 à 13 au 1/10 000<sup>ème</sup>.

Le présent atlas des zones inondables s'intéresse au sein de la Camargue gardoise à un certain nombre de cours d'eau prenant naissance sur les Costières, à des altitudes inférieures à 150 mètres, et se dirigeant pour la plupart vers le sud / sud-est en direction du delta du Rhône. Ce dernier est bordé par le canal du Rhône à Sète, dont la prise d'eau est située à Beaucaire, et qui constitue le principal exutoire des écoulements décrits ci-après.

Deux autres canaux marquent le territoire d'étude. Ils prennent naissance aux abords de la station de pompage Aristide Dunant, situé sur la D 38 à 12 km au Nord de Saint-Gilles. Celle-ci, exploitée par la compagnie nationale d'aménagement du Bas Rhône Languedoc (BRL) permet de dériver jusque 75 m<sup>3</sup>/s des eaux du Rhône prélevés à Bellegrade, rehaussant un cinquième de cet eau de plus de 60 mètres d'altitude pour alimenter le canal des costières qui traverse les flancs de celles-ci jusqu'au nord de Saint-Vincent, et injectant les quatre cinquièmes restant, 20 mètres au dessus, dans le canal Philippe Lamour coulant en direction de Vauvert. Ces canaux sont destinés à



Au niveau de Franquevaux, le canal Philippe Lamour de la Compagnie Nationale d'Aménagement du Bas Rhône Languedoc.

l'irrigation et à l'alimentation des villes de Nîmes et Montpellier. Leur impact sur les écoulements est varié : blocage des ruissèlements le long des remblais, déviation des débits d'un bassin versant à l'autre, limitation des écoulements au droits de certains ouvrages de franchissement des cours d'eau par le canal. Certains de ces facteurs sont difficilement appréciables au travers de l'analyse hydrogéomorphologique.

Les cours d'eau de cette zone d'étude se répartissent sur trois zones géographiques distinctes, décrites séparément dans ce chapitre :



- le bassin versant du Grand Valat, contournant Jonquières-Saint-Vincent par le sud, en partant du lieu-dit Saint-Vincent, pour se perdre au sein de la dépression fermée du lieu-dit la Palud,
- le bassin de la Roubine, concentrant les eaux du Grand Pagnol en direction de Bellegarde,
- et les bassins versants du sud des Costières, alimentant de nombreux cours d'eau parallèles coulant vers le sud, et atteignant le canal du Rhône à Sète entre Saint-Gilles et Vauvert (Gallician).

#### 4.3.1 Le bassin versant du Grand Valat

- Atlas cartographique, planches 7 au 1/25 000<sup>ème</sup>, zoom 11 au 1/10 000<sup>ème</sup>.

Ce bassin versant possède une superficie d'une vingtaine de km<sup>2</sup>. Le Grand Valat draine une zone dépressionnaire s'inscrivant dans l'unité des Costières, grand épandage alluvial surmontant les terrains mio-pliocènes. Cette surface des Costières est affectée par des dépressions fermées dont l'origine est controversée selon les sources : origine karstique, ou déflation éolienne. L'existence de nombreux dépôts loessiques et de formations molassiques tend à accréditer la thèse de l'origine éolienne.

Le cours d'eau traverse une succession de zones déprimées qu'il draine (entre le Mas de Flandin et St-Vincent, entre Jonquières et St-Laurent) pour finir son parcours dans la dépression fermée de « la Palud » qui s'inscrit dans des terrains calcaires hauteriviens sur lesquels existent des restes isolés d'affleurements de molasses miocènes. Cette dépression anciennement occupée par un étang (voir extrait de la carte de Cassini) est aujourd'hui drainée par un réseau de fossés qui se dirigent vers un ouvrage souterrain assurant le drainage de la dépression.



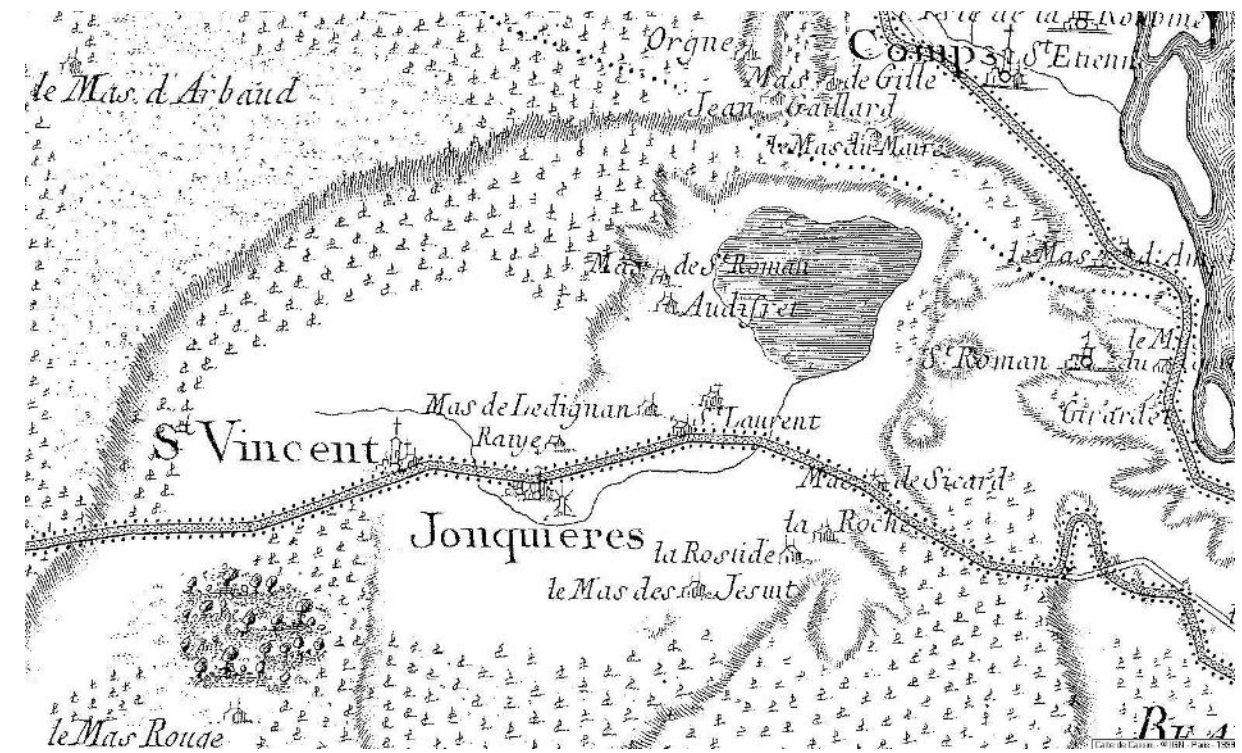
Entrée de l'ouvrage souterrain drainant la dépression de la Palud et vue de la dépression

L'étang qui occupait cette dépression devait être permanent puisque : les habitants de *la paroisse de Saint-Laurent, petit village de pêcheurs, trouvaient de quoi survivre avec les poissons pêchés dans la palud voisine* (source : [http://toulemonde-edition.com/4\\_racin\\_merid.htm](http://toulemonde-edition.com/4_racin_merid.htm)) « 28/08/1845- constitution de l'association syndicale des marais de Jonquières pour exécuter le dessèchement de la Palud afin d'obéir à des soucis " de salubrité publique " et d'augmenter les surfaces cultivables. Les travaux sont terminés en 1853. » (source : <http://pagesperso-orange.fr/ville-jonquieres-stvincent/historique.html>).

Le Grand Valat ne possède pas, en particulier dans son cours amont, de plaine alluviale bien délimitée. Sa position en point bas en fait plus un drain des zones de ruissellement omniprésentes sur les Costières. Les limites de la zone d'écoulement sont toutefois plus marquées en aval de St-Vincent.

De nombreux bâtiments sont situés en zone inondable à St-Vincent ainsi que sur les extensions urbaines récentes à l'Ouest et au Sud de Jonquières dont le centre historique est en revanche abrité sur une butte calcaire.

Une estimation de l'inondabilité potentielle de la dépression peut être réalisée pour une pluie de type centennale de durée 24 h en région 3. Si on estime le coefficient de ruissellement d'un tel événement à environ 50 %, le volume ruisselé arrivant à la dépression serait d'environ 4,5 Mm<sup>3</sup>. Pour un tel volume de crue et en considérant une défaillance complète du dispositif de drainage la hauteur d'eau dans la dépression serait d'environ 3,5 m. « Lors de l'évènement pluviométrique des 2 et 3 décembre 2003 », « le niveau observé dans l'étang de la Palud est de 16 m NGF (au pied du Mas Demian) » (BRL, 2005).



Extrait de la carte de Cassini (feuille de Nismes)

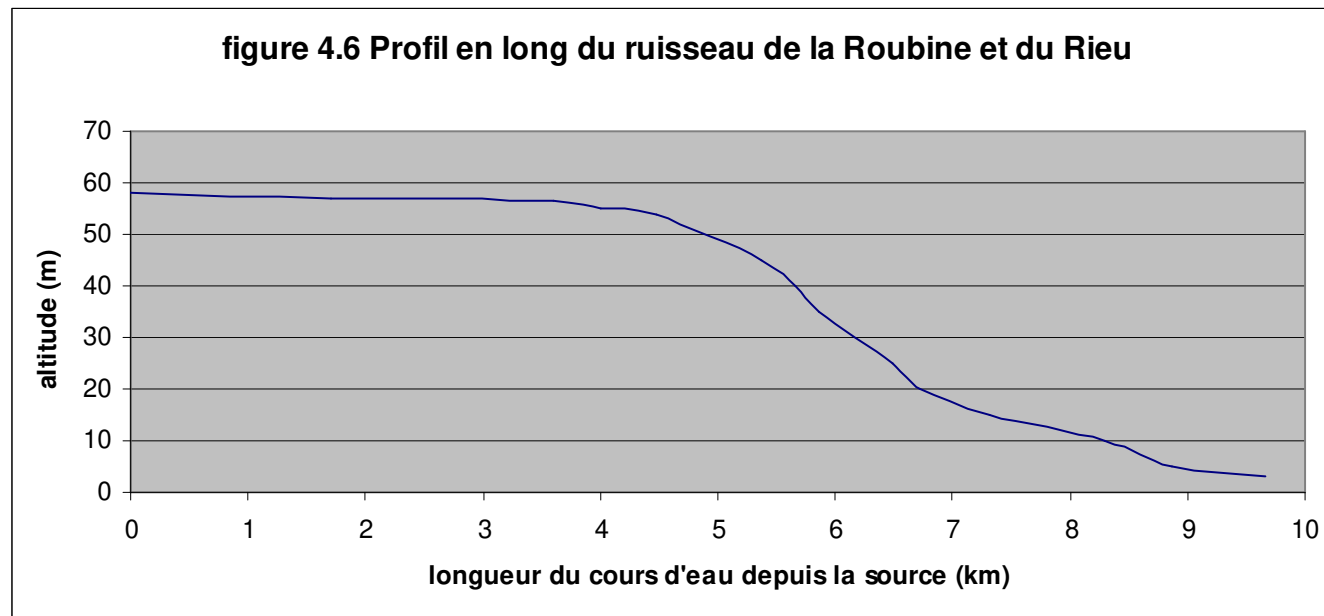
#### 4.3.2 Le bassin de la Roubine, et la ville de Bellegarde

- Atlas cartographique, planches 7 et 8 au 1/25 000<sup>ème</sup>, zoom 12 au 1/10 000<sup>ème</sup>.

Le profil en long du Rieu de Bellegarde et de son affluent la Roubine expose clairement les différents tronçons homogènes de cours d'eau observés au sein de cette zone. La Roubine, prend sa source sous forme d'un simple fossé drainant au cœur d'un plateau quasi-horizontale exploitée par l'activité viticole. En l'absence de réelle morphologie fluviale, ces vallons sont dans leur partie amont représentée par le figuré de zone d'inondation potentielle par ruissellement sur les colluvions en place. A partir du lieu-dit Gros Fangoun, bien que la Roubine soit toujours constituée d'un lit mineur rectifié et rectiligne, ses abords prennent peu à peu la morphologie d'une vallée en auge, justifiant l'apparition du figuré de lit majeur apposé aux rives planes et cultivées encadrant le cours d'eau.

La largeur importante du lit majeur en ce point est à mettre en relation avec la très faible pente caractéristique de la partie haute du bassin versant. Ce premier tronçon, sub-horizontale s'étend sur environ 4 kilomètres.

A partir du Mas Saint-Louis, la vallée s'encaisse légèrement et sa largeur s'amointrie alors que la pente augmente et dépasse localement les 1%. On entre au sein d'un large plan incliné descendant du plateau des costières jusqu'au niveau de la camargue, (3 mètres NGF). Sujets à des vitesses plus élevées, les écoulements ont à partir d'ici formé un lit moyen aujourd'hui en majeure partie végétalisé. Ce territoire géologiquement récent, issu du dépôt régulier de graves et de cailloutis alluviaux duranciens et rhodaniens voit les cours d'eau qui l'incisent couler parallèlement les uns aux autres selon la ligne de plus grande pente, et se jeter, en amont de Bellegarde, dans le Rieu.



Le long du troisième tronçon (km 6.5 à 7.5, le Rieu, moins pentu, se dirige vers l'est au sein d'une formation plus fine. Sa vallée aux lits moyen et majeur différenciés, nettement limitée au sud par le versant, voit apparaître de nombreux aménagements urbains.

Enfin, le dernier tronçon correspond au cône de déjection peu marqué du Rieu sur la plaine camarguaise, sur lequel s'est installée la ville de Bellegarde. Le cours du Rieu y est totalement réaménagé, et partiellement couvert. L'ensemble de la surface du cône de déjection est à l'état naturel sujet aux débordements du cours d'eau, et se retrouve donc cartographié en lit majeur ou exceptionnel au sein du présent atlas cartographique. L'urbanisation de la zone a artificiellement créé de nouveaux axes préférentiels d'écoulement et fixé le cours canalisé du Rieu. A l'entrée Nord de l'agglomération de Bellegarde, les débits du Rieu sont en effet partiellement dérivés dans un canal de plus grande dimension : le Carron du Contrac, qui contourne par l'est le village. Le Rieu « intra muros », constitué d'un canal d'environ 3 m<sup>2</sup> de section ne reçoit qu'un faible débit. Le partage des eaux entre le Rieu et le Carron se fait par un seuil et une martelière qui alimentent en priorité le Carron. Cet ouvrage fut endommagé lors de la crue des 20 et 21 octobre 1999, qui provoqua le débordement aussi bien du Rieu que du Carron.

Une partie de l'écoulement est d'autre part détournée par un canal artificiel contournant la ville par le nord. Enfin, le remblai de la N113 constitue aussi un obstacle majeur aux écoulements, qu'ils proviennent des costières ou de la plaine camarguaise.

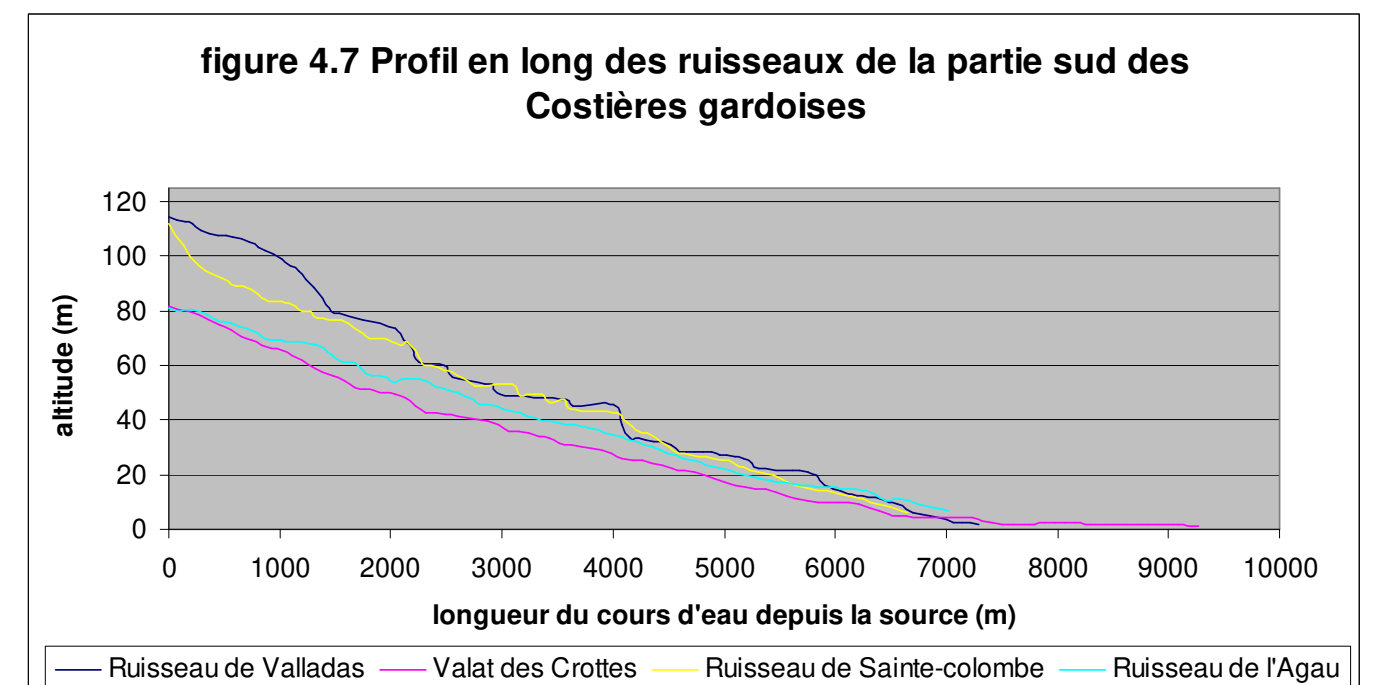
Les divers aménagements ici ont finalement fortement modifié les conditions naturelles d'écoulement de la zone de Bellegarde et il serait nécessaire de procéder à une analyse topographique et hydraulique plus poussée afin de statuer sur l'inondabilité actuelle de certaines zones situées en limite du champ d'inondation.

Notons en conclusion que la partie sud orientale de Bellegarde est située en limite de la plaine inondable du Rhône et a été atteinte par les crues de 1856 et 2003.

#### 4.3.3 La partie Sud des Costières, de Saint-Gilles à Gallician

- Atlas cartographique, planches 9, 10 au 1/25 000<sup>ème</sup>, zoom 13 au 1/10 000<sup>ème</sup>.

Cette zone géographique présente une certaine cohérence du point de vue de la topographie du terrain encaissant, et des structures hydrogéomorphologiques rencontrées. Le graphique présenté ci-dessous permet de comparer les profils en long de 4 cours d'eau représentatifs de cette zone. Les irrégularités et rupture de pente de petite dimension observable, notamment sur les tracés des ruisseaux de Valladas et de Sainte Colombe sont dues aux imprécisions liées au tracé de la rivière et au modèle numérique de terrain utilisés pour obtenir ces profils en travers. Ce graphique met en évidence une structure longitudinale uniforme et simple pour l'ensemble des cours d'eau, consistant en une source placée entre 80 et 115 mètres d'altitudes (limites du plateau des Costières) à partir de laquelle la vallée descend le long d'une pente régulière et forte, allant de 1.15% à 1.65% jusqu'à atteindre le niveau régional de base, contrôlé par le canal du Rhône à Sète, aux alentours de 3 mètres d'altitude. Ces cours d'eau, aux bassins versants allongés et parallèles (présentés sur la figure en page 12 de ce rapport) se sont mis en place simultanément et dans des conditions similaires lors du recul du niveau marin précédant la formation du delta du Rhône. Il est probable qu'ils n'aient pas encore atteint leur équilibre longitudinale, et que l'incision des cours d'eau, et plus particulièrement de la partie amont à médiane de ceux-ci, se prolonge dans le futur.







Les aménagements des anciennes carrières situées sur le cours du Rieu, en amont de Bellegarde, peuvent en tant que pièges à sédiments, stocker la part grossière du transport solide provenant des pentes des Costières lors des crues. Les eaux claires sortant de cette zone ont cependant un potentiel érosif supérieur, du fait de cette décharge en matière solide, ce qui pourrait accentuer l'impact de l'inondation sur les secteurs situés directement en aval.

D'une façon générale, on remarque que :

- l'amont des cours d'eau de la partie Sud des Costières est constitué de vallons en berceau parfois si peu marqué qu'il est difficile de trancher entre ruissèlement ou zone de débordement (lit majeur).
- Après quelques centaines de mètres, les différents lits du cours d'eau s'enfoncent peu à peu au sein des formations avoisinantes pour former un fond de vallée de 60 à 120 mètres de largeur, aux bordures duquel la transition avec l'encaissant se fait de façon progressive. On note parfois (cas du Valladas de Sainte Colombe) la présence de colluvions en pied de versant, les versants étant eux-mêmes constitués de formations alluviales anciennes, et pour cette raison cartographiées en tant que terrasses.
- Les cours d'eau de Sainte Colombe, Fonteuille et Valladas ont, à l'aval de ces tronçons, développé des vallées à fond relativement plat et clairement délimité des versants par des ruptures de pentes franches. Le lit moyen n'apparaît pas obligatoirement au sein de ces vallées, l'absence d'écoulement permanent favorisant le faible dimensionnement du lit mineur, et par la même les débordements sur l'ensemble du lit majeur à chaque crue.
- La transition entre le plan incliné descendant des Costières et la Camargue horizontale et plane correspond à une rupture de pente ayant favorisé le dépôt des matériaux formant des cônes de déjection au niveau de chaque cours d'eau. Les cônes de déjection issus de cours d'eau adjacents peuvent se rejoindre et former une surface plus complexe. La zone inondable des ruisseaux en approche de la plaine camarguaise s'élargit et se fond dans la zone inondable du Rhône, s'appuyant ici sur l'enveloppe de la crue de 2003. C'est dans ces zones plus accessibles et fertiles que l'essentiel des installations humaines est concentré, et notamment Gallician, Franquevaux et Saint-Gilles.

La commune de Saint-Gilles a connu, au cours de l'épisode pluvieux du 20 au 21 octobre 1999, des inondations par ruissèlement pluvial, provenant en grande partie du bassin versant dit « du Chemin de Bouillargues ». La pente forte de la Combe de la Belle et de la Combe d'Arnaps drainant ce bassin versant confère aux eaux se rejoignant pour former la Garonnette, et rejoignant le centre ville, une vitesse ainsi qu'une capacité de transport et d'érosion importantes. Les dégâts occasionnés, recensé au sein du « Rapport préliminaire sur l'évènement pluviométrique du 20 au 21 octobre 1999 sur le Gard » produit par la DDE, soulignent l'altération du revêtement de la rue du Marquis de Baroncelli et la rapide saturation du réseau souterrain débutant en aval, au niveau de l'avenue Berthelot

Gambetta. Les eaux boueuses acheminées du nord vers le sud ont atteint le centre ville où des hauteurs d'eau de 50 cm ont été relevées sur l'artère principale.

Parallèlement, les quartiers sud-ouest de la ville ont subi les débordements d'un deuxième cadereau issu d'un bassin versant de 170 ha (la combe Ouest), dont le cours traverse ces quartiers dans un fossé bétonné de 3 à 4 m<sup>2</sup> de section.



A Saint-Gilles, le ruisseau de la Garonnette a causé de forts dommages à maintes reprises. Certains habitants et commerçants, conscients du risque, disposent de batardeaux pour protéger leurs locaux.

Ces deux cadereaux se joignent en amont du camping et disparaissent alors pour être remplacé par un simple fossé fortement encombré par la végétation, ce qui ne facilite pas l'évacuation des débits.

Lors de la crue de 1999, le canal de navigation du Rhône à Sète, seul exutoire des eaux provenant des coteaux, a rapidement vu son niveau monter. Atteignant ainsi son niveau



Cadereau en provenance de la Combe Ouest, dans Saint-Gilles, en amont du camping.

de hautes eaux, il a contribué à la lenteur du ressuyage ainsi qu'à la mise en charge par l'aval des cadereaux.

Le ruisseau de l'Agau présente au sein de l'atlas cartographique une particularité. Sa vallée est très peu encaissée, et entourée d'un interfluve de morphologie particulièrement régulière, probablement issue d'un ancien cône de déjection de dimension importante. Il est envisageable qu'en cas de crue particulièrement prononcée, un débordement localisé au niveau des Grands Magneires ou de la Griaude puisse occasionner la fuite d'une partie du débit, soit en direction d'un bassin versant voisin, soit en tant que ruissèlement plus ou moins concentré au sein de l'interfluve. Les zones concernées par un tel scénario sont représentées par des flèches de ruissèlements situées à l'ouest de Saint-Gilles. L'enveloppe probable de ces débordements, non représentée sur l'atlas cartographique, a été transmise à titre indicatif à la Direction Régionale de l'Environnement du Languedoc-Roussillon sous format informatique.

Le Marais de Saint-André, aussi nommé du Cougourlier, constitue aussi une particularité de la zone cartographiée puisque son niveau topographique se situe sous celui de la mer. Cette zone a été endiguée des 1955, au Nord pour se protéger des ruissèlements en provenance des Costières, et au Sud pour se protéger des débordements du Canal du Rhône à Sète. Un collecteur draine les marais, parallèlement au canal, jusqu'à la station de pompage de Franquevaux où une pompe fonctionnant en permanence permet de rejeter les eaux du marais vers le canal de navigation du Rhône à Sète. De nombreux fossés de drainages mènent au collecteur. Les ruisseaux de Ste Colombe et des Crottes ont été détournés, passant respectivement à l'ouest et à l'est du marais.

Il est intéressant de noter que le secteur de Franquevaux / Cougourlier a été touché successivement en 2002 lors de la crue du Vidourle, en 2003 lors de celle du petit Rhône et en 2005 lors de celle du Vistre.

## 5 CONCLUSION

Le bassin versant de l'Arnave, le Gard Rhodanien et la Camargue Gardoise, épisodiquement affectés par des précipitations extrêmement violentes, présentent des surfaces considérables soumises aux ruissèlements et à l'aléa inondation. Celui-ci se décline selon des dynamiques très variées, allant du torrentiel à la submersion stationnaire et la remontée de nappe.

La cartographie hydrogéomorphologique telle qu'elle a été appliquée sur ces cours d'eau définit l'emprise des zones inondables pour les crues exceptionnelles. Elle offre une information objective quant aux zones inondables, indépendante de celle provenant des méthodes hydrauliques, et qui, si elle ne fournit pas des résultats quantifiables, a l'avantage de représenter fidèlement la configuration morphologique du terrain naturel.

La méthode employée est principalement basée sur

- la reconnaissance des limites morphologiques, résultant du fonctionnement en crue des cours d'eau, et de l'évolution de leur tracé au gré des événements exceptionnels,
- la prise en compte des crues historiques, souvent connues par les riverains et les gestionnaires des cours d'eau actuels et antérieurs.

Ces éléments méthodologiques sont par expérience plus facilement expliquées et entendues par les gestionnaires et riverains que les lois relevant de l'hydraulique. Les données historiques permettent en outre d'illustrer et de prouver la cohérence du discours.

Une fois la présente cartographie comprise, et acceptée, les acteurs sont plus enclins à l'intégrer dans leurs projets futurs. L'échelle ici adaptée à l'analyse départementale et communale permet d'identifier rapidement parmi ces projets ou les enjeux existants, ceux qui nécessiteront une prise en compte particulière du risque d'inondation.



## 6 BIBLIOGRAPHIE

**BRGM** Notices et cartes géologiques au 1/50 000<sup>ème</sup> : Arles, Avignon, Château-Renard, Lunel, Uzès Nîmes, Orange, Pont-Saint-Espirit.

**BRL ingénierie pour le Syndicat Mixte d'Aménagement des Bassins Versants du Gard Rhodanien (2001)**, Schéma d'Aménagement Hydraulique des Bassins Versants du Gard Rhodanien (Diagnostic + Atlas)

**BRL ingénierie pour le conseil général du Gard et la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt du Gard (février 1994)** Schéma d'aménagement pour l'évacuation des eaux de ruissèlement, cantons de Roquemaure et Villeneuve les Avignon.

**BRL ingénierie (décembre 2001) pour la commune de Saint-Gilles et la DDE du Gard**, Etude diagnostic et schéma directeur d'aménagement pluvial.

**BRL ingénierie (Février 2004) pour la commune de Saint-Gilles**, Projet d'aménagement pluvial du bassin de la Garonnette.

**BRL ingénierie, (février 2007), pour la commune de Saint-Geniès-de-Comolas**, Etude hydraulique de protection contre les crues des lieux habités – Ruisseau du Galet – Trace de l'aléa inondation.

**BRL ingénierie, (janvier 2004), pour la commune de Saint-Geniès-de-Comolas**, Etude hydraulique et schéma directeur de protection contre les crues des lieux habités, crues du ruisseau du Galet, Septembre 2002.

**BRL ingénierie, (décembre 2001), pour la commune de Bellegarde**, Définition d'actions pour la protection et la prévention des inondations du Rieu de Bellegarde, Diagnostic et Schéma d'aménagement.

**BRL ingénierie, (novembre 1997), pour le conseil général du Gard**, Etude hydraulique pour l'évacuation des eaux pluviales, Plaine de Montfaucon-Saint-Geniès-Roquemaure, Dossier d'autorisation et étude hydraulique

**CEREG, (janvier 2008) pour SMABVGR**, Projet d'aménagement de l'Amériquette, version 2.

**DDE Gard, (décembre 1999) pour la commune de Villeneuve-lès-Avignon**, Cartographie du risque inondation par ruissèlement pluvial.

**DDE Gard, (novembre 1999)**, Rapport préliminaire sur l'évènement pluviométrique du 20 au 21 octobre 1999 sur le Gard

**DDE Gard, (juillet 1998) pour la commune de Saint-Laurent-des-Arbres**, Etude hydraulique pour la délimitation de la zone inondable du Nizon.

**DIREN RA 2007, Université Lumière Lyon 2, Université de Provence, Université Paris VII, Diderot, (2007)**, Atlas du paléoenvironnement de la plaine alluviale du Rhône.

**EDEA, (juillet 1999) pour SIARTA** Travaux de stabilisation de berges en génie végétal sur la Commune de Sauveterre Marché de travaux.

**H2Geau (février 2006), DIREN LR**, Atlas des zones inondables du bassin de la Cèze.

**ISL, (juillet 2003) pour la DIREN du Gard et la préfecture du Gard**, Inventaire cartographique des dégâts de crue du bassin moyen du Gard Rhodanien – Crue de septembre 2002.

**ISL, (mars 2006), pour le Conseil Général du Gard**, Schéma Directeur d'Aménagement pour la Prévention des Inondations dans le Gard

**Inspection générale de l'administration, Conseil Général des Ponts et chaussées, Conseil Général du Génie Rural des Eaux et Forêts, Inspection Générale de l'Environnement, (juin 2003)**, Retour d'expérience des crues de septembre 2002 dans les départements du Gard, de l'Hérault, du Vaucluse, des Bouches-du-Rhône, de l'Ardèche et de la Drôme, Rapport consolidé après phase contradictoire.

**Jacob N. (2003)**, *Les vallées en gorges de la Cévenne vivaraise : montagne de sable et château d'eau*. Thèse de doctorat en Géographie et Aménagement, université de Paris IV, 459 p.

**Laboratoire Hydraulique de France, (1996), pour la DDE Gard et la commune de Villeneuve-lès-Avignon**, Analyse et cartographie du risque inondation.

**Naulet R. (2002)**, Utilisation de l'information des crues historiques pour une meilleure prédétermination du risque d'inondation. Application au bassin de l'Ardèche à Vallon-Pont-d'Arc et Saint-Martin-sur-Ardèche. Thèse de doctorat en sciences de la terre, Université Grenoble 1, INRS ETE, université de Quebec, 322p.

**SARL Youenou-Guelhes- géomètre experts (janvier 2004) pour SIARTA**, Profil des Roubines,

**SAFEGE, (2007), pour SMBVGR**, Gestion du secteur Cougourlier / Franquevaux – Optimisation de l'expansion des crues au pied des Costières

**SERTIT, (2005)**, spatiocarte dynamique de l'inondation de 2005, secteur de Vauvert, dept du Gard.

**SIEE Ginger Environnement, pour la Direction Régionale de l'Environnement, région PACA, et la Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction, (2007)**, L'approche hydrogéomorphologique en milieux méditerranéens, 59p.

**SIEE (septembre 2000) pour le Conseil Général du Gard**, Etude hydraulique d'aménagement pour l'évacuation des eaux pluviales de la plaine de Roquemaure dans le secteur de Tras le puy. Note d'incidences des aménagements proposés.

**SIEE (mars 1999) pour la commune de Lirac**, Etablissement des zones inondables du Nizon.

**SOGREAH (octobre 2004) pour la Mairie de Roquemaure**, Gestion des inondations sur la commune de Roquemaure. Etude d'aide à la décision Rapport définitif.

**STUCKY (octobre 2007), pour le SCCV Château Pérouse**, Aménagement hydraulique du domaine du Château Pérouse, Commune de St Gilles.

**Territoire Rhône, (2000-2003)**, Etude globale pour une stratégie de réduction des risques dus aux crues du Rhône.