

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

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

*Avril 2011*



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

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

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

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

### Annexe 1 : Calculs des débits des affluents du Vistre

---

**Annexe 2 : Notes hydrologiques complémentaires**

**PIECES JOINTES**

**Carte des sous-bassins versants**

# 1. CONTEXTE, OBJECTIFS, DEMARCHE

## 1.1 PREAMBULE

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

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

Deux autres phases marqueront la suite de la démarche PPRi :

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

**Le présent document constitue le rapport de phase 1 :**

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

## 1.2 LE PERIMETRE D'ETUDE

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

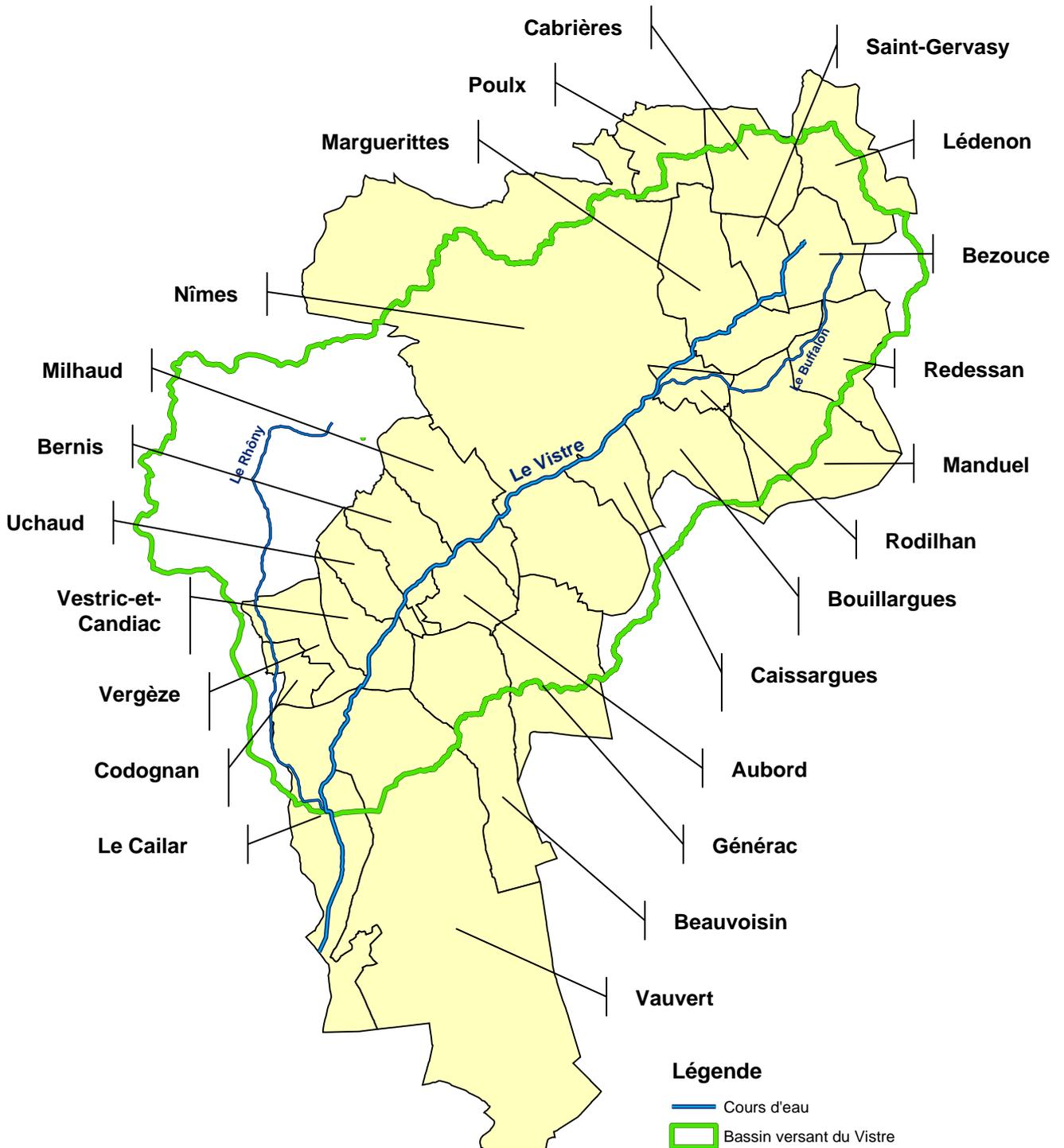
### Cas particulier de la commune de Nîmes

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

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

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

Le périmètre d'étude.



## 1.3 COLLECTE ET SYNTHÈSE DES DONNÉES

### 1.3.1 Rencontres avec les représentants des communes

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

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

### 1.3.2 Collecte des données et synthèse des études existantes

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

Les données recueillies sont les suivantes :

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

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

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

#### Les études hydrauliques existantes.

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

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

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

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



## 2.1 HYDROGRAPHIE ET MORPHOLOGIE

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

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

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

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

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

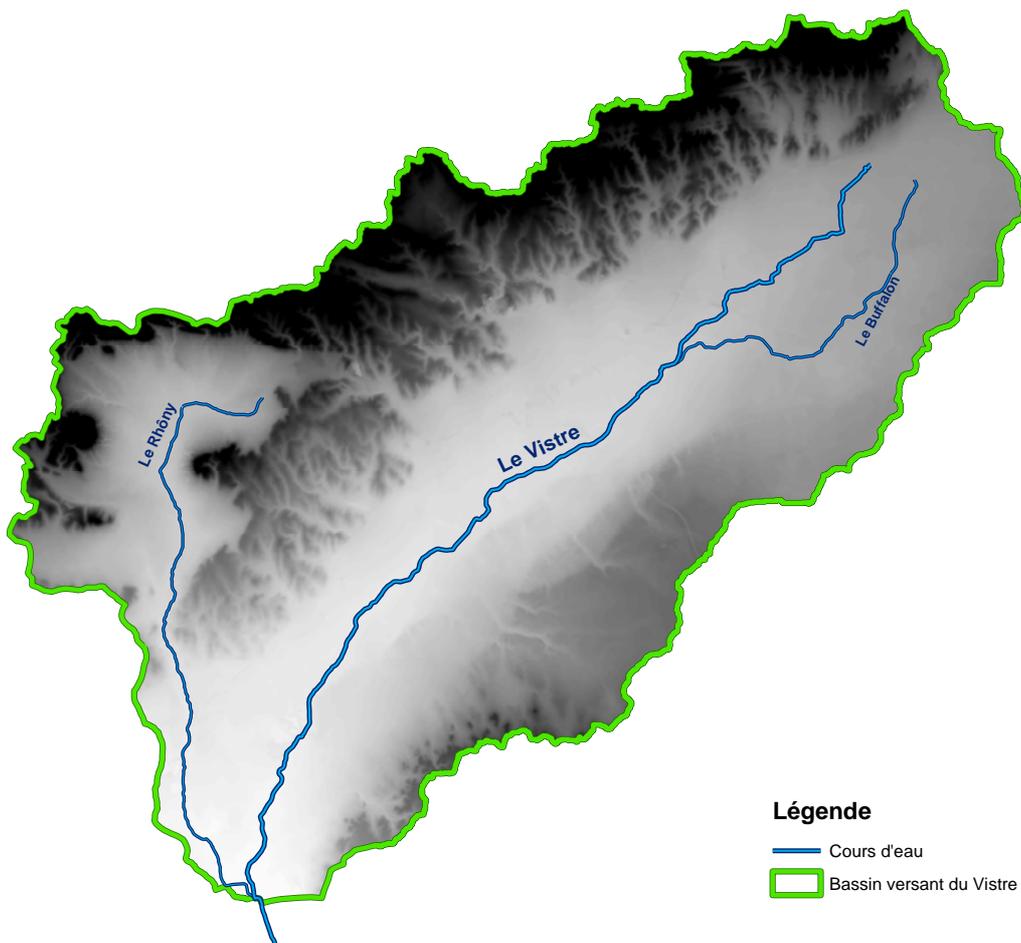
Le réseau hydrographique s'est adapté au relief disparate du bassin versant, constituant ainsi des ruisseaux à fortes pentes, issus des plateaux des Garrigues et des Costières, et des cours d'eau de plaine, à écoulement lentique (Vistre, Rhône et Buffalon).

Les principaux affluents sont d'amont en aval :

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

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

#### Relief du bassin du Vistre.



Source : IGN, 2008.

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

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

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

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

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

## LIT MINEUR

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

Ce type de profil est observable :

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

## BERGES

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

La situation diffère selon les tronçons :

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

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

## ANNEXES HYDRAULIQUES EN LIT MAJEUR

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

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

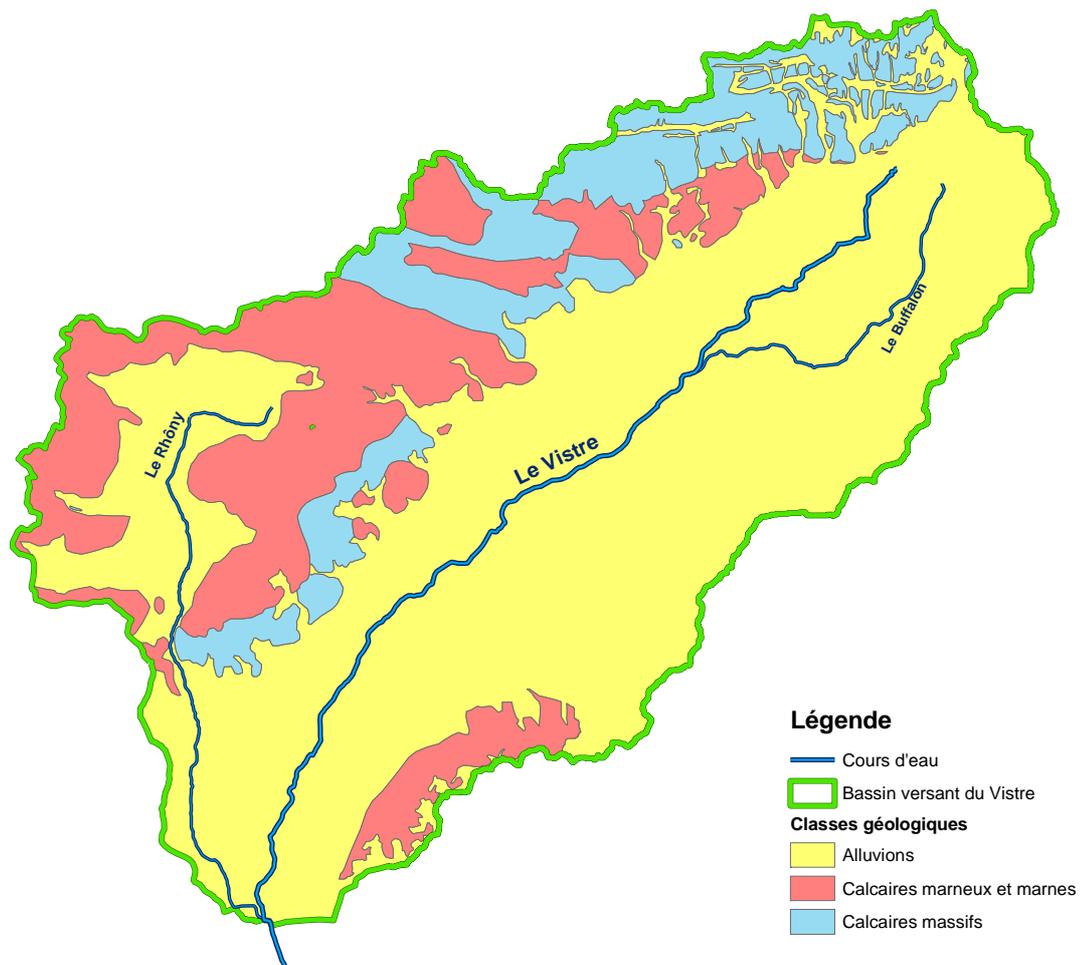
Dans la plupart des cas, les annexes hydrauliques sont déconnectées du Vistre à l'exception des tronçons où la confluence d'un ancien bras avec le Vistre coïncide avec la confluence d'un affluent (exemples : Grand Courant, Vieux Vistre).

## 2.2 NATURE ET OCCUPATION DU SOL

### 2.2.1 Entités géologiques

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

Formations géologiques du bassin du Vistre.



Source : BRGM.

#### FORMATIONS CRETACEES : CALCAIRES MASSIFS

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

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

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

## FORMATIONS DU PLIOCENE : CALCAIRES MARNEUX ET MARNES

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

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

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

## FORMATIONS QUATERNAIRES RECENTES : ALLUVIONS

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

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

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

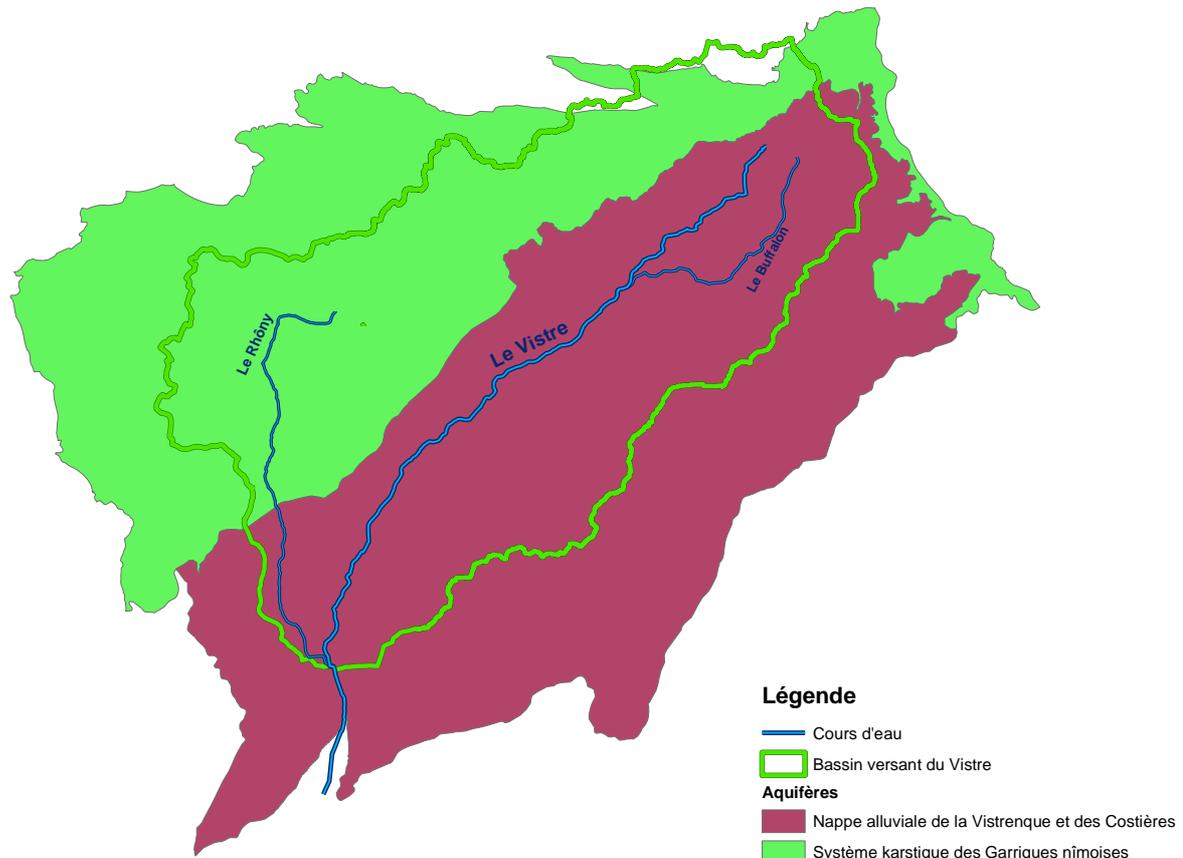
Concernant la tectonique de la zone d'étude, elle se traduit principalement par des mouvements affectant les terrains au Quaternaire avec un enfoncement de la Vistrenque et de la Ria camarguaise et une surélévation des Costières. Ces éléments tendent à conforter la thèse d'une structure générale des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

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

### 2.2.2 Entités hydrogéologiques

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

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

Formations hydrogéologiques du bassin du Vistre.

Source : AE RMC.

## LA NAPPE ALLUVIALE DE LA VISTRENQUE ET DES COSTIERES

Source : SMNVC (SAGE, 2006).

Cet aquifère est constitué de cailloutis d'âge villafranchien (fin tertiaire - début quaternaire) d'environ 5 à 20 mètres d'épaisseur, sur une superficie de 540 km<sup>2</sup>, recouvert de limons sous la plaine de la Vistrenque et affleurant sur les Costières. La réserve naturelle d'eau est estimée à 50 à 100 millions de m<sup>3</sup>. L'alimentation de ces nappes est réalisée essentiellement par infiltration des eaux de pluie mais aussi par l'eau souterraine des calcaires karstiques des garrigues nîmoises. La recharge saisonnière est très variable, avec une moyenne de 8 à 10 millions de m<sup>3</sup>.

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

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

## LE SYSTEME KARSTIQUE DES GARRIGUES NIMOISES

Cet aquifère d'une superficie de 410 km<sup>2</sup> joue un rôle important dans la genèse des crues et alimente notamment la Fontaine de Nîmes.

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

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

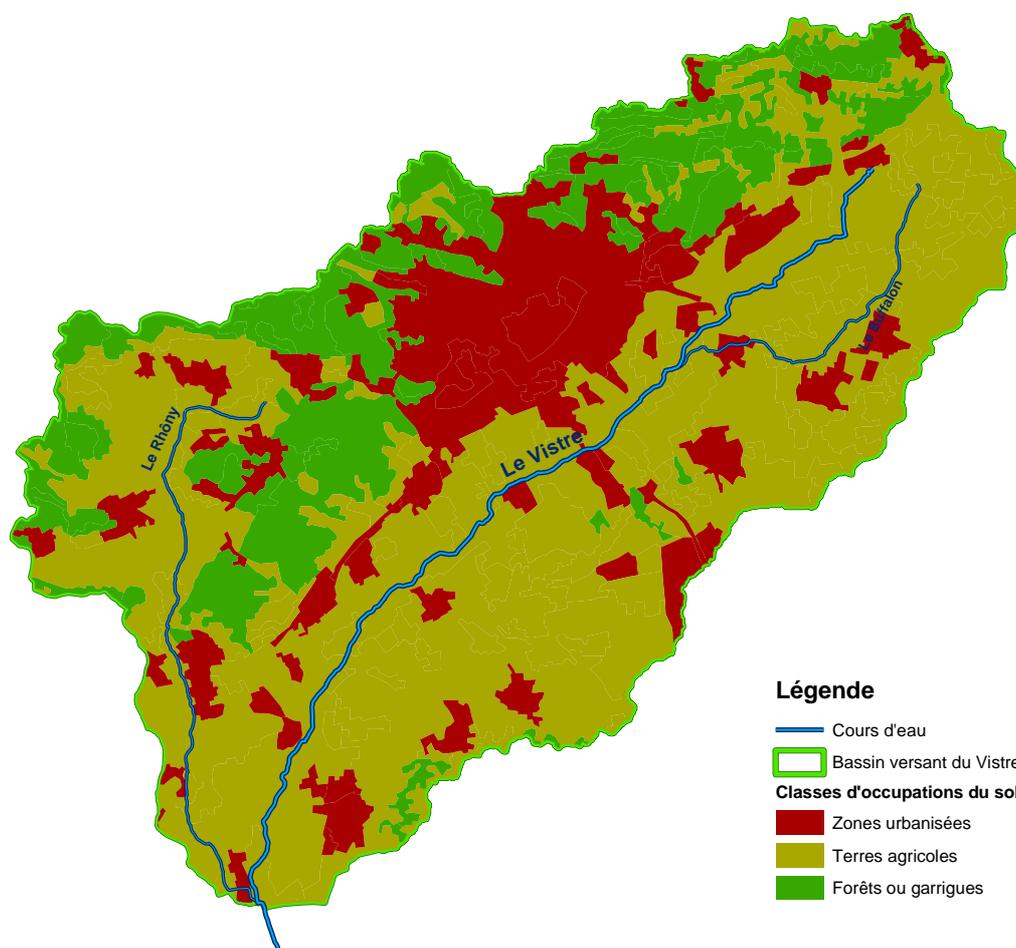
En octobre 1988, les nappes des Garrigues, déjà gonflées par des infiltrations consécutives aux pluies de septembre, n'auraient stockées que 4 à 4 200 000 m<sup>3</sup> d'eau, et celles du piémont, alimentées en partie par celles des Garrigues, auraient emmagasiné 300 000 m<sup>3</sup> d'eau au maximum.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

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

### 2.2.3 Occupation du sol

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

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

Occupations du sol bassin du Vistre.

Source : IFEN (Corine Land Cover 2006).

La répartition de la superficie du bassin versant étudié (490 km<sup>2</sup> au total) entre les différents zonages est la suivante :

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

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

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

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

## 2.3 CLIMAT ET PLUVIOMETRIE

### 2.3.1 Caractéristiques hydroclimatiques

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

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

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

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

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

Pour mémoire :

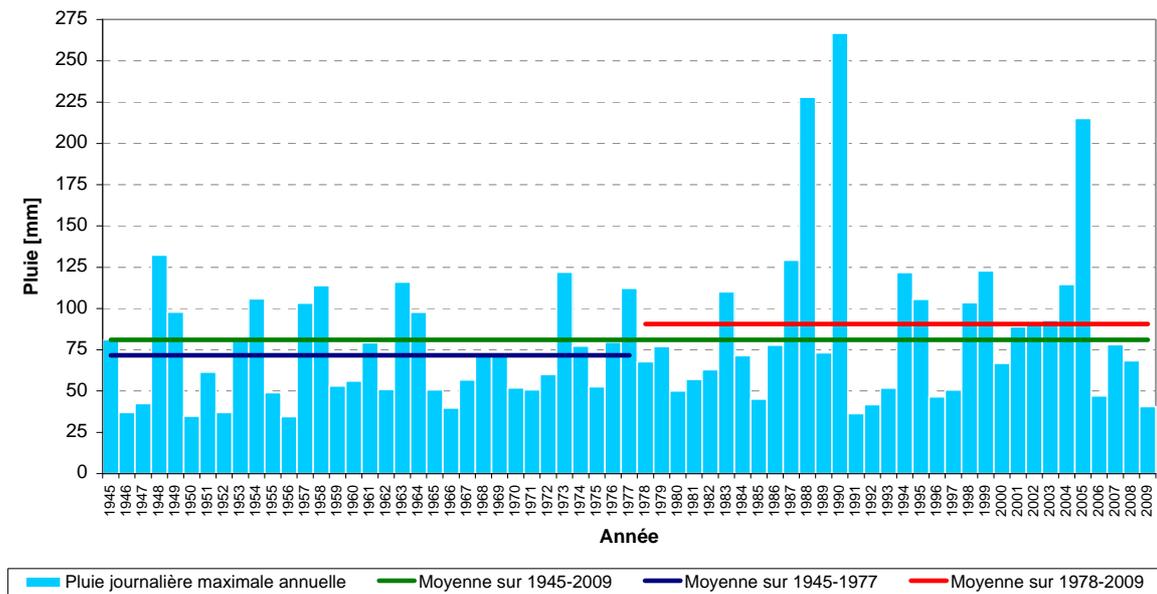
- ▶ 420 mm de précipitations ont été enregistrées à la station Météo France de Nîmes – Mas de Ponge dans la nuit du 2 à la matinée du 3 octobre 1988, dont plus de 220 mm qui se sont abattus en 3h30 (le pluviomètre a débordé) ;
- ▶ 325 mm de précipitations en 24 heures ont été enregistrées à Bernis dans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

### 2.3.2 Impact du changement climatique

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

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

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



Source : Météo France.

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

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

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

## 2.4 AMENAGEMENTS STRUCTURANTS ET OUVRAGES HYDRAULIQUES

### 2.4.1 Historique des aménagements

#### 2.4.1.1 Le Vistre

Source : SMBVV (site internet, 2009).

##### DES ORIGINES AU XIXÈME SIÈCLE

##### Premiers aménagements : XIIème et XIIIème siècles

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

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

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

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

##### De nouvelles créations de canaux au XVIIème siècle

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

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

##### Le déclin des activités liées au Vistre après la Révolution

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

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

##### Les moulins du XVIème au XIXème siècle

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

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

## DEPUIS LE XIXÈME SIÈCLE : LE CLOISONNEMENT DU BASSIN

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

### Les routes

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

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

### Les voies ferrées

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

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

### Les canaux

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

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

### Le constat

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

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

## DEPUIS 1945 : LES GRANDS AMENAGEMENTS

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

### L'extension urbaine

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

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

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

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

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

### Le développement agricole sur des terres humides ou incultes

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

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

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

### Le recalibrage et la rectification des cours d'eau

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

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

## LIMITES DES AMENAGEMENTS ET ORIENTATIONS ACTUELLES

### Un constat préoccupant

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

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

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

### Les objectifs actuels, les projets pilotes

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

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

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

### 2.4.1.2 Le Rhône

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

#### JUSQU'À LA FIN DU XVIII<sup>ÈME</sup> SIECLE

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

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

#### DU XIX<sup>ÈME</sup> SIECLE A LA SECONDE GUERRE MONDIALE

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

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

#### DE LA SECONDE GUERRE MONDIALE A AUJOURD'HUI

Les travaux réalisés après guerre avaient pour objectif :

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

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

On note ensuite les modifications suivantes :

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

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

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

### 2.4.1.3 Le Buffalon

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

#### DES ORIGINES A LA REVOLUTION

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

#### DE LA REVOLUTION A LA SECONDE GUERRE MONDIALE

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

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

#### DE LA SECONDE GUERRE MONDIALE A AUJOURD'HUI

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

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

### 2.4.2 Ouvrages hydrauliques actuels

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

- ▶ sur Bezouze :
  - OH\_VIS\_01 : pont voie SNCF
  - OH\_VIS\_02 : pont La Solitude
  - OH\_VIS\_03 : pont Pierre Ficade
  - OH\_VIS\_04 : pont RD3b (Mas Saint-André)
  - OH\_VIS\_05 : sur la commune de Bezouze :
- ▶ sur Saint-Gervasy :

- OH\_VIS\_06 : pont RD3
- ▶ sur Marguerittes :
  - OH\_VIS\_07 : pont de la Lone
  - OH\_VIS\_08 : pont du Mas de Brignon
  - OH\_VIS\_09 : pont de Viécouloures
  - OH\_VIS\_10 : pont RD135a
  - OH\_VIS\_11 : pont voie SNCF
- ▶ sur Nîmes :
  - OH\_VIS\_12 : pont du Mas Florival
  - OH\_VIS\_13 : pont RD135
  - OH\_VIS\_14 : pont RD999 (Pont de Car)
  - OH\_VIS\_15 : pont du Mas de Peyre
  - OH\_VIS\_16 : pont du Mas du Rac
  - OH\_VIS\_17 : passerelle amont RN113 (Moulin Gazay)
  - OH\_VIS\_18 : pont RN113 (Moulin Gazay)
- ▶ sur Caissargues :
  - OH\_VIS\_19 : pont Moulin de Villard
  - OH\_VIS\_20 : pont A54
  - OH\_VIS\_21 : pont RD42
  - OH\_VIS\_22 : pont de Caissargues
  - OH\_VIS\_23 : pont du Moulin d'Ours
- ▶ sur Nîmes à nouveau :
  - OH\_VIS\_24 : pont RD13
  - OH\_VIS\_25 : pont voie SNCF
- ▶ sur Milhaud :
  - OH\_VIS\_26 : pont RD262
- ▶ sur Aubord :
  - OH\_VIS\_27 : pont RD14
- ▶ sur Bernis :
  - OH\_VIS\_28 : pont de Passinove
  - OH\_VIS\_29 : pont des Amphoux
  - OH\_VIS\_30 : pont de Barian (ou des Salesses)
- ▶ sur Bernis :
  - OH\_VIS\_31 : pont de Foucarand
  - OH\_VIS\_32 : pont de la Prade (ou des Fious)
  - OH\_VIS\_33 : pont de l'étang de Vestric
  - OH\_VIS\_34 : pont RD56 de Vestric (Moulin de Candiac)
- ▶ sur Le Cailar :
  - OH\_VIS\_35 : pont du Moulin d'Etienne (ou Moulin Pasquier)
- ▶ sur Vauvert :
  - OH\_VIS\_36 : passerelle du Mas de l'Ausselon
  - OH\_VIS\_38 : pont RN572 (Moulin de la Levade)
- ▶ sur Le Cailar à nouveau :

- OH\_VIS\_39 : pont voie SNCF
- OH\_VIS\_40 : pont RD104

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

- ▶ sur Vergèze :
  - OH\_RHO\_01 : pont de Pascalet
  - OH\_RHO\_02 : pont A9
  - OH\_RHO\_03 : pont RD139
  - OH\_RHO\_04 : pont voie SNCF
  - OH\_RHO\_05 : pont de Pascalet
- ▶ sur Codognan :
  - OH\_RHO\_06 : pont de la Monnaie
  - OH\_RHO\_07 : pont de la Monnaie
  - OH\_RHO\_08 : pont de la Védière
  - OH\_RHO\_09 : pont de la Monnaie
  - OH\_RHO\_10 : pont RN113
  - OH\_RHO\_11 : siphon BRL
- ▶ sur Le Cailar :
  - OH\_RHO\_12 : pont du Mas Destier
  - OH\_RHO\_13 : pont de l'Hôpital (RD979)
  - OH\_RHO\_14 : pont du Clapas
  - OH\_RHO\_15 : pont RD6572 (Croix de Sang)
  - OH\_RHO\_16 : pont voie SNCF
  - OH\_RHO\_17 : pont RD104 (traversée du Cailar)
  - OH\_RHO\_18 : pont Est (traversée du Cailar)
  - OH\_RHO\_19 : pont Sud-Est (traversée du Cailar)

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

- ▶ sur Bezouze :
  - OH\_BUF\_01 : pont du Cheval Blanc
  - OH\_BUF\_02 : pont du Mazet
  - OH\_BUF\_03 : pont de Pédagouïre
  - OH\_BUF\_04 : pont des Caubres
- ▶ sur Redessan :
  - OH\_BUF\_05 : pont de Rastègues
  - OH\_BUF\_06 : pont du Mas du Sacré-Cœur
  - OH\_BUF\_07 : pont RD3
  - OH\_BUF\_08 : pont des Jonquilles
- ▶ sur Manduel :
  - OH\_BUF\_09 : pont de Boisset
  - OH\_BUF\_10 : pont amont RD999
  - OH\_BUF\_11 : pont RD999
  - OH\_BUF\_12 : pont amont voie SNCF
  - OH\_BUF\_13 : pont voie SNCF

- OH\_BUF\_14 : pont aval voie SNCF
  - OH\_BUF\_15 : pont RD403
  - OH\_BUF\_16 : pont du Mas du Moulin
- ▶ sur Rodilhan :
- OH\_BUF\_17 : pont Donadille
  - OH\_BUF\_18 : pont du Lycée Agricole
  - OH\_BUF\_19 : pont RD135a
  - OH\_BUF\_20 : pont RD257
  - OH\_BUF\_21 : pont de la Vicairesse
  - OH\_BUF\_22 : pont du Moulin de l'Hôpital
  - OH\_BUF\_23 : pont RD135
  - OH\_BUF\_24 : pont du Mas de Peyre

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

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

## LIGNES STRUCTURANTES

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

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

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

### 3. ANALYSE PREALABLE DES CRUES HISTORIQUES

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

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

#### 3.1 LES CRUES DU VISTRE DEPUIS PLUS D'UN SIECLE

Source : SMBVV (site internet, 2009).

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

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

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

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

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

## 3.2 LES CRUES MAJEURES RECENTES

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

### 3.2.1 La crue de septembre 2005

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

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

#### SECTEUR AMONT : DE BEZOUCE A MILHAUD

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

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

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



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

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

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



## DE MILHAUD A VAUVERT

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

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

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

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



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

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

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



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

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



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

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



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

## SECTEUR AVAL : DE BEAUVOISIN A SAINT LAURENT D'AIGOUZE

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

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

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



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

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

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

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

## AFFLUENT LE RHONY

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

### 3.2.2 La crue d'octobre 1988

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

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

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

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

### 3.2.3 Autres évènements marquants

#### LA CRUE DE SEPTEMBRE 2002

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

#### LA CRUE DE SEPTEMBRE 2003

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

#### LA CRUE DE DECEMBRE 2003

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

### 3.3 RECENSEMENT ET NIVELLEMENT DES REPERES DE CRUE

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

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

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

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

## 4. ANALYSE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE

### 4.1 METHODOLOGIE ET CARTOGRAPHIE

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

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

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

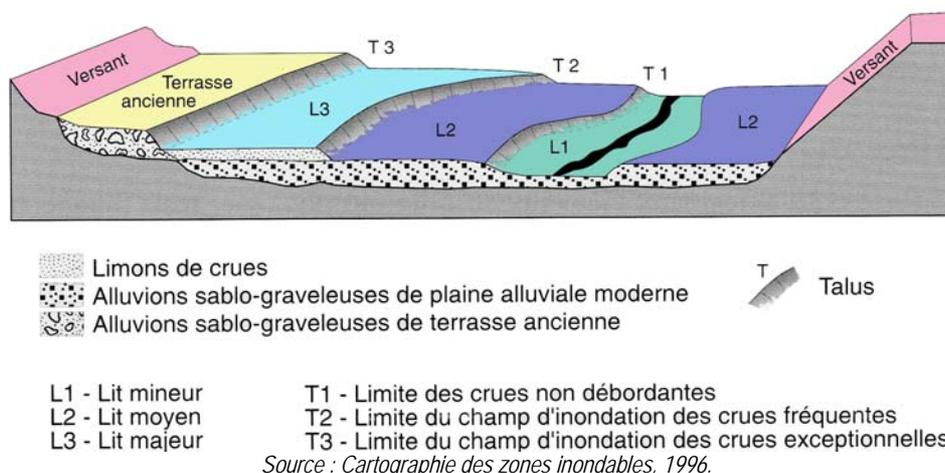
Les données de base utiles à l'analyse géomorphologique et qui ont été exploitées sont les suivantes :

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

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

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

Exemple d'organisation d'une plaine alluviale fonctionnelle.



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

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

## 4.2 COMMENTAIRES

### 4.2.1 Structures encaissantes

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

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

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

### 4.2.2 Plaines alluviales

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

L'analyse antérieure a été complétée sur les affluents du Vistre non traités par l'atlas hydrogéomorphologique existant, en traitant les bassins versants dont la surface est au moins supérieure à 1 km<sup>2</sup>.

### 4.2.3 Ruissellements

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

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

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

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

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

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

## 5. CARTOGRAPHIE ET ANALYSE DES ENJEUX URBAINS

### 5.1 METHODOLOGIE

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

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

L'analyse a consisté à délimiter :

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

Les investigations s'appuient sur :

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

### 5.2 TYPOLOGIE DES ENJEUX URBAINS

#### 5.2.1 Zonage de l'occupation des sols

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

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

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

## 5.2.2 Enjeux urbains ponctuels

### *Enjeux ponctuels stratégiques*

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

### *Enjeux ponctuels sensibles*

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

### *Autres enjeux ponctuels*

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

### *Habitat isolé*

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

## 5.2.3 Enjeux linéaires

Les enjeux linéaires comprennent :

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

## 5.3 CARTOGRAPHIE DES ENJEUX URBAINS

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

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

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

## 5.4 ANALYSE DES ENJEUX URBAINS

### 5.4.1 Généralités

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

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

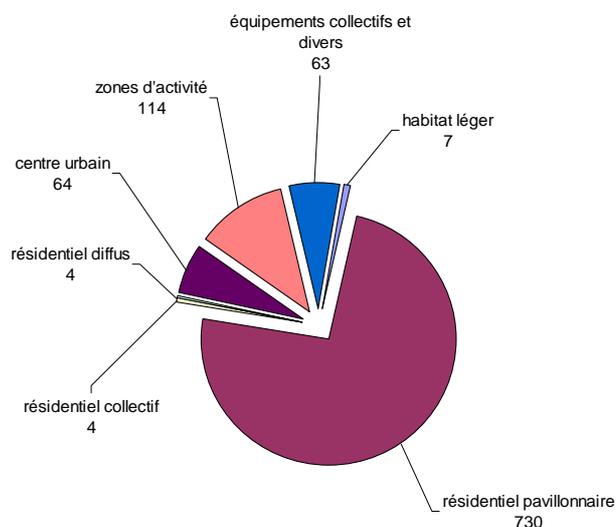
La partie aval du bassin versant du Vistre constitue une porte d'entrée vers la Petite Camargue et vers certaines villes touristiques comme Aigues Mortes, La Grande Motte ou Le Grau du Roi. Cette même zone est traversée par le sentier de Grande Randonnée GR 653.

### 5.4.2 Démographie

Cette zone regroupe 231 013 habitants sur un territoire de 490 km<sup>2</sup>, cette population a plus que doublé en un demi-siècle. La plus grosse commune est Nîmes qui compte 147 114 habitants. Viennent ensuite Vauvert avec 11 008 habitants et Marguerittes avec 8920 habitants. Les autres communes comptent moins de 6000 habitants. (Population au 1er janvier 2006 – Source : INSEE)

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

**Superficie des zones urbaines exposées aux inondations  
(hors Nîmes)**



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

### 5.4.3 Commentaires sur les enjeux par commune

#### 5.4.3.1 Aubord

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

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

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

#### 5.4.3.2 Beauvoisin

Trois lotissements et la partie Est du centre urbain sont exposés au débordement du Gour, pour une superficie de bassin versant inférieure à 1 km<sup>2</sup>. On ne dénombre pas d'enjeux stratégiques ou sensibles dans cette zone. A noter toutefois la présence d'une salle polyvalente, d'une chambre d'hôtes, d'un foyer et d'un temple.

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

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

Le hameau de Franquevaux est exposé aux crues du Rhône.

#### 5.4.3.3 Bernis

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

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

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

#### 5.4.3.4 Bezouze

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

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

#### **5.4.3.5 Bouillargues**

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

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

#### **5.4.3.6 Caissargues**

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

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

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

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

#### **5.4.3.7 Cabrières**

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

#### **5.4.3.8 Générac**

La tache urbaine de Générac est traversée par le Valat de Casseport et le Valat de la Fontaine des Pigeons dont les ruissellements (bassins versants inférieurs à 1 km<sup>2</sup> sur la quasi-totalité de la zone urbaine) s'étendent sur une grande partie des zones pavillonnaires et du centre urbain. Les enjeux concernés sont la mairie, les services techniques, le centre socio culturel, deux écoles et les arènes de la commune.

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

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

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

### **5.4.3.9 Lédenon**

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

Le lit majeur du Valat des Agaouts concerne quelques habitations de zones pavillonnaires, mais seulement sur sa partie amont (bassin versant inférieur à 1 km<sup>2</sup>), ainsi que quelques habitations isolées. Il intercepte la D223 et la D205.

### **5.4.3.10 Manduel**

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

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

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

A noter également quelques habitations isolées à proximité du Buffalon.

### **5.4.3.11 Marguerittes**

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

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

### **5.4.3.12 Milhaud**

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

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

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

### **5.4.3.13 Poulx**

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

#### **5.4.3.14 Redessan**

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

La RD3 menant au centre ville de Redessan est exposée.

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

#### **5.4.3.15 Rodilhan**

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

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

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

#### **5.4.3.16 Saint-Gervasy**

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

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

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

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

#### **5.4.3.17 Uchaud**

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

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

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

#### **5.4.3.18 Vauvert**

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

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

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

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

#### **5.4.3.19 Vestric-et-Candiac**

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

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

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

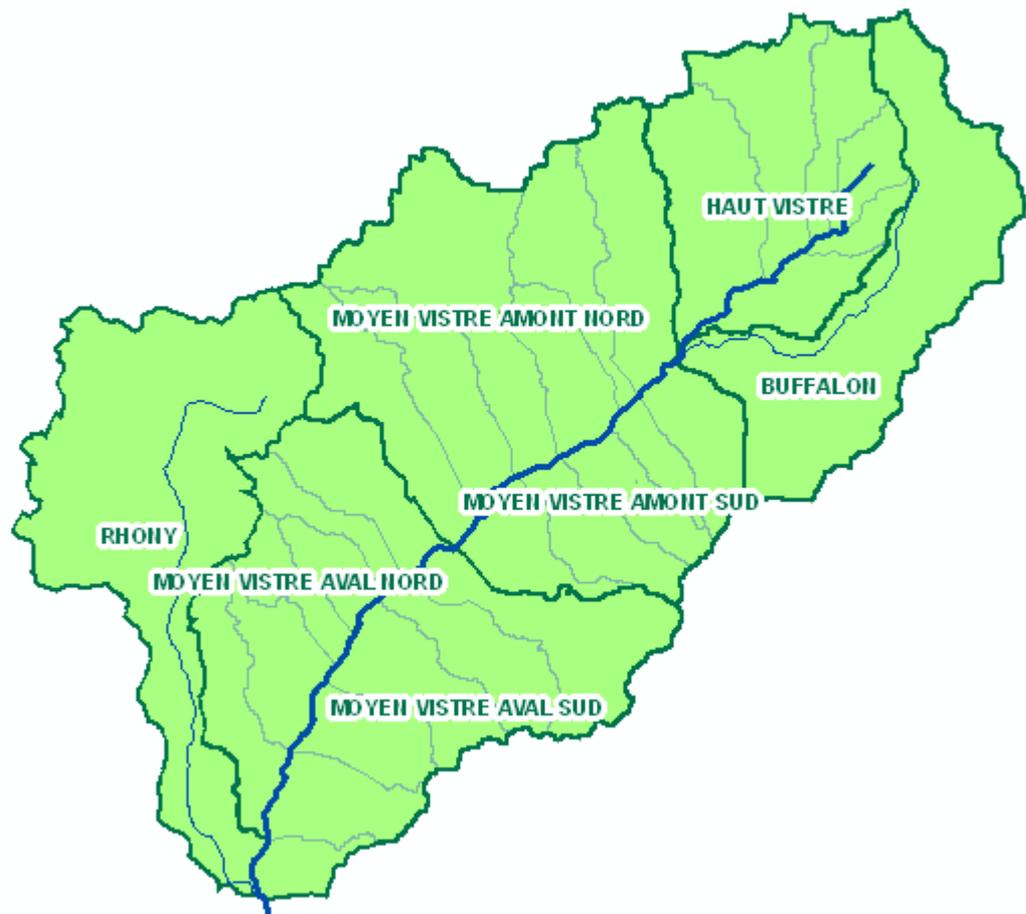
Plus au Nord, entre l'autoroute A9 et le centre urbain, la commune est concernée par du ruissellement pluvial atteignant une partie de la zone d'activités et les lotissements du Nord de la tache urbaine.

## 6. ANALYSE HYDROLOGIQUE

### 6.1 SECTORISATION EN SOUS-BASSINS VERSANTS

Deux niveaux de sectorisation hydrologique du bassin ont été distingués :

- ▶ un premier découpage en **7 sous-bassins versants principaux** utilisé pour l'analyse spatiale des pluies et la caractérisation hydrométéorologique des événements historiques :
  - Haut Vistre (65 km<sup>2</sup>),
  - Buffalon (60 km<sup>2</sup>),
  - Moyen Vistre Amont Nord (105 km<sup>2</sup>),
  - Moyen Vistre Amont Sud (45 km<sup>2</sup>),
  - Moyen Vistre Aval Nord (55 km<sup>2</sup>),
  - Moyen Vistre Aval Sud (70 km<sup>2</sup>),
  - Rhône (85 km<sup>2</sup>)



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

## 6.2 ANALYSE PLUVIOMETRIQUE

### 6.2.1 Réseau de suivi pluviométrique

#### PLUVIOMETRIE AU SOL

Réseau pluviométrique du bassin du Vistre.



**Légende**

- Cours d'eau
- Bassin versant du Vistre
- ▽ Pluviomètre
- ▽ Pluviographe

Notation : « HS » pour « Hors Service »

Source : Météo France, SPC GD.

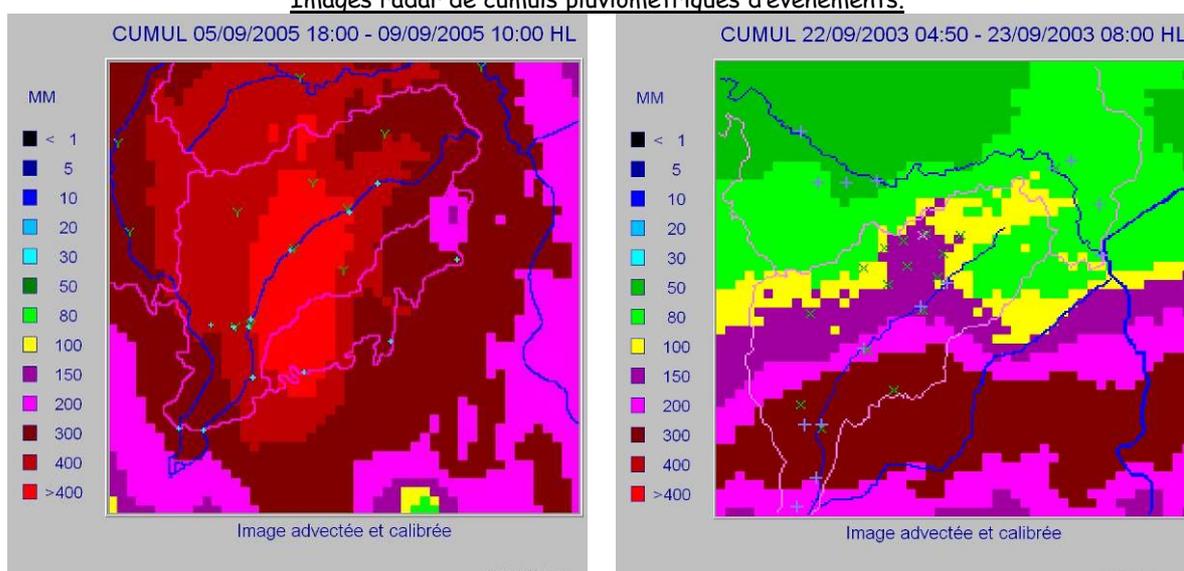
Le réseau de suivi pluviométrique au sol actuel du bassin du Vistre est composé des stations pluviométriques suivantes (14 pluviographes et 10 pluviomètres).

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

\* Nombreuses lacunes pendant la période de la Seconde Guerre Mondiale

## LAMES D'EAU RADAR

### Images radar de cumuls pluviométriques d'évènements.



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

## COMPARAISON ENTRE PLUIE « RADAR » ET PLUIE « SOL »

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

## Cumuls pluviométriques « radar » et « sol ».

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

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

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

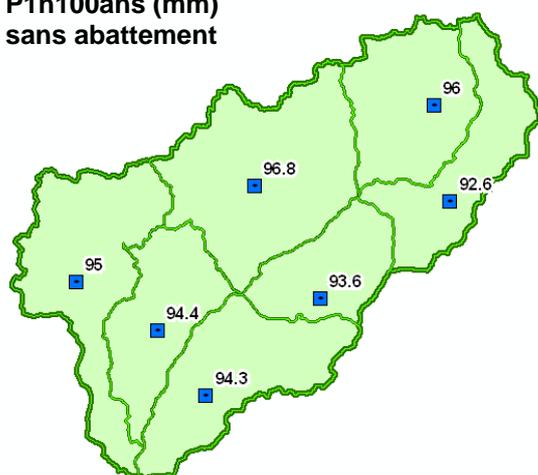
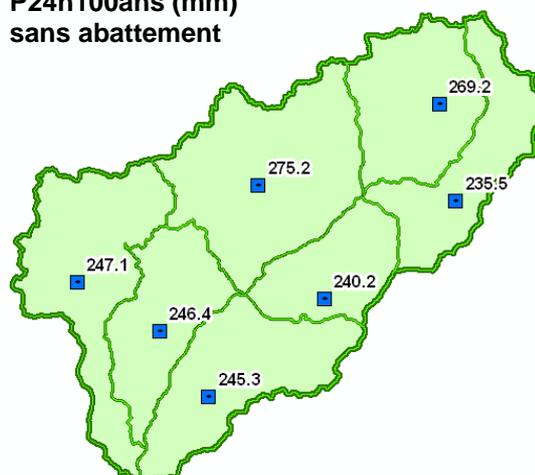
L'écart global moyen entre les pluies « radar » et « sol » est de 15%. On retiendra cette valeur 15% comme ordre de grandeur de l'incertitude sur les mesures radar.

## 6.2.2 Méthode régionalisée SHYREG

La méthode SHYREG développée par le CEMAGREF permet de s'affranchir des biais introduits dans les analyses statistiques par les phénomènes extrêmes très localisés. La pluviométrie est ainsi lissée et spatialisée par maille de 1 km<sup>2</sup>.

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

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

P1h100ans (mm)  
sans abattementP24h100ans (mm)  
sans abattement

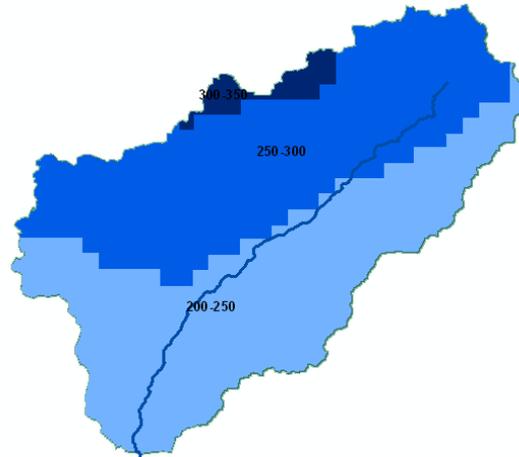
Source : Cemagref - Météo France, 2009 (données extraites de la Climathèque).

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

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

Carte des P24h100ans SHYREG sur le bassin du Vistre.

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



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

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

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

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

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

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

## 6.2.3 Analyse pluviométrique classique

### STATION METEO-FRANCE DE NIMES-COURBESSAC

#### Description générale

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

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



#### Etude statistique des pluies journalières

Sur la base de la chronique complète de pluies journalières de 1945 à 2009 (65 ans), les ajustements statistiques<sup>1</sup> par plusieurs méthodes couramment appliquées en hydrologie ont été réalisés :

- ▶ ajustement de la loi de Gumbel (usuelle en France) sur maxima annuels,
- ▶ ajustement de la loi de Jenkinson (ou GEV) sur les maxima annuels,
- ▶ ajustement de la loi de Log-Pearson III (usuelle aux USA) sur les maxima annuels,
- ▶ ajustement de la loi Exponentielle (ou Fuller) par la méthode du Renouveaulement (seuil<sup>2</sup> : 55 mm),
- ▶ ajustement de la loi de Weibull par la méthode du Renouveaulement (seuil : 55 mm).

Le graphique ci-après présente les courbes d'ajustement obtenues par ces différentes méthodes ainsi que les maxima annuels des pluies journalières observés sur la période de 1945 à 2009<sup>3</sup> et la courbe d'ajustement de la méthode SHYREG<sup>4</sup> pour le pixel de Nîmes « PPCI, 2005 ».

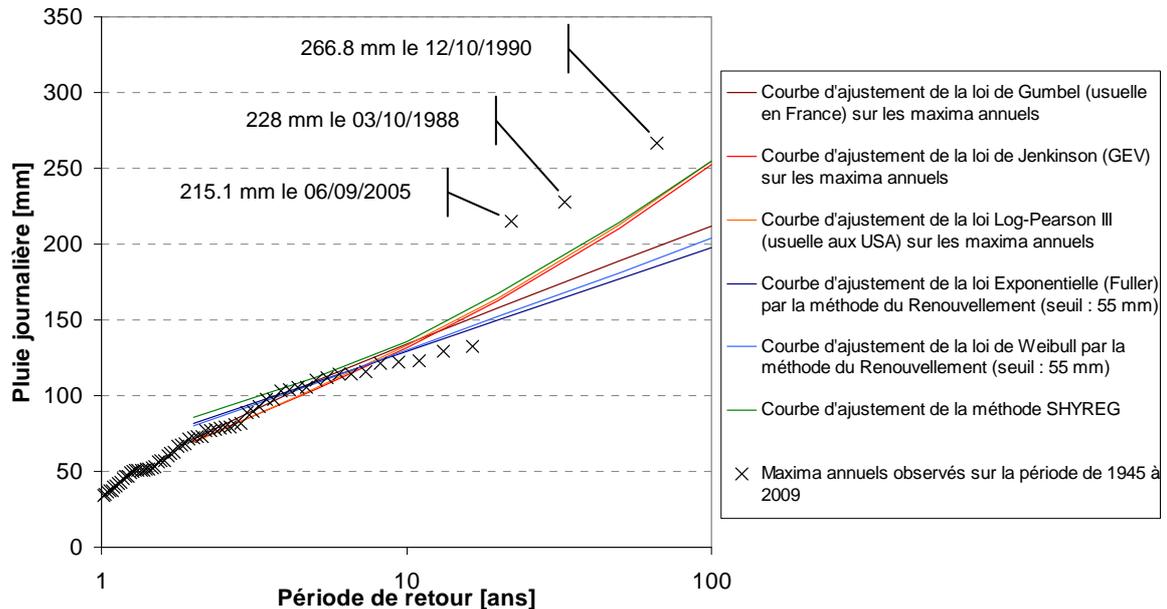
<sup>1</sup> La méthode des Moments a été utilisée pour l'estimation des paramètres des lois statistiques.

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

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

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

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



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

- ▶ les 3 valeurs maximales observées (12 octobre 1990, 3 octobre 1988 et 6 septembre 2005) revêtent un caractère très exceptionnel d'après l'ensemble des différentes méthodes,
- ▶ les résultats obtenus par ajustement des lois de Jenkinson et de Log-Pearson III sur les maxima annuels et ceux issus de la méthode SHYREG ont un comportement asymptotique similaire pour les périodes de retour supérieures à 10 ans ; les quantiles de pluies journalières centennales issues de ces 3 méthodes sont de l'ordre de 250 mm et sont supérieurs à ceux issus des autres méthodes<sup>5</sup> ;
- ▶ les résultats obtenus par ajustement de la loi de Gumbel sur les maxima annuels et ceux issus de la méthode du Renouveau ont un comportement asymptotique similaire pour les périodes de retour supérieures à 10 ans ; les quantiles de pluies journalières issues de ces 3 méthodes sont de l'ordre de 200 mm et sont inférieurs à ceux issus des autres méthodes.

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

- ▶ la méthode des maxima annuels avec ajustement de la loi GEV<sup>6</sup>,
- ▶ la méthode régionalisée SHYREG.

### Etude statistique des pluies horaires

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

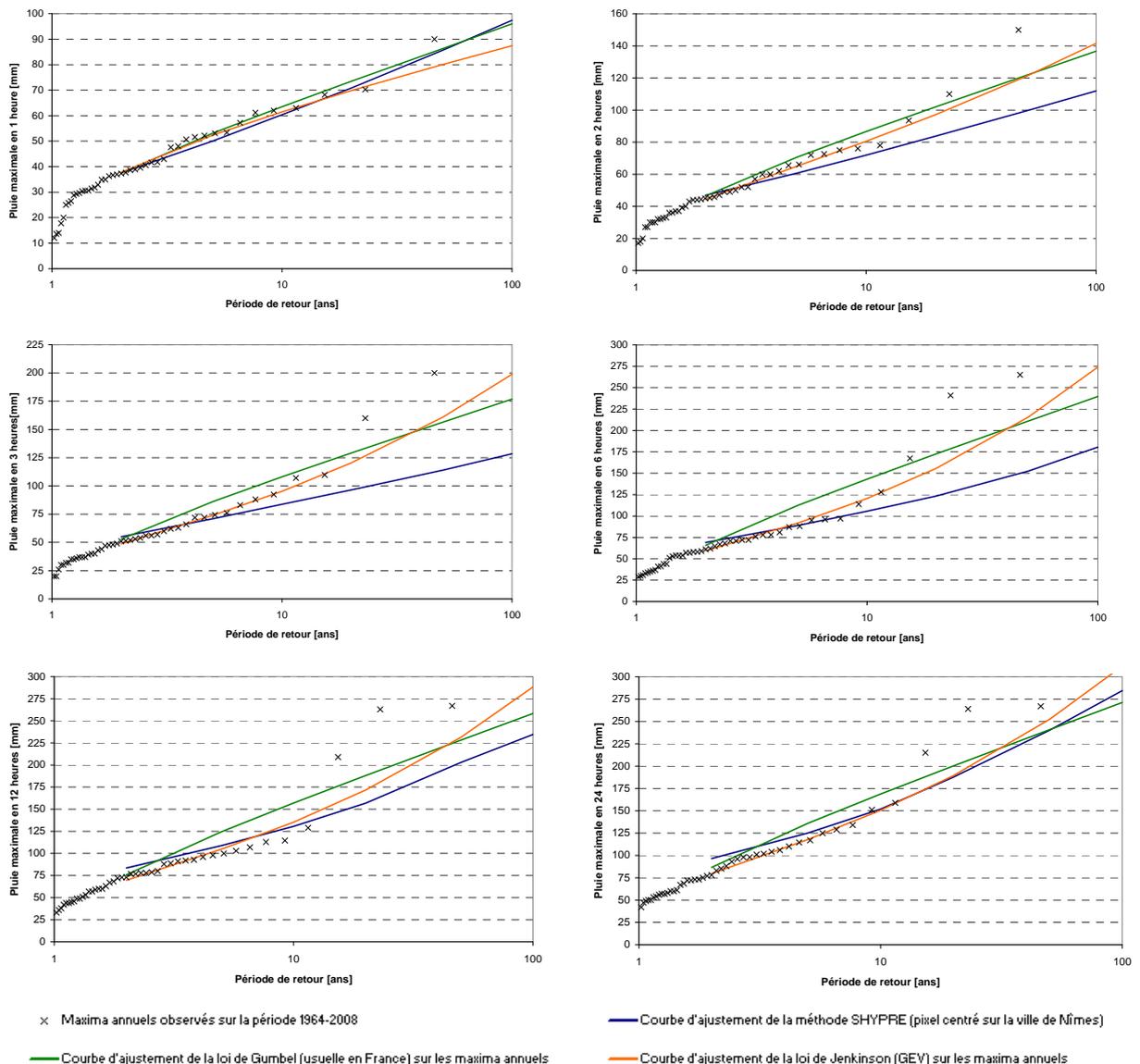
- ▶ ajustement de la loi de Gumbel (usuelle en France) sur maxima annuels,
- ▶ ajustement de la loi de Jenkinson (ou GEV) sur les maxima annuels.

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

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

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

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



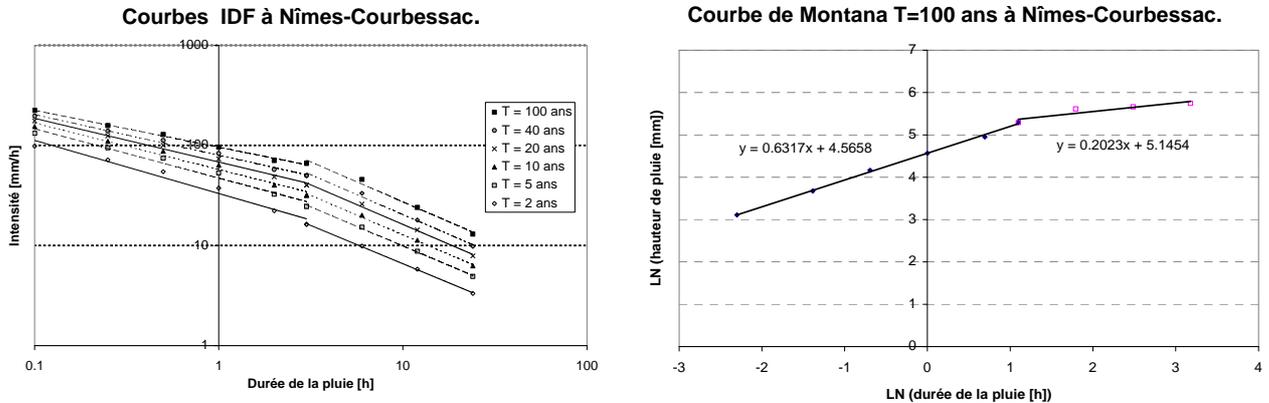
Au vu des graphiques précédents, on peut faire les remarques suivantes :

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

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

## Construction des courbes IDF et des courbes de Montana

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



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

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

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

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

## AUTRES STATIONS DE DUREES D'OBSERVATIONS SUPERIEURES A 30 ANS

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

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

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

## Stations retenues dans le cadre de cette analyse

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

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

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

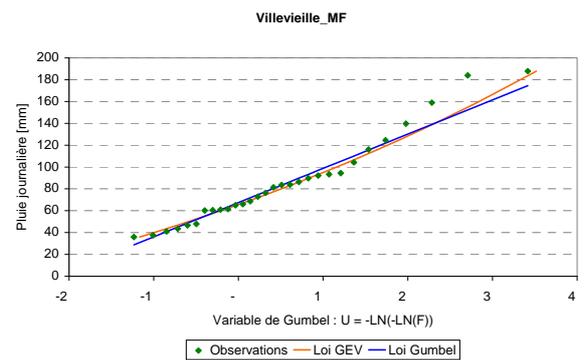
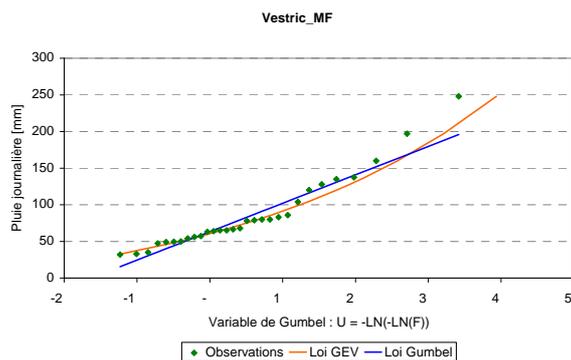
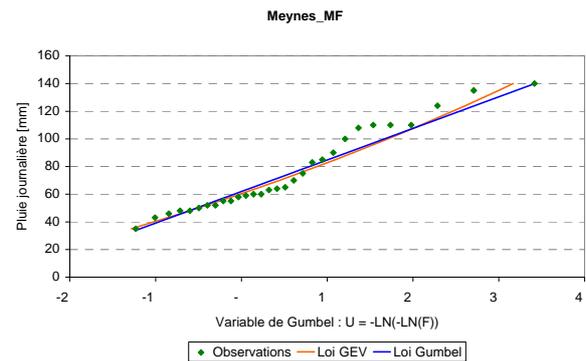
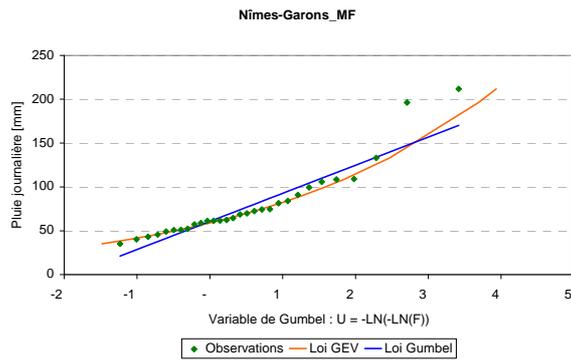
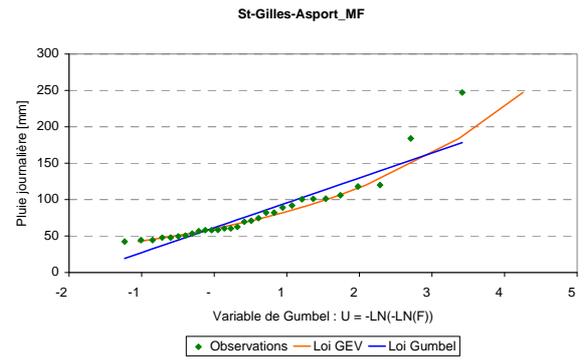
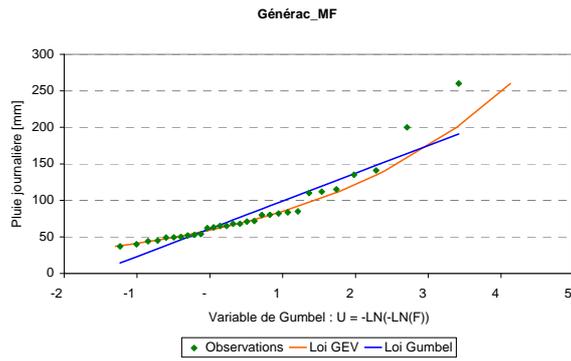
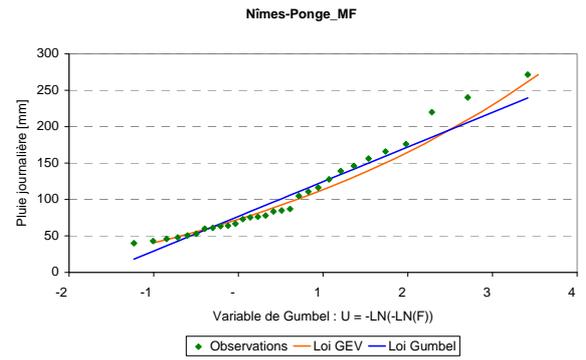
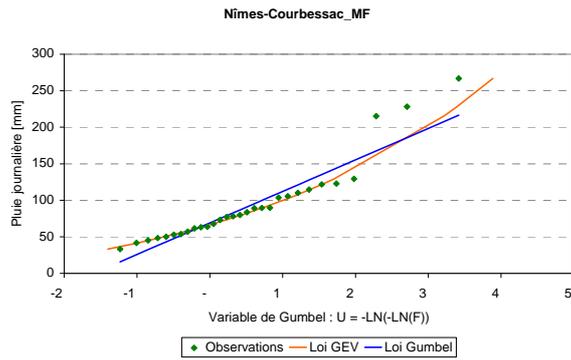
Deux lois statistiques suivantes : Gumbel (usuelle en France) et GEV (Generalized Extreme Value). La méthode des Moments a été utilisée pour estimer les paramètres de ces deux lois.

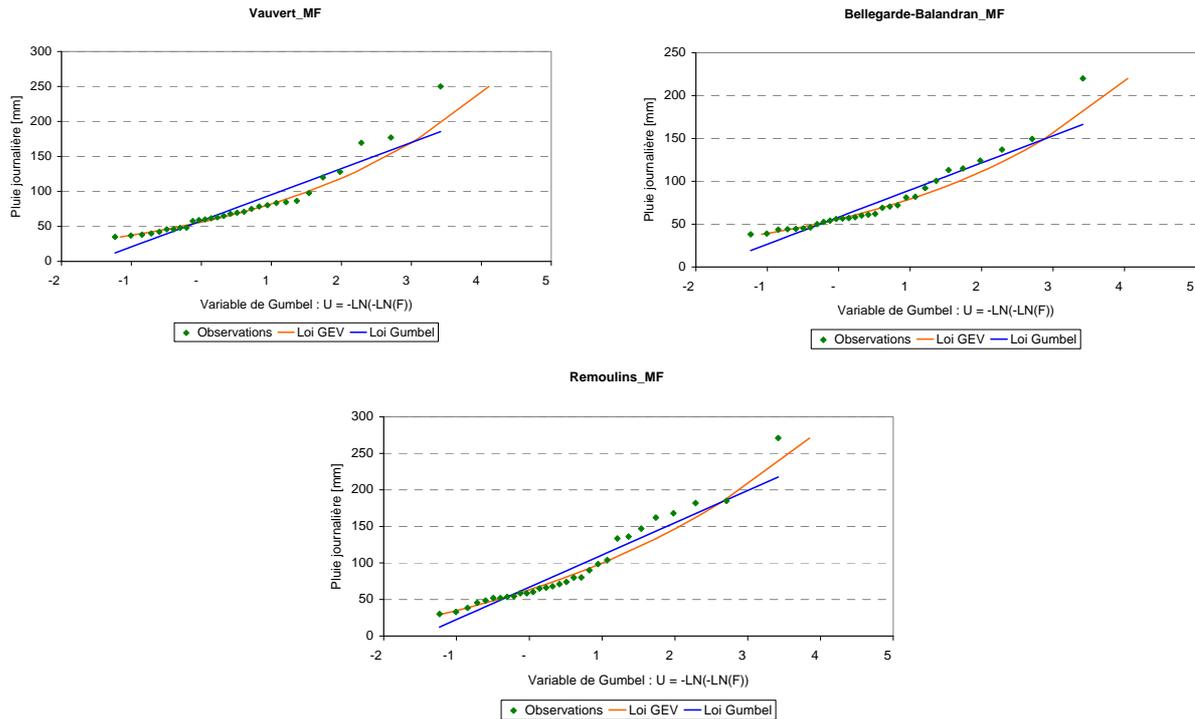
Les calculs statistiques ont été conduits à partir des échantillons de maxima annuels observés de 1978 à 2009 (période commune à l'ensemble des postes<sup>7</sup>), en considérant l'année hydrologique de septembre à août.

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

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

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





L'analyse visuelle des graphiques précédent montre que :

- ▶ Les courbes des deux lois sont en dessous des valeurs extrêmes observées.
- ▶ La loi GEV s'ajuste mieux que la loi Gumbel<sup>8</sup>.

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

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

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

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

### Estimation des quantiles centennaux de pluies horaires

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

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

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

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

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

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

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

## ESTIMATION DES QUANTILES CENTENNAUX DE PLUIES BASSINS

### Quantiles centennaux non abattus

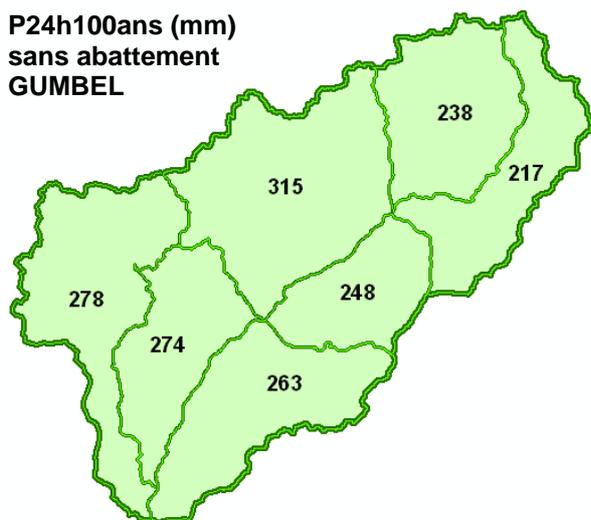
Les quantiles de pluies bassins non abattus ont été déterminés par application de la méthode des polygones de Thiessen. Le tableau ci-après fournit les coefficients de pondération pour les 7 sous-bassins versants principaux ainsi que pour le bassin versant du Vistre au Cailar (zone d'étude).

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

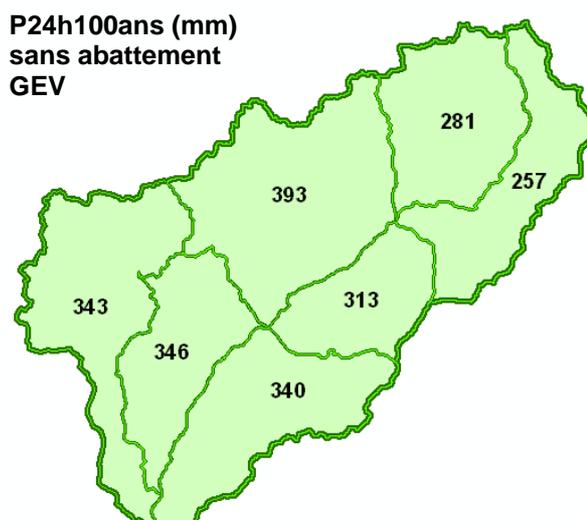
Le tableau ci-après fournit les estimations des quantiles centennaux non abattus des pluies maximales en 24 heures sur chaque sous-bassin.

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

**P24h100ans (mm)  
sans abattement  
GUMBEL**



**P24h100ans (mm)  
sans abattement  
GEV**



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

### Quantiles centennaux abattus

Les quantiles centennaux abattus de pluies de bassins ont été déduits des valeurs non abattues en appliquant le coefficient d'abattement spatial de la formule régionale suivante :  $K = 1 / (1 + 0.02 * S^{0.5} / ((1/T)^{0.07} * d^{0.33}))$  avec S la superficie du BV en km<sup>2</sup>, d la durée de la pluie en h et T la période de retour en années (source : Neppel, 2003).

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

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

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

## 6.2.4 Comparaison avec les pluies diluviennes observées

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

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

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

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

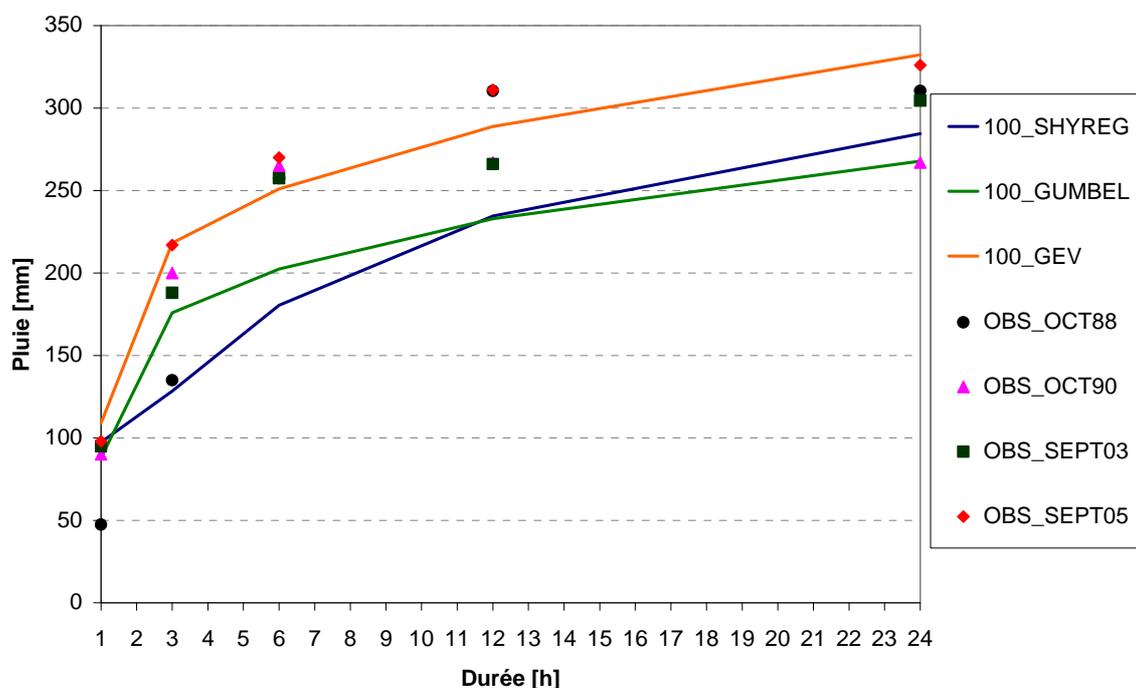
Le cumul record observé sur le bassin versant du Vistre est de 420 mm en 8h30 (220 mm en 3h30) au Mas de Ponge à Nîmes le 3 octobre 1988 (la valeur réelle est supérieure mais le pluviomètre a débordé).

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

- ▶ 100\_SHYREG : quantiles centennaux SHYREG pour un pixel centré sur la Ville de Nîmes (source : *Analyse de l'évènement pluviométrique des 6 et 8 septembre 2005 et comportement des barrages du PPCI – CEMAGREF pour la Ville de Nîmes, octobre 2005*)
- ▶ 100\_GUMBEL : quantiles centennaux non abattus pour le bassin du Vistre au Cailar issus des ajustements statistiques par la loi Gumbel du présent rapport,
- ▶ 100\_GEV : quantiles centennaux non abattus pour le bassin du Vistre au Cailar issus des ajustements statistiques par la loi GEV du présent rapport,
- ▶ OBS\_OCT88 : observations à la station Nîmes-DDE\_SPC le 3 octobre 1988
- ▶ OBS\_OCT90 : observations à Nîmes-Courbessac\_MF le 12 octobre 1990,
- ▶ OBS\_SEPT03 : observations à la station Cailar\_SPC le 22 septembre 2003,
- ▶ OBS\_SEPT05 : observations à la station Bernis\_SPC le 6 septembre 2005.

Comparaison entre les pluies diluviennes et les pluies extrêmes.

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



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

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

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

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

## 6.3 ANALYSE DE L'HYDROMETRIE

### 6.3.1 Réseau hydrométrique

#### DESCRIPTION GENERALE

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

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

Réseau hydrométrique du bassin du Vistre.



Source : SPC GD.

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

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

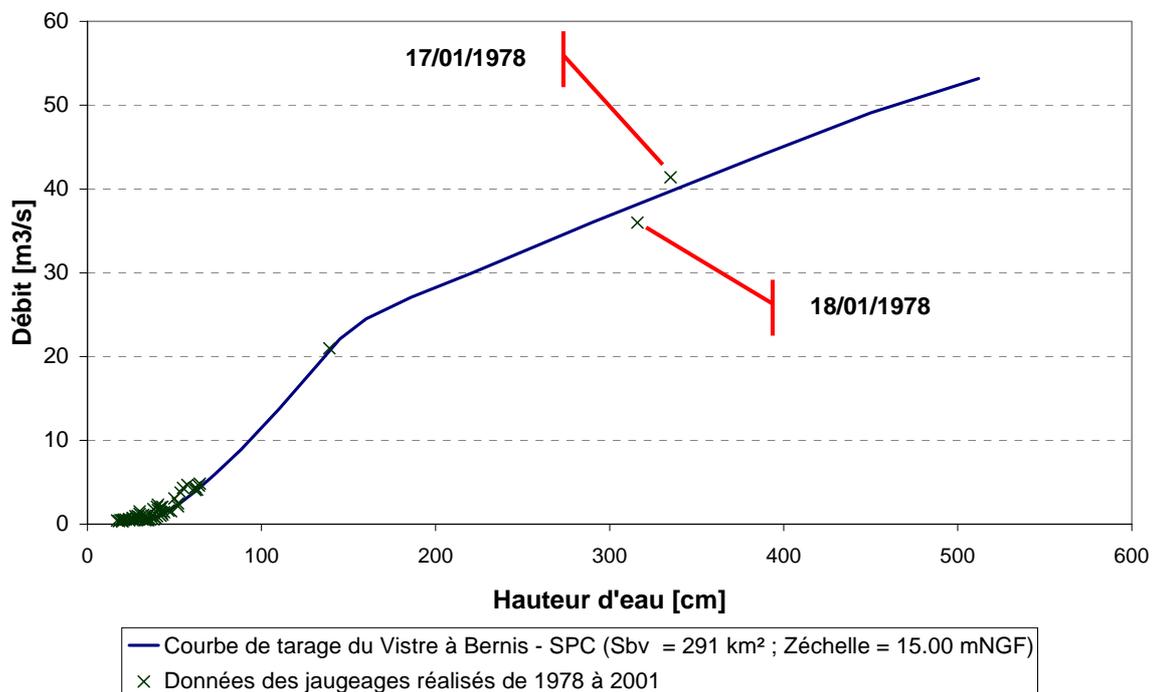
## COURBES DE TARAGE

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

Concernant la station du Vistre au Cailar, elle se situe à l'aval de la défluence du Vistre et du Vieux Vistre. Dans l'état actuel, la répartition des débits au droit de la défluence est inconnue<sup>9</sup>. Par conséquent, il n'est pas possible de construire une relation hauteur-débit en ce point, y compris pour les crues non débordantes.

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

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



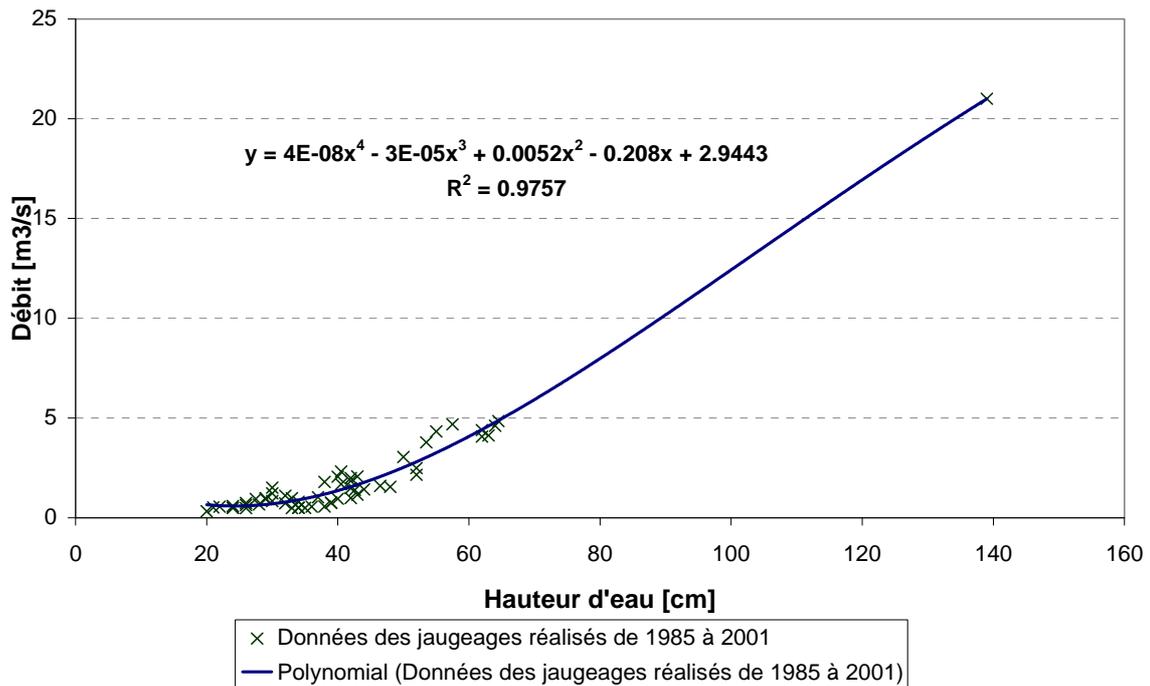
Source : Banque Hydro.

<sup>9</sup> Dans l'étude morphologique du bassin du Vistre (août, 1999), CEDRAT propose tout de même une estimation « à partir des sections des lits mineurs (50 m<sup>2</sup> pour le canal du Vistre et 18 m<sup>2</sup> pour le Vieux Vistre) ; à plein bord, la répartition des débits est donc de l'ordre de 75% pour le Vistre et 25% pour le Vieux Vistre. »

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

Compte tenu de la remarque précédente, on retiendra la courbe de tarage suivante pour la station du Vistre à Bernis valable pour une hauteur d'eau comprise entre 20 et 140 cm, soit une gamme de débits correspondante de 0.3 à 21 m<sup>3</sup>/s.

Courbe de tarage du Vistre à Bernis (2).



La station du Vistre à Bernis est donc la seule station hydrométrique du réseau actuel qui fournisse une relation hauteur-débit utilisable, mais fiable pour des valeurs de débits relativement faibles (inférieures à 20 m<sup>3</sup>/s).

A partir des données de pluies journalières aux postes des stations pluviographiques du SPC GD (construction de la pluie bassin pour le BV du Vistre au droit de la station hydrométrique de Bernis) et des données de débits moyens journaliers à la station du Vistre à Bernis extraites de la Banque Hydro, nous avons estimé le coefficient d'écoulement du Vistre à Bernis (rappel : 291 km<sup>2</sup>) pour les crues (débordantes ou non) de ces 10 dernières années :

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

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

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

## CONCLUSION

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

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

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

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

### 6.3.2 Les hauteurs d'eau maximales observées depuis 1985

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

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

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

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

## 6.4 ANALYSE HYDROLOGIQUE DES CRUES HISTORIQUES

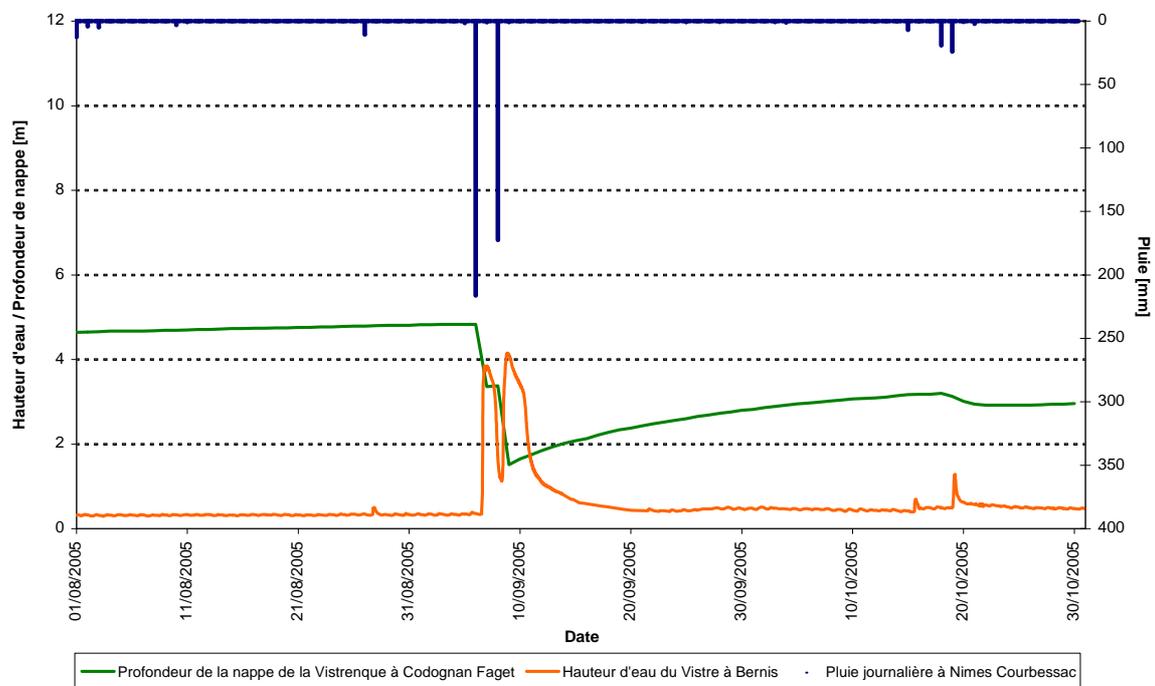
### 6.4.1 Crue de septembre 2005

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

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

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

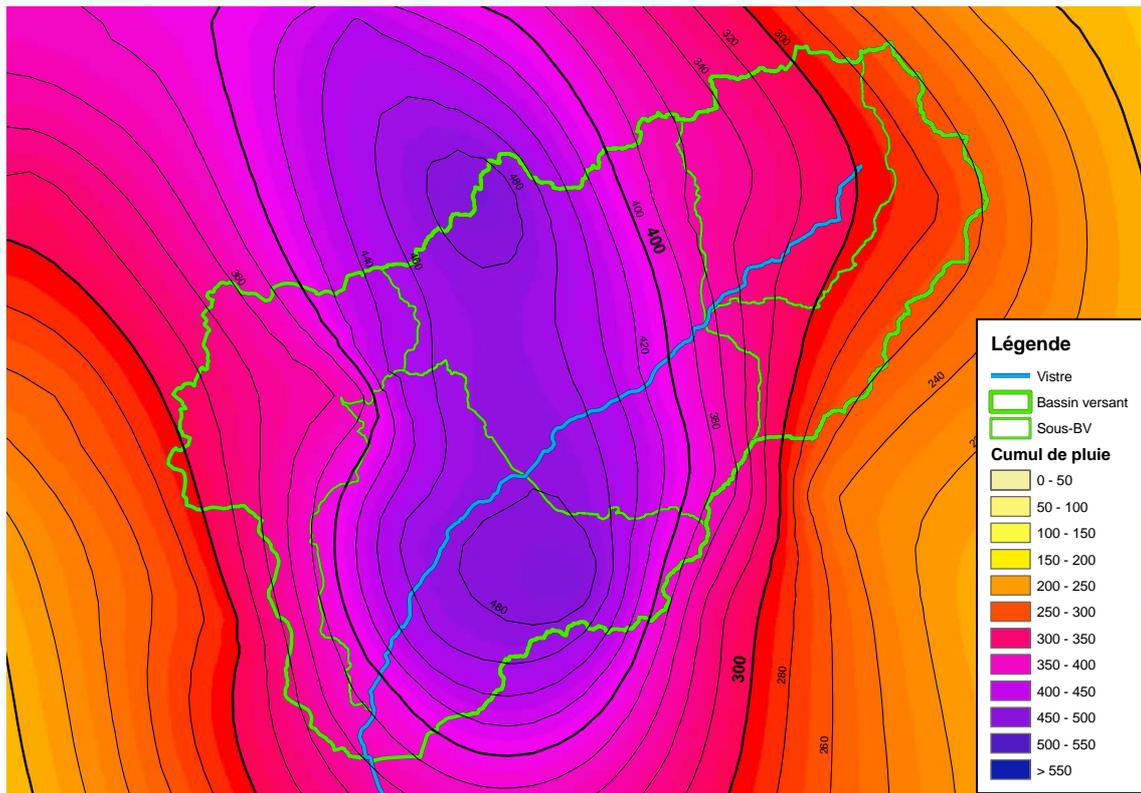
Comportement hydrologique général du Vistre lors de la crue de septembre 2005.



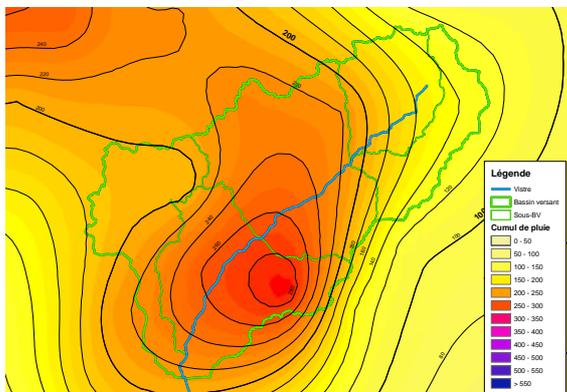
Au vu du graphique précédent, on peut faire les constatations suivantes :

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

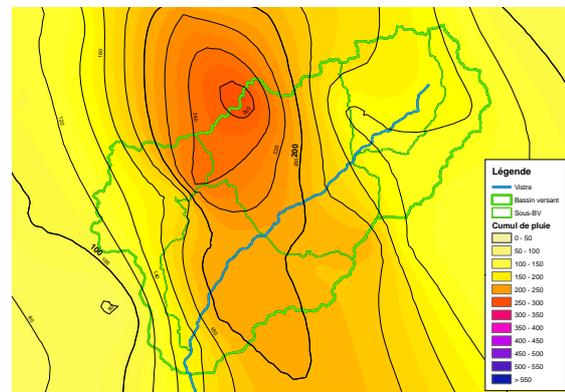
Cumul pluviométrique spatialisé du 06/09/2005 06h00 au 09/09/2005 06h00 (UTC).



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



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

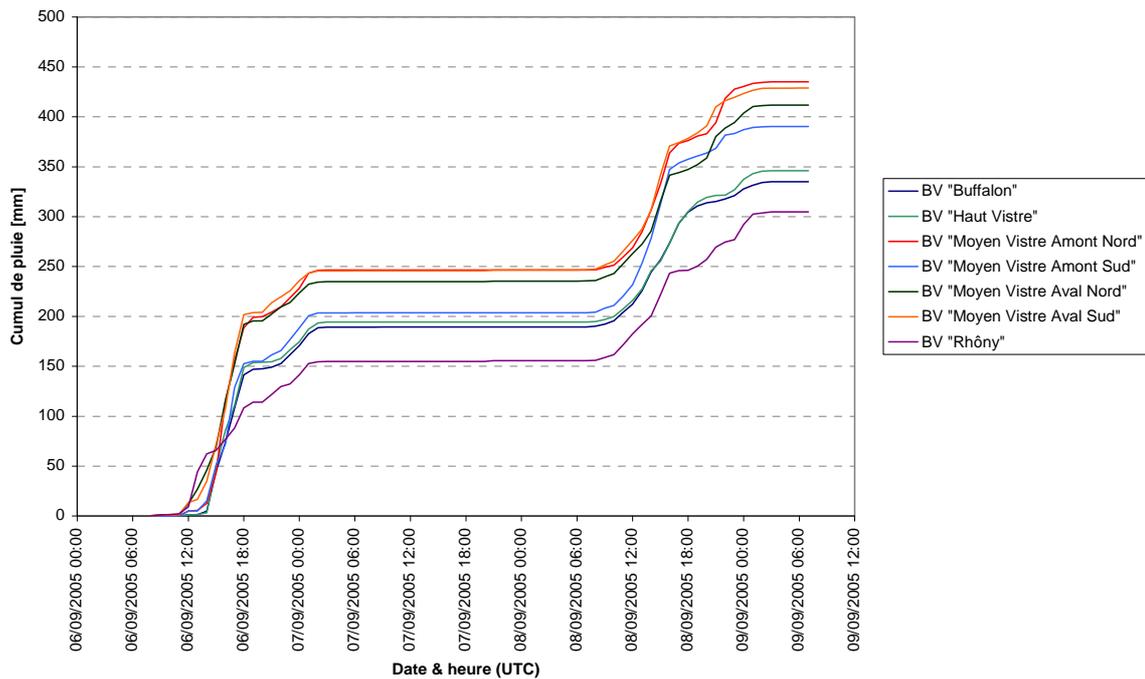


Source : OHMCV (SEVNOL).

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

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

Pluies de bassin - septembre 2005.



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

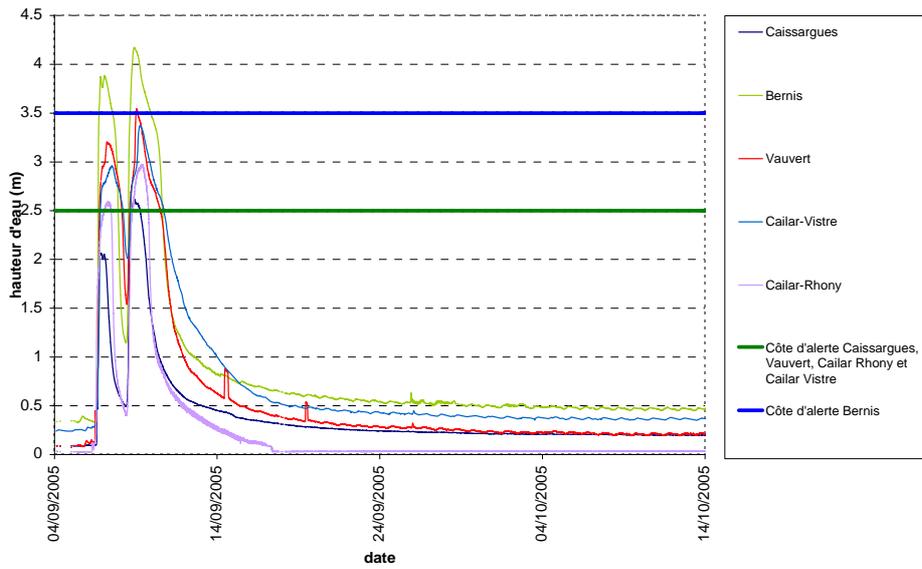
Au regard des pluies de bassin maximales en 12 heures (durée de chacune des deux averses), la période de retour des pluies des sous-bassins versants principaux est inférieure à l'occurrence centennale.

A l'échelle globale du bassin versant (490 km<sup>2</sup>), la pluie maximale en 12h est de 192 mm (1<sup>ère</sup> averse), soit une période de retour comprise entre 25 et 30 ans.

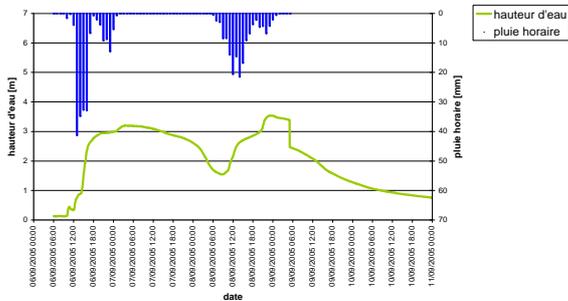
Toujours à l'échelle globale du bassin versant, le cumul pluviométrique total qui correspond à une pluie maximale en 72h est de 388 m. Cette valeur est supérieure au quantile de pluie bassin centennale en 72h (361 mm). **La pluie maximale observée en 72h lors de la crue de septembre 2005 est donc plus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

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

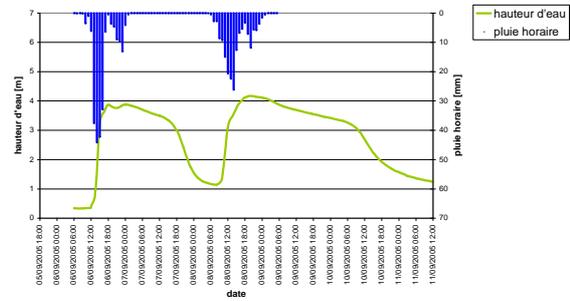
**Limnigrammes et hyétogrammes associés - septembre 2005.**



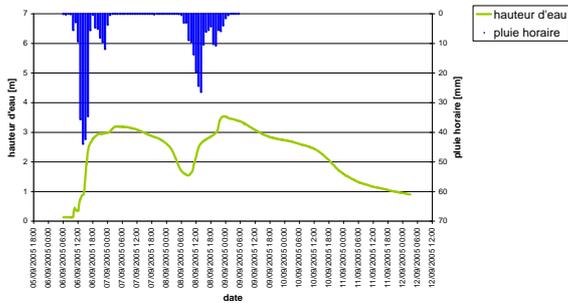
Caissargues sept2005



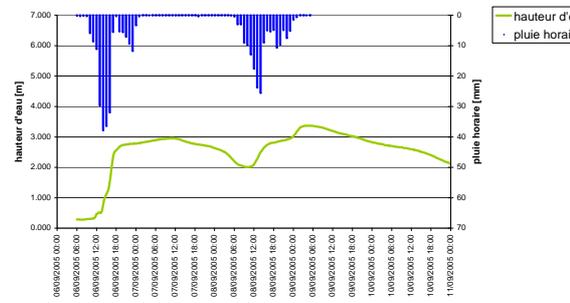
Bernis sept2005



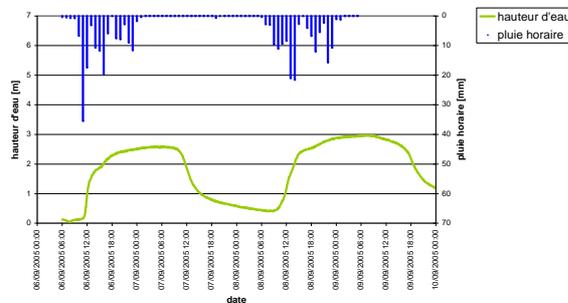
Vauvert sept2005



Vistre au Cailar sept2005



Rhony au Cailar sept2005



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

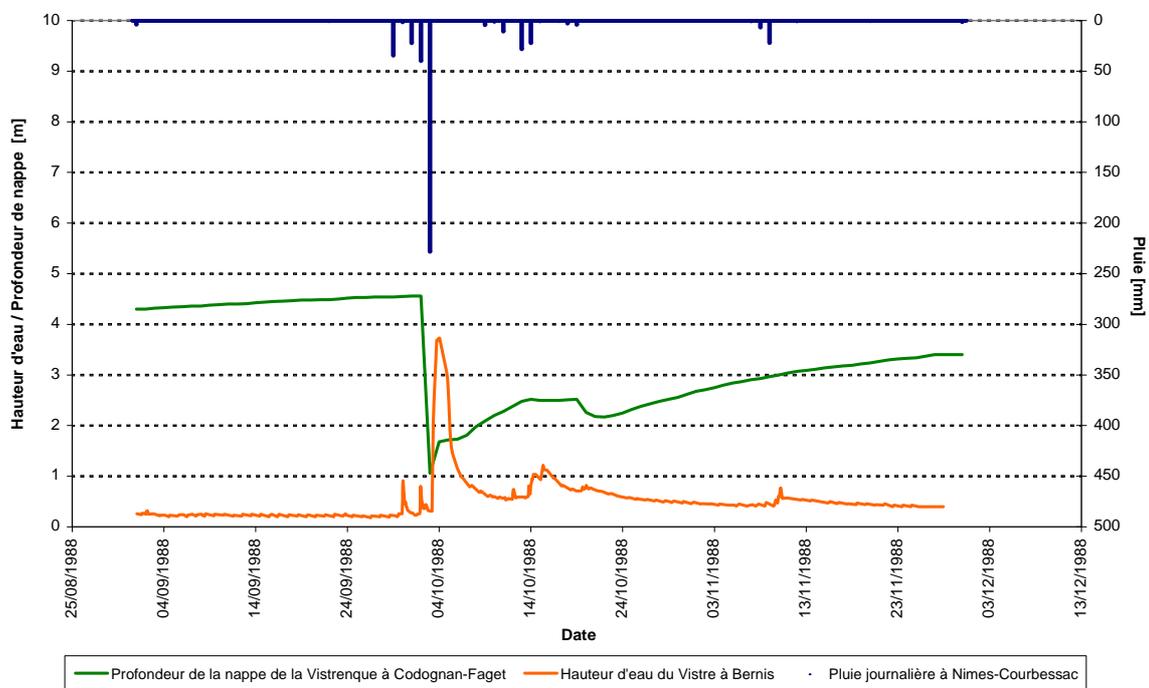
## 6.4.2 Crue d'octobre 1988

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

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

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

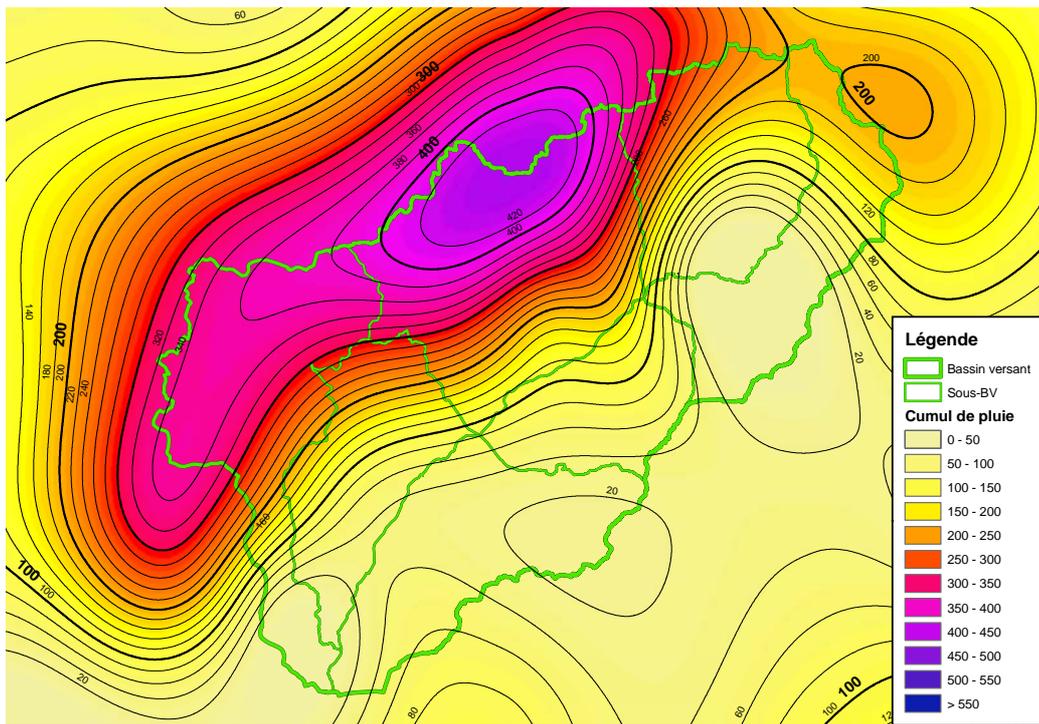
Comportement hydrologique général du Vistre lors de la crue d'octobre 1988.



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

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

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



Source : Météo France, DDTM30.

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

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

Pluies de bassin - octobre 1988.

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

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

A l'échelle globale du bassin versant (490 km<sup>2</sup>), le cumul pluviométrique global, qui correspond peu ou prou à la pluie maximale en 12h est de l'ordre de 170 mm, soit une période de retour de 20 ans.

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

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

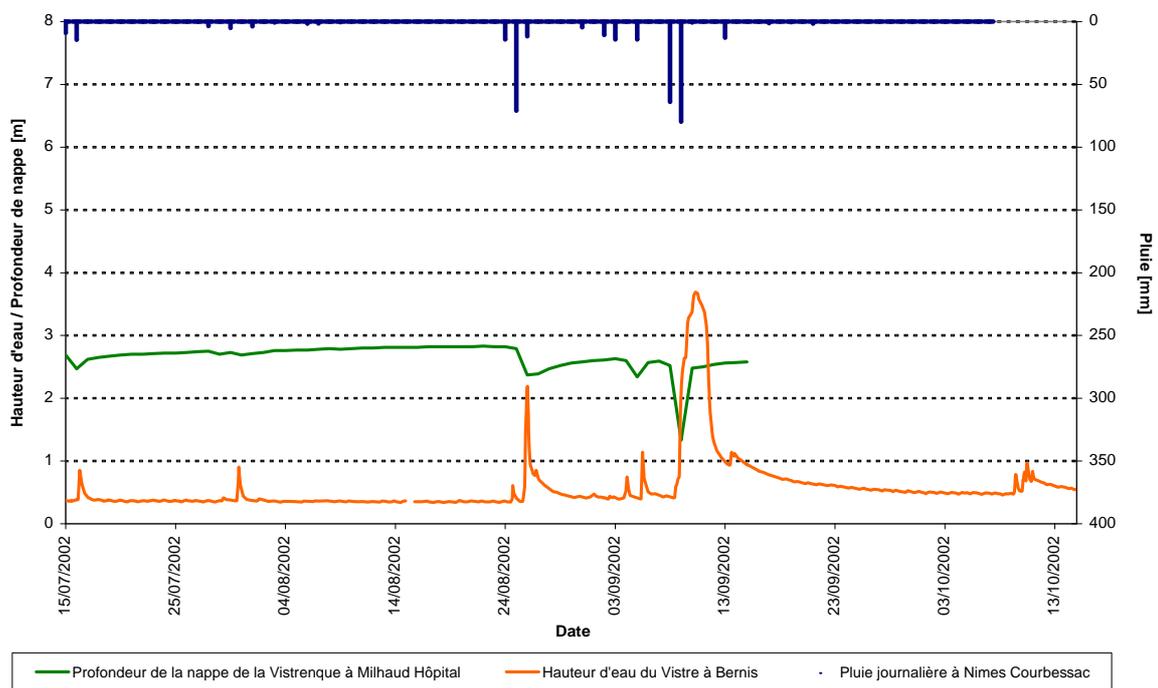
### 6.4.3 Crue de septembre 2002

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

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

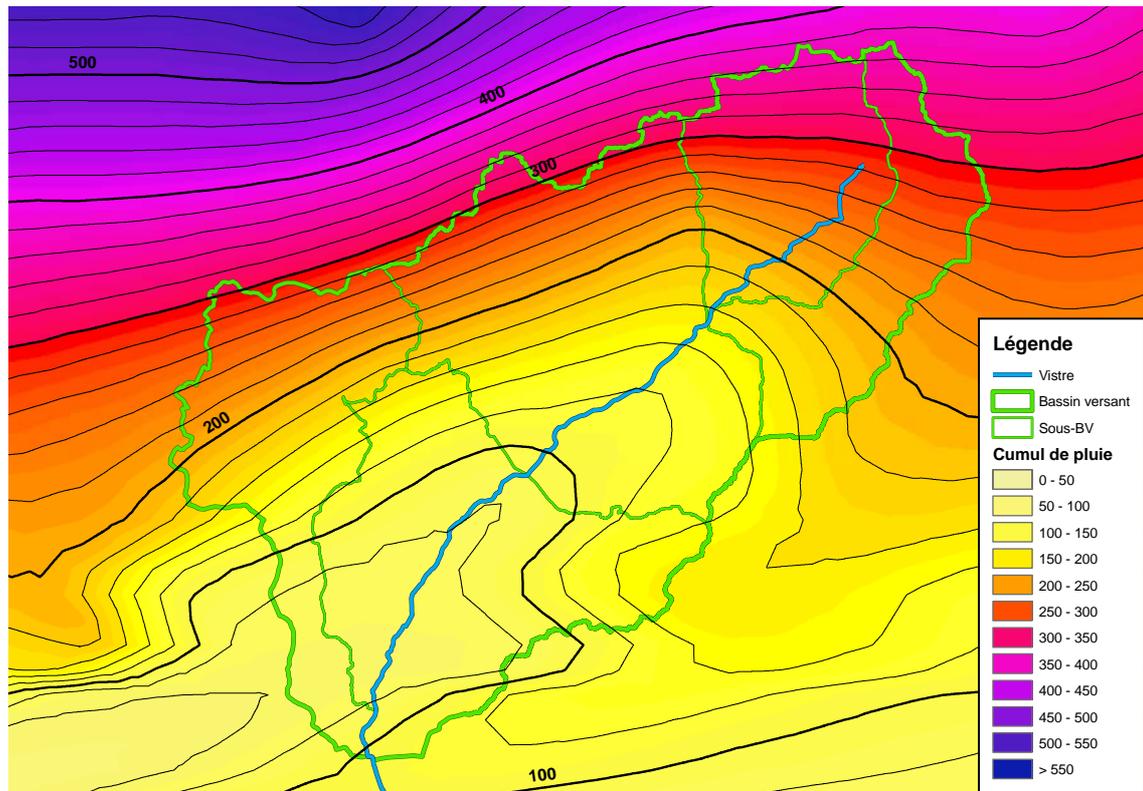
Cet épisode a principalement concerné le Nord et le centre du département du Gard. Le bassin du Vistre a été touché dans une moindre mesure.

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



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

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

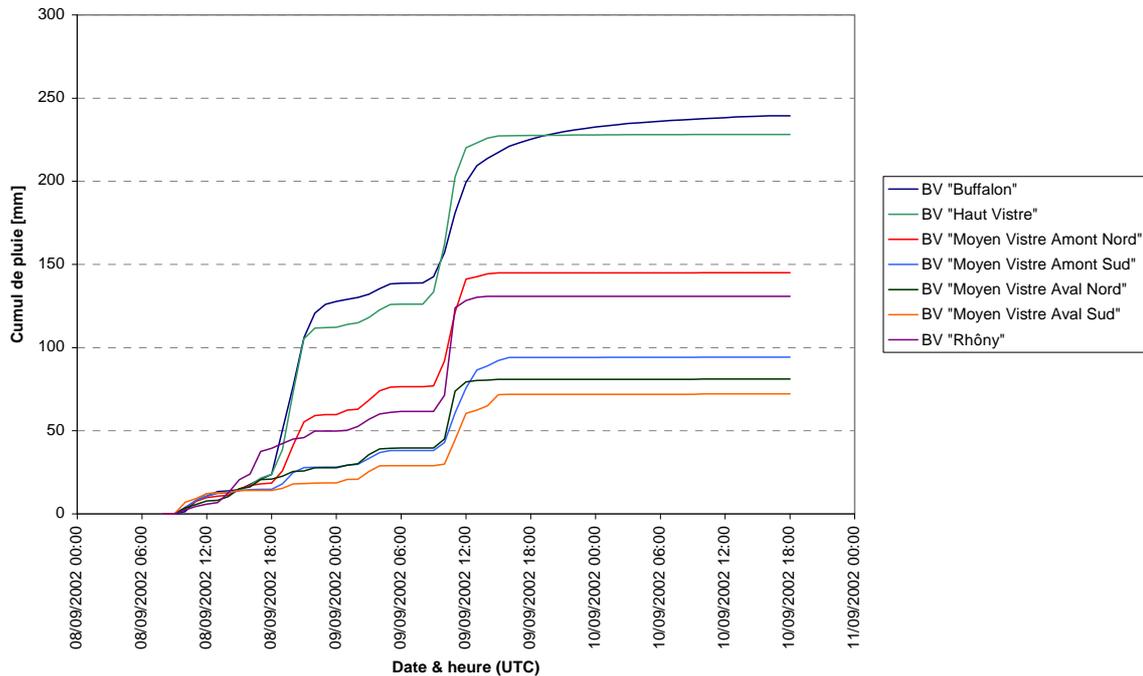
Cumul pluviométrique spatialisé du 08/09/2002 06h00 au 10/09/2002 06h00 (UTC).

Source : OHMCV (SEVNOL).

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

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

Pluies de bassin - septembre 2002.



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

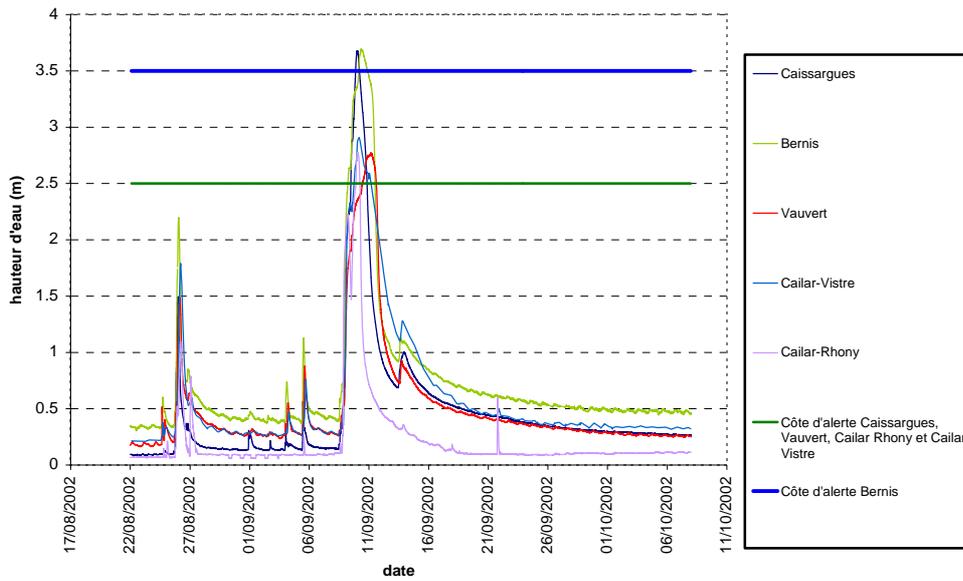
Le graphique ci-dessus montre que cet évènement pluvieux se décompose en 2 épisodes intenses, le 8 septembre en fin d'après-midi et le 9 septembre entre 10h et 13h, la deuxième averse étant la plus intense.

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

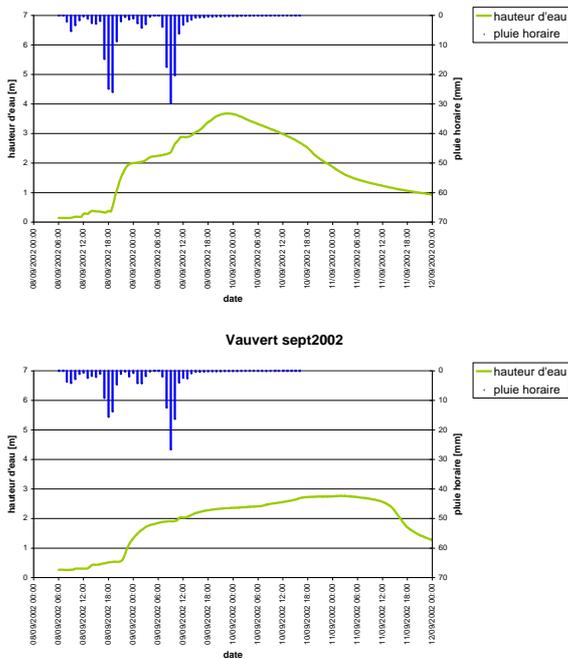
A l'échelle globale du bassin versant (490 km<sup>2</sup>), les pluies maximales en 3h et 24h sont respectivement de 56.9 et 125.5 mm avec des périodes de retour associées assez faibles (inférieure à la décennale).

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

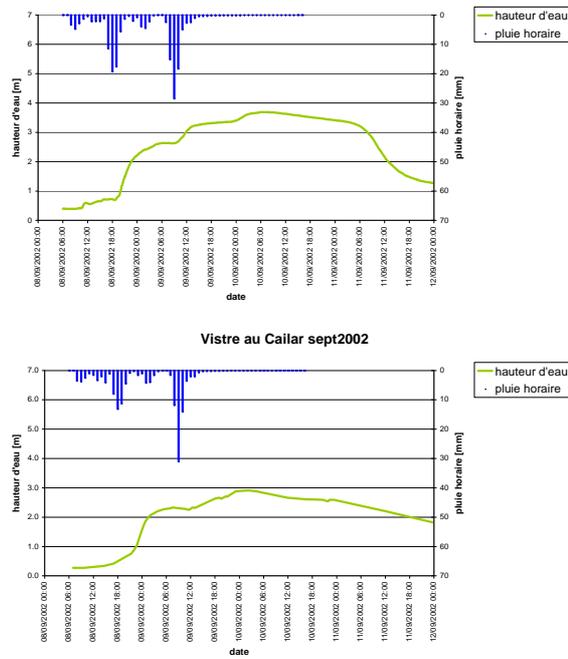
Limnigrammes et hyétogrammes associés - septembre 2002.



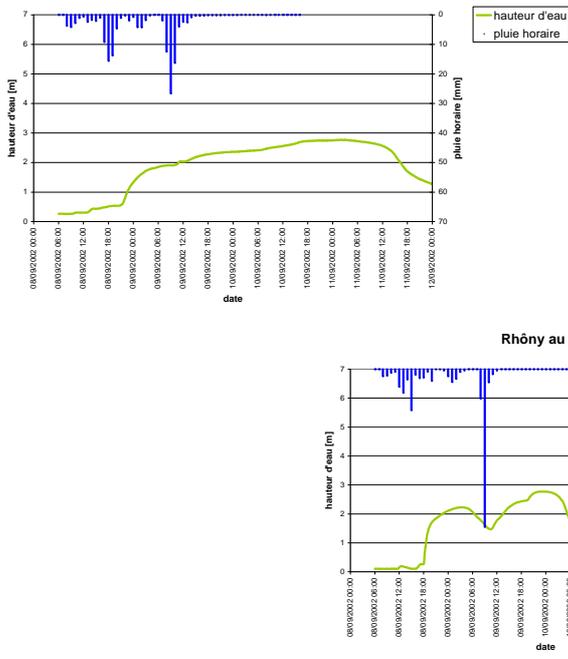
Caissargues sept2002



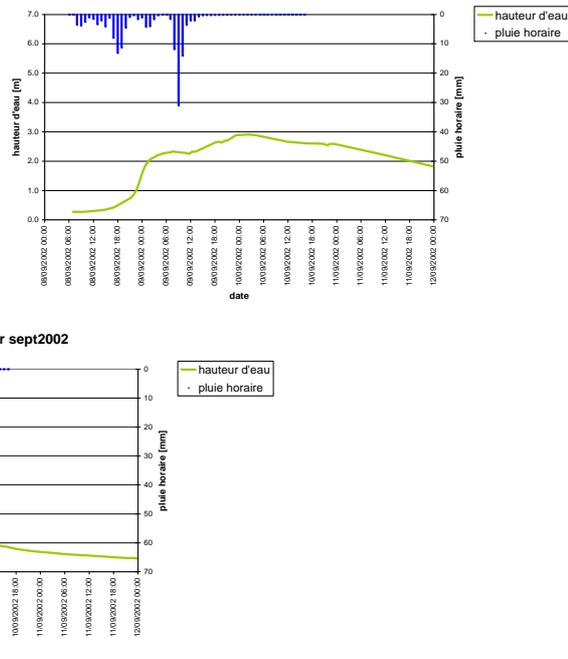
Bernis sept2002



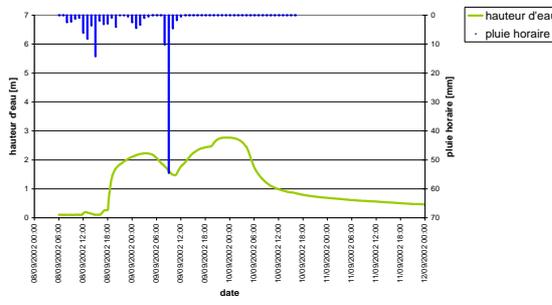
Vauvert sept2002



Vistre au Cailar sept2002



Rhony au Cailar sept2002



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

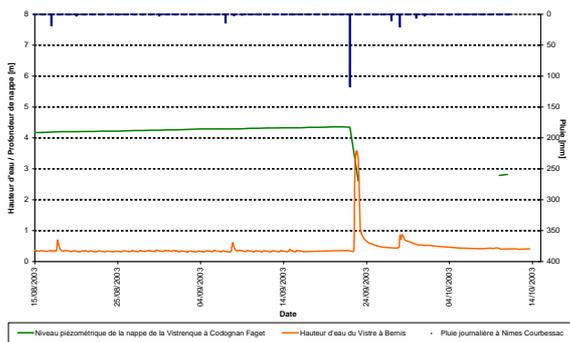
### 6.4.4 Crues de septembre 2003 et de décembre 2003

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

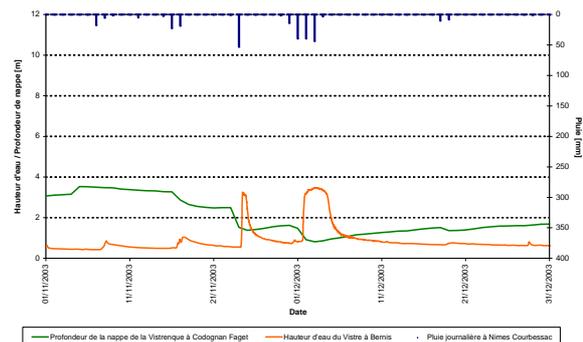
La crue du 22 septembre 2003 fait suite à une longue période de sécheresse et reste très localisée dans le temps (averse de 12 heures) et dans l'espace (cellule pluvio-orageuse centrée sur le plateau des Costières sur l'امت des bassins versants du Rieu, du Petit et du Grand Campagnolle, du Gour et de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

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

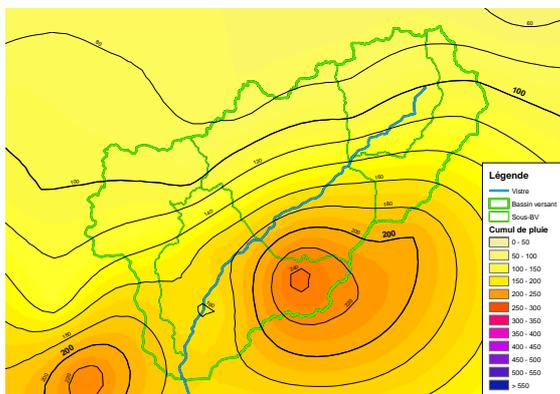
Crue de septembre 2003.



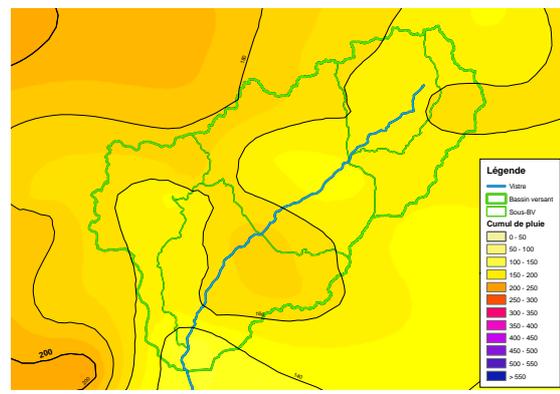
Crue de décembre 2003.



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

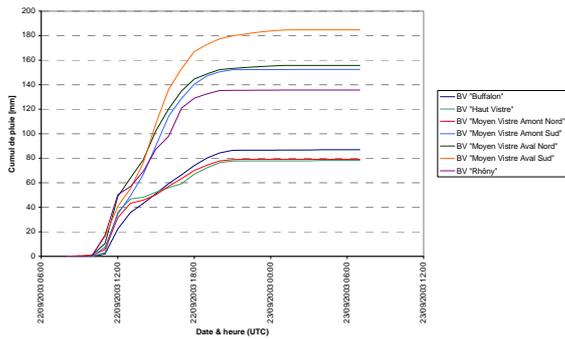


Cumul pluviométrique spatialisé du 29/11/2003 06h00 au 04/12/2003 06h00 (UTC).



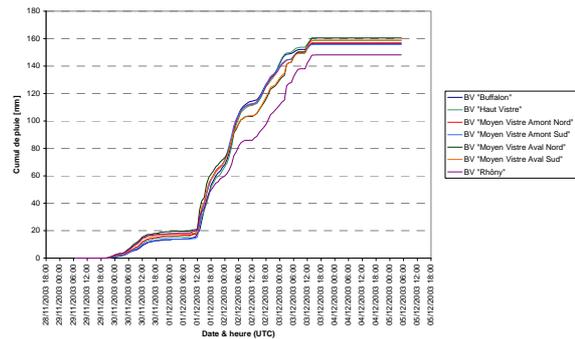
Source : OHMCV (SEVNOL).

Pluies de bassin - septembre 2003.



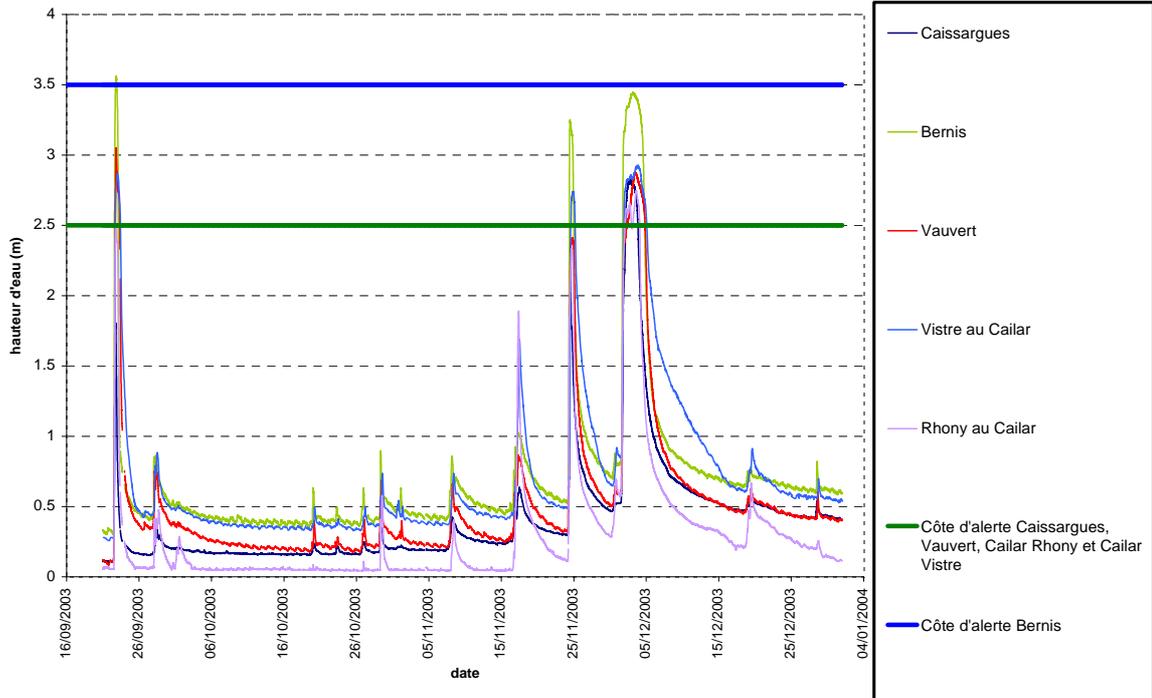
|                              | P1Hmax | P2Hmax | P3Hmax | P6Hmax | P12Hmax | P24Hmax | PJMAX | CUMUL |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|-------|-------|
| BV "Buffalon"                | 20.5   | 33.9   | 41.2   | 64.5   | 86.8    | 86.9    | 117.2 | 117.2 |
| BV "Haut Vistre"             | 33.0   | 43.8   | 46.8   | 56.1   | 77.8    | 78.2    | 82.2  | 82.2  |
| BV "Moyen Vistre Amont Nord" | 26.0   | 37.7   | 42.8   | 57.7   | 78.6    | 79.2    | 81.1  | 81.1  |
| BV "Moyen Vistre Amont Sud"  | 27.4   | 47.5   | 64.8   | 121.6  | 152.3   | 152.4   | 159.7 | 159.7 |
| BV "Moyen Vistre Aval Nord"  | 38.4   | 53.6   | 68.3   | 124.5  | 153.2   | 155.7   | 168.9 | 168.9 |
| BV "Moyen Vistre Aval Sud"   | 32.0   | 59.9   | 80.8   | 137.0  | 180.1   | 184.8   | 206.2 | 206.2 |
| BV "Rhöny"                   | 33.0   | 49.6   | 56.4   | 103.7  | 135.4   | 135.6   | 134.0 | 134.0 |
| BV "Limni Vistre au Cailar"  | 28.9   | 40.9   | 50.9   | 91.2   | 119.2   | 120.5   | 130.3 | 130.3 |

Pluies de bassin - décembre 2003.



|                              | P1Hmax | P2Hmax | P3Hmax | P6Hmax | P12Hmax | P24Hmax | PJMAX | CUMUL |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|-------|-------|
| BV "Buffalon"                | 9.5    | 16.7   | 23.3   | 36.4   | 54.1    | 96.9    | 101.2 | 163.7 |
| BV "Haut Vistre"             | 9.6    | 16.4   | 23.0   | 36.5   | 51.9    | 93.7    | 91.0  | 161.6 |
| BV "Moyen Vistre Amont Nord" | 9.3    | 17.7   | 22.0   | 39.6   | 53.6    | 94.3    | 93.1  | 172.2 |
| BV "Moyen Vistre Amont Sud"  | 10.6   | 18.4   | 25.0   | 41.9   | 56.4    | 96.1    | 91.8  | 158.5 |
| BV "Moyen Vistre Aval Nord"  | 14.4   | 20.8   | 23.2   | 40.2   | 52.2    | 83.3    | 84.4  | 170.4 |
| BV "Moyen Vistre Aval Sud"   | 11.8   | 18.9   | 22.0   | 38.6   | 52.1    | 85.5    | 85.0  | 171.6 |
| BV "Rhöny"                   | 10.4   | 13.6   | 15.5   | 29.0   | 39.2    | 67.4    | 69.2  | 157.1 |
| BV "Limni Vistre au Cailar"  | 8.7    | 15.5   | 19.7   | 36.1   | 49.5    | 87.5    | 88.8  | 165.5 |

Limnigrammes de septembre 2003 et de décembre 2003.

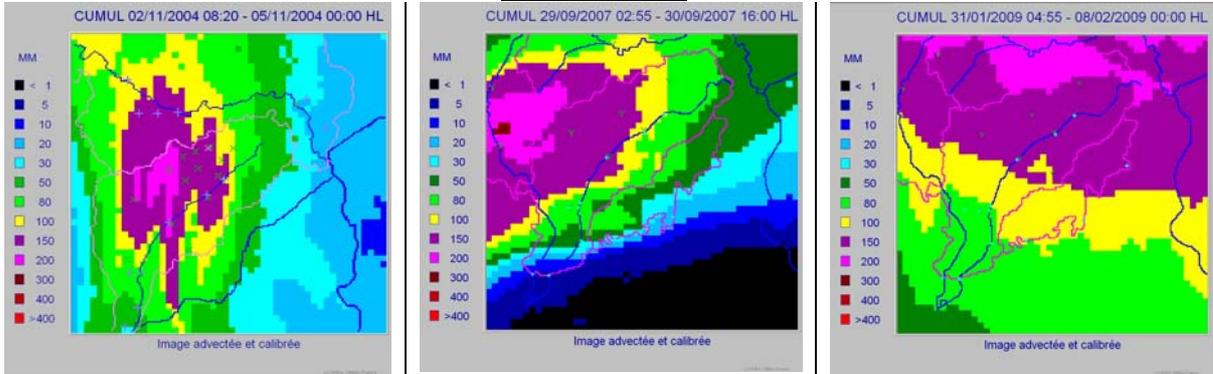


Les éléments concernant les temps de propagation entre les stations et les temps de réponse du bassin versant figurent dans la synthèse de l'analyse hydrologique des crues historiques.

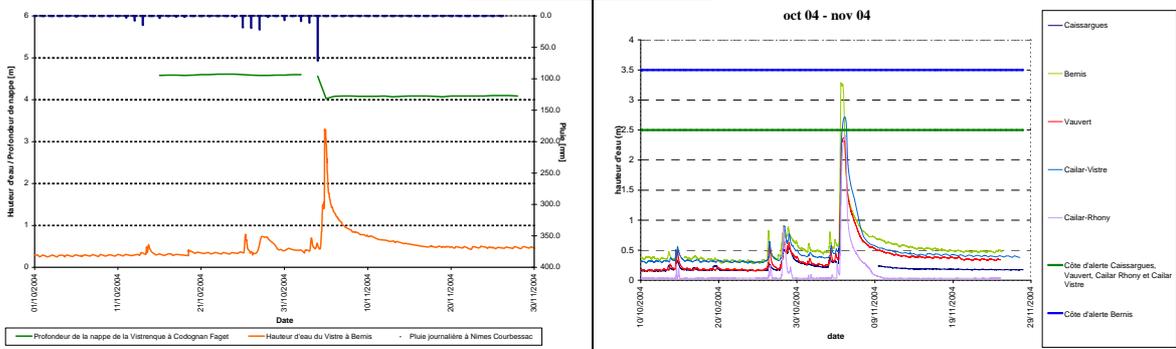
### 6.4.5 Crues de novembre 2004, septembre 2007 et février 2009

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

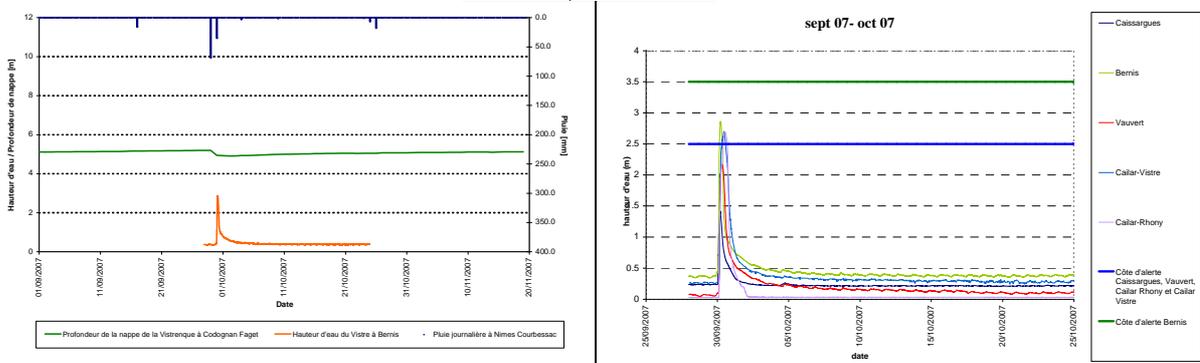
Lames d'eau radar.



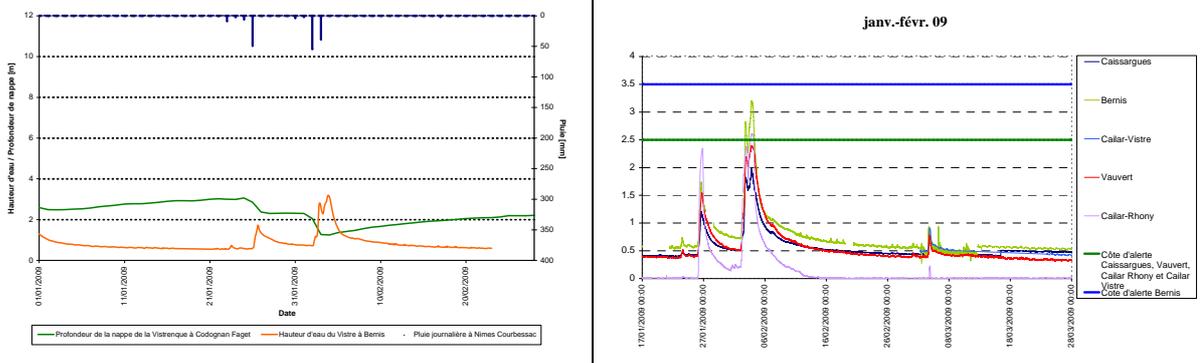
Crue de novembre 2004.



Crue de septembre 2007.



Crue de février 2009.

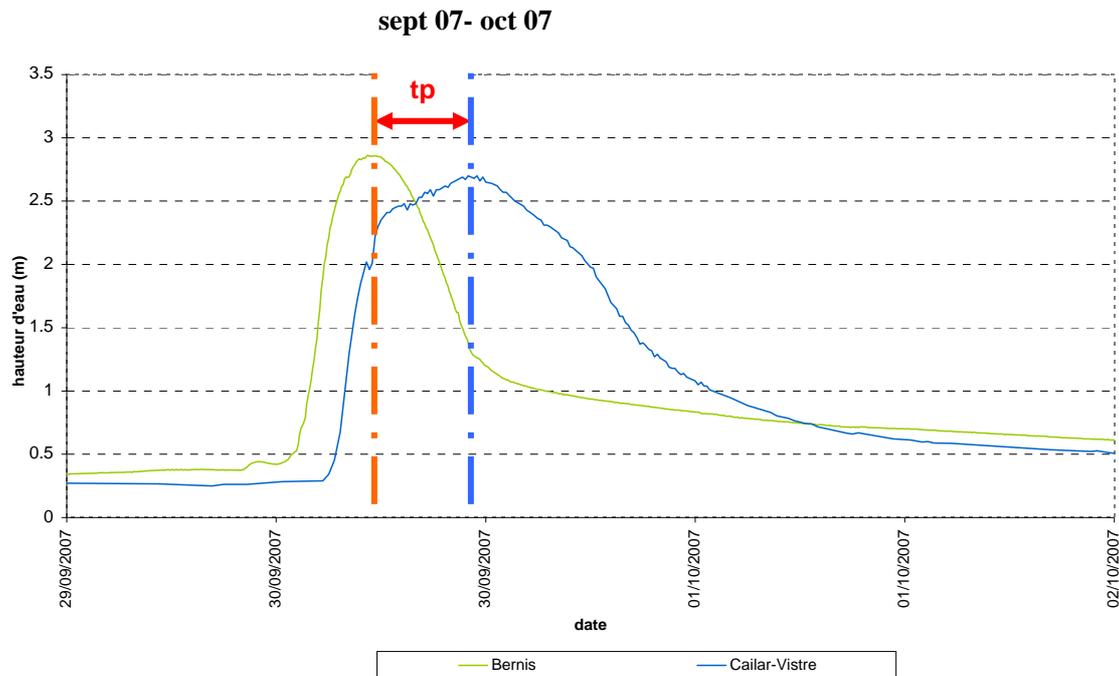


## 6.4.6 Temps de propagation et temps de réponse

### TEMPS DE PROPAGATION ENTRE LES STATIONS

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

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



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

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

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

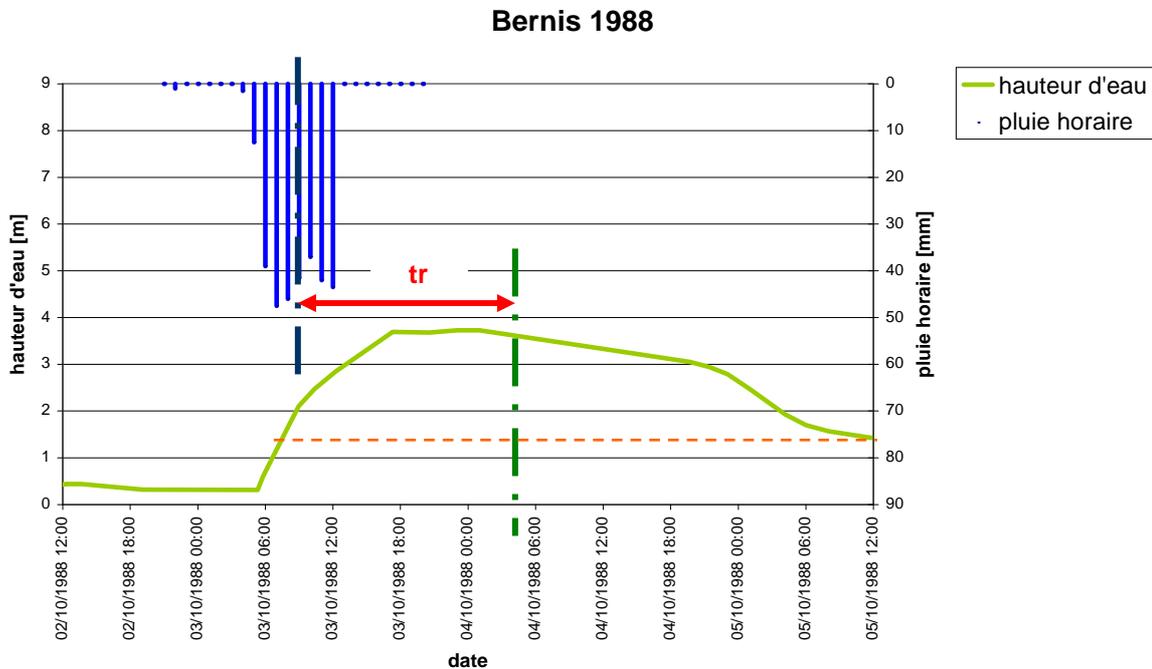
On constate que la vitesse de propagation décroît progressivement de l'amont vers l'aval, ce qui est logique compte tenu des caractéristiques morphologiques de pente du cours d'eau.

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

### TEMPS DE REPONSE DES BASSINS VERSANTS AU DROIT DES STATIONS

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

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



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

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

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

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

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

## 6.5 SYNTHÈSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE

### 6.5.1 Description générale du fonctionnement hydraulique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

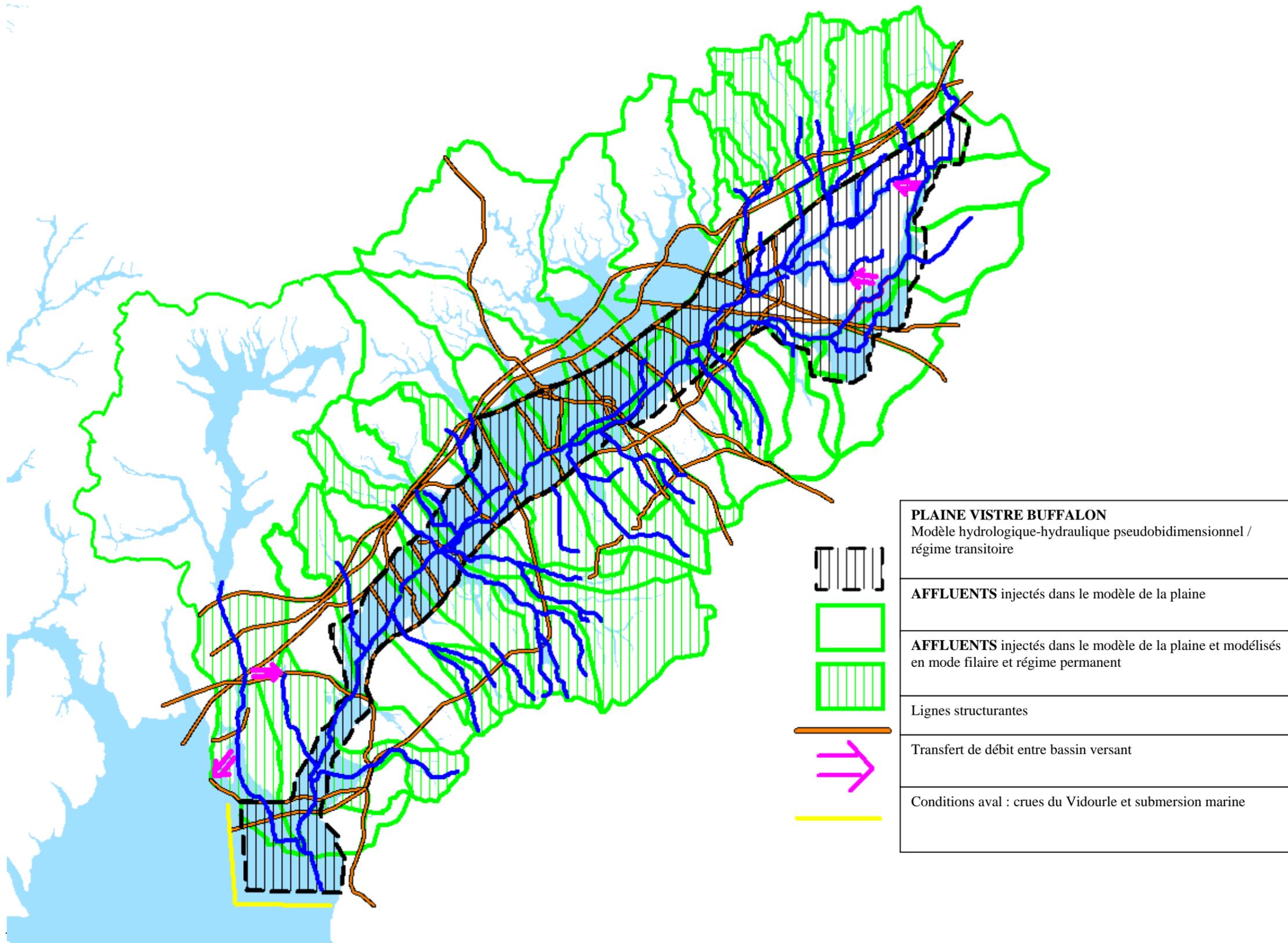
- ▶ **étape 3 : débordement des cours d'eau de plaine** avec possibilités de transfert de débit du Buffalon vers le Haut Vistre à l'aval des communes de Lédénon et Bezouze et entre Redessan et Marguerittes ; début de débordement constatés entre 3 heures à 1 demi-journée après le pic d'averse selon que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

## 6.5.2 Synoptique du fonctionnement hydraulique

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

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

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



## 6.6 ESTIMATIONS DES DEBITS DE REFERENCE DES AFFLUENTS

### 6.6.1 Choix de la méthode de calcul du débit de pointe

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

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

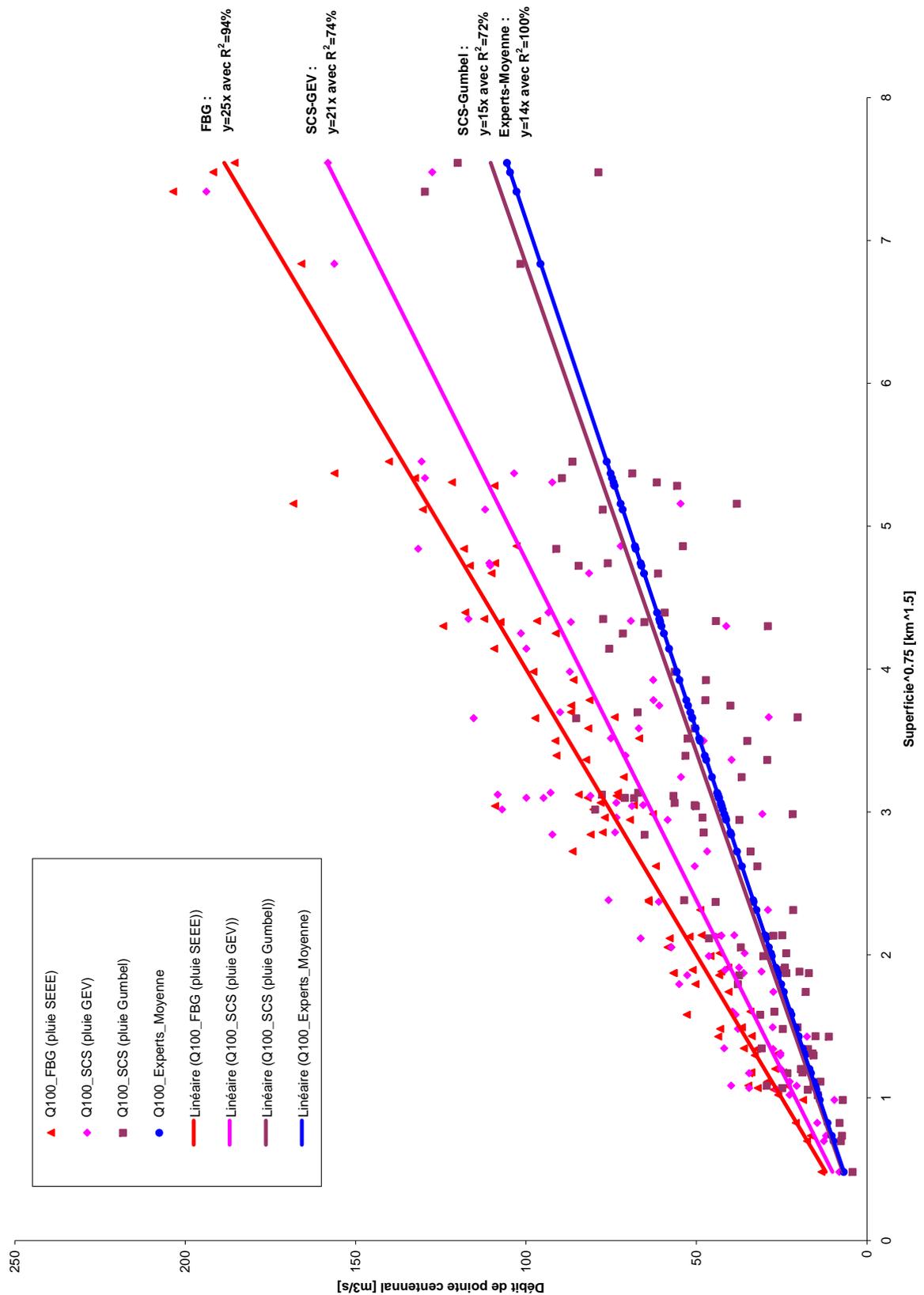
Les méthodologies et les résultats des calculs sont détaillés en annexe 1.

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

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

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

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



## 6.6.2 Analyse des études antérieures

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

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

### LE VISTRE

#### Etudes hydrologiques et hydrauliques principales concernant le cours d'eau

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

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

|                                     | BCEOM<br>1992 | CEDRAT<br>1999 | BCEOM<br>2000 | Experts CNM<br>2004 | INGEROP<br>2007 | SAFEGE<br>2010 |
|-------------------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------------|-----------------|----------------|
| <b>Surface<br/>[km<sup>2</sup>]</b> | <b>370</b>    | <b>370</b>     | <b>370</b>    | <b>362</b>          | <b>375</b>      | <b>375</b>     |
| <b>Débit [m<sup>3</sup>/s]</b>      |               |                |               |                     |                 |                |
| <b>Q10</b>                          | <b>90</b>     | <b>90</b>      | <b>90</b>     | <b>-</b>            | <b>100</b>      | <b>100</b>     |
| <b>Q100</b>                         | <b>150</b>    | <b>150</b>     | <b>180</b>    | <b>1210</b>         | <b>-</b>        | <b>-</b>       |
| <b>Oct-88</b>                       | <b>175</b>    | <b>175</b>     | <b>175</b>    | <b>-</b>            | <b>175</b>      | <b>175</b>     |
| <b>Sept-05</b>                      | <b>-</b>      | <b>-</b>       | <b>-</b>      | <b>-</b>            | <b>370</b>      | <b>370</b>     |

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

## Débits décennaux et centennaux

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

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

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

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

## Débits des crues d'octobre 1988 et de septembre 2005

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

- ▶ **175 m<sup>3</sup>/s pour la crue d'octobre 1988 du Vistre** au droit du pont des Fious à Vestric et Candiac (superficie de 370 km<sup>2</sup>), valeur de l'étude BCEOM 1996 qui a réalisé un modèle hydraulique à casiers sur la zone de l'amont pont des Fious jusqu'à l'aval du moulin Etienne et calé avec d'excellents résultats sur les PHE d'octobre 1988 (résultats à nuancer vu le faible nombre de laisses de crue utilisées, dont une à proximité de la condition limite aval),
- ▶ **370 m<sup>3</sup>/s pour la crue de septembre 2005 du Vistre au droit de la RD14** (superficie de 375 km<sup>2</sup>), valeur de l'étude INGEROP 2007 qui a réalisé un modèle hydraulique 1D-2D sur la zone de l'amont de la RD14 (reliant Aubord à Bernis) jusqu'au Mas du Vistre à l'amont du Cailar, calé sur les PHE de septembre 2005 (écarts entre niveaux relevés et simulés le plus souvent compris entre +/- 15 cm avec 2 valeurs atteignant + 40 cm)

*Remarque : le maître d'ouvrage RFF a retenu un débit de projet de 400 m<sup>3</sup>/s.*

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

## Conditions aval :

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

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

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

## LE RHONY (VERGEZE ET CODOGNAN)

### Etudes hydrologiques et hydrauliques principales concernant le cours d'eau

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

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

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

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

### Débits décennaux et centennaux

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

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

### Débit de la crue d'octobre 1988

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

**On retiendra donc la crue d'octobre 1988 comme la crue de référence sur le bassin versant du Rhône, avec une estimation du débit de 450 m<sup>3</sup>/s au droit de l'A9, valeur retenue dans les différentes études ayant mis en œuvre des modèles calés sur les PHE d'octobre 1988.**

L'étude SAFEGE 2010 a mis en œuvre un modèle hydraulique 1D à casiers qui prolonge le modèle SOGREAH 2007 sur le Rhône et est calé sur la crue de septembre 2005 ainsi que sur la crue de septembre 2002. Ce modèle prolonge également le modèle INGEROP 2007 sur le Vistre (valeur de 370 m<sup>3</sup>/s au droit du projet LGV). Enfin, ce modèle s'appuie sur les bases du modèle de l'étude « *Villetelle à la Mer* » réalisée par SAFEGE en août 2004 pour le SIAV et prend en compte les conditions limite aval spécifiques à la zone en terme de concomitance des crues Rhône-Vidourle-Vistre et de submersion marine.

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

### Etudes hydrologiques et hydrauliques principales concernant le cours d'eau

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

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

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

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

### Le Valat des Agaous (Ledenon)

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

| Le Valat des Agaous                                      | BCEOM 1992 | BRLi 2004   | ISL 2006 | BRLi 2010   |
|--|------------|-------------|----------|-------------|
| <b>Surface [km<sup>2</sup>]</b>                          | <b>6.8</b> | <b>4.8</b>  | -        | <b>4.4</b>  |
| <b>Débit spécifique [m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>]</b> |            |             |          |             |
| <b>Q10</b>   | <b>3.1</b> | <b>7.9</b>  | -        | <b>4.7</b>  |
| <b>Q100</b>  | <b>5.0</b> | <b>15.2</b> | -        | <b>15.7</b> |

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

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

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

#### Secteur « Buffalon et Tavernolle »

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

| Buffalon et Tavernolle                                   | BCEOM 1992<br>CEDRAT 1999 | BRLi<br>2001 | ISL<br>2006 | SIEE<br>2007 |
|--|---------------------------|--------------|-------------|--------------|
| Surface [km <sup>2</sup> ]                               | 66                        | 55.9         | 55.6        | 58           |
| <b>Débit spécifique [m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>]</b> |                           |              |             |              |
| Q10  | 0.6                       | 1.1          | 1.1         | 1.8          |
| Q100   | 0.9                       | 3.3          | 4.3         | 5.5          |
| Oct-88   | 0.8                       | -            | -           | -            |
| Sept-02  | -                         | -            | -           | 2.1          |

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

#### Secteur « Tavernolle + Fossé Sud + Fossé Nord »

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

| Tavernolle + Fossé Sud + Fossé Nord                      | BRLi<br>2001 | IPSEAU<br>2004-2008 | SIEE<br>2007 | BRLi<br>2010 |
|--|--------------|---------------------|--------------|--------------|
| Surface [km <sup>2</sup> ]                               | 16.3         | 14                  | 14.1         | 14.1         |
| <b>Débit spécifique [m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>]</b> |              |                     |              |              |
| Q10  | 2.4          | 2.6                 | 2.3          | 2.6          |
| Q100   | 6.3          | 8.4                 | 6.2          | 9.6          |
| Sept-02  | -            | -                   | 2.5          | 3.2          |

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

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

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

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

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

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

| Le Haut Vistre<br><i>Amont voie SNCF</i>                 | BCEOM 1992 | ISL 2006 | BRLi 2010 |
|--|------------|----------|-----------|
| Surface [km <sup>2</sup> ]                               | 1.6        | -        | 1.2       |
| <b>Débit spécifique [m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>]</b> |            |          |           |
| Q10  | 5.1        | -        | 7.7       |
| Q100   | 7.4        | -        | 19.0      |
| Le Bastide<br><i>Amont A9</i>                            | BCEOM 1992 | ISL 2006 | BRLi 2010 |
| Surface [km <sup>2</sup> ]                               | 7.2        | 7.6      | 6.7       |
| <b>Débit spécifique [m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>]</b> |            |          |           |
| Q10  | 3.1        | 3.8      | 4.6       |
| Q100   | 5.2        | 21.7     | 15.0      |
| Le Pradinas<br><i>Amont RN86</i>                         | BCEOM 1992 | ISL 2006 | BRLi 2010 |
| Surface [km <sup>2</sup> ]                               | -          | 3.6      | 5.5       |
| <b>Débit spécifique [m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>]</b> |            |          |           |
| Q10  | -          | 4.2      | 3.6       |
| Q100   | -          | 23.9     | 12.2      |
| Le Canabou<br><i>Amont A9</i>                            | BCEOM 1992 | ISL 2006 | BRLi 2010 |
| Surface [km <sup>2</sup> ]                               | 14.9       | 12.4     | 6.2       |
| <b>Débit spécifique [m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>]</b> |            |          |           |
| Q10  | 2.3        | 3.7      | 2.9       |
| Q100   | 4.0        | 19.0     | 10.1      |

| Le Bartadet<br><i>Amont A9</i>                           | BCEOM 1992 | ISL 2006 | BRLi 2010 |
|--|------------|----------|-----------|
| Surface [km <sup>2</sup> ]                               | 9.7        | -        | 4.5       |
| <b>Débit spécifique [m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>]</b> |            |          |           |
| Q10  | 3.2        | -        | 5.5       |
| Q100   | 5.3        | -        | 16.5      |

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

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

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

#### LE MIRMAN (COMMUNE DE CAISSARGUES)

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

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

| Le Mirman  | ISL 2006 | EGIS 2010 | BRLi 2010 |
|--|----------|-----------|-----------|
| Surface [km <sup>2</sup> ]                               | 3.6      | 2.5       | 2.5       |
| <b>Débit spécifique [m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>]</b> |          |           |           |
| Q10  | 5.3      | 6.4       | 2.7       |
| Q100   | 26.7     | 14.8      | 14.1      |
| Sept-05  | -        | 5.2       | 6.7       |

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

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

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

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

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

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

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

| Le Rézil<br><i>Amont A9</i>                              | BCEOM 1993  | SAFEGE 2010 | BRLi 2010   |
|--|-------------|-------------|-------------|
| <b>Surface [km<sup>2</sup>]</b>                          | <b>4.6</b>  | -           | <b>4.0</b>  |
| <b>Débit spécifique [m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>]</b> |             |             |             |
| <b>Q10</b>   | <b>7.4</b>  | -           | <b>6.4</b>  |
| <b>Q100</b>  | <b>16.3</b> | -           | <b>22.9</b> |
| <b>Oct-88</b>  | -           | -           | <b>18.4</b> |
| <b>Sept-05</b>   | -           | -           | <b>11.9</b> |

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

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

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

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

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

| Le Rieu  | CEDRAT<br>2001 | CNM Experts<br>2004 | ISL<br>2006     | SAFEGE<br>2007 | BRLi<br>2010 |
|--|----------------|---------------------|-----------------|----------------|--------------|
| <b>Surface [km<sup>2</sup>]</b>                              | <b>9.0</b>     | <b>6.6</b>          | <del>0.2</del>  | <b>8.2</b>     | <b>7.1</b>   |
| <b>Débit spécifique<br/>[m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>]</b> |                |                     |                 |                |              |
| <b>Q10</b>   | <b>3.1</b>     | -                   | <del>6.0</del>  | <b>2.6</b>     | <b>3.6</b>   |
| <b>Q100</b>  | <b>7.8</b>     | <b>6.2</b>          | <del>29.5</del> | <b>7.6</b>     | <b>16.5</b>  |
| <b>Sept-03</b>   | -              | -                   | -               | <b>6.1</b>     | <b>4.8</b>   |
| <b>Sept-05</b>   | -              | -                   | -               | <b>8.2</b>     | <b>9.1</b>   |

| Le Grand Campagnolle                                     | CEDRAT<br>2001 | CNM Experts<br>2004 | ISL<br>2006 | SAFEGE<br>2007 | BRLi<br>2010 |
|--|----------------|---------------------|-------------|----------------|--------------|
| <b>Surface [km<sup>2</sup>]</b>                          | <b>13.5</b>    | <b>13.6</b>         | <b>12.2</b> | <b>13.7</b>    | <b>14.6</b>  |
| <b>Débit spécifique [m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>]</b> |                |                     |             |                |              |
| <b>Q10</b>   | <b>1.7</b>     | <b>-</b>            | <b>4.8</b>  | <b>2.4</b>     | <b>3.3</b>   |
| <b>Q100</b>  | <b>4.3</b>     | <b>5.9</b>          | <b>23.4</b> | <b>5.9</b>     | <b>8.7</b>   |
| <b>Sept-03</b>   | <b>-</b>       | <b>-</b>            | <b>-</b>    | <b>4.7</b>     | <b>2.9</b>   |
| <b>Sept-05</b>   | <b>-</b>       | <b>-</b>            | <b>-</b>    | <b>5.7</b>     | <b>5.3</b>   |

| Le Petit Campagnolle                                     | CEDRAT<br>2001 | CNM Experts<br>2004 | ISL<br>2006 | SAFEGE<br>2007 | BRLi<br>2010 |
|--|----------------|---------------------|-------------|----------------|--------------|
| <b>Surface [km<sup>2</sup>]</b>                          | <b>3.75</b>    | <b>3.6</b>          | <b>-</b>    | <b>3.9</b>     | <b>3.6</b>   |
| <b>Débit spécifique [m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>]</b> |                |                     |             |                |              |
| <b>Q10</b>   | <b>1.3</b>     | <b>-</b>            | <b>-</b>    | <b>3.1</b>     | <b>4.6</b>   |
| <b>Q100</b>  | <b>3.2</b>     | <b>7.8</b>          | <b>-</b>    | <b>8.5</b>     | <b>14.0</b>  |
| <b>Sept-03</b>   | <b>-</b>       | <b>-</b>            | <b>-</b>    | <b>5.5</b>     | <b>3.8</b>   |
| <b>Sept-05</b>   | <b>-</b>       | <b>-</b>            | <b>-</b>    | <b>7.1</b>     | <b>7.9</b>   |

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

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

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

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

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

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

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

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

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

| Le ruisseau de<br>Barbe Blanche<br><i>Amont Chemin Estagel</i> | DDE 1996<br>CEREG 1997-2003 | ISL<br>2006     | IPSEAU<br>2006 | BRLi<br>2010 |
|--|-----------------------------|-----------------|----------------|--------------|
| Surface [km <sup>2</sup> ]                                     | -                           | -               | 1.4            | 1.0          |
| <b>Débit spécifique [m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>]</b>       |                             |                 |                |              |
| Q10  | -                           | -               | 4.3            | 4.3          |
| Q100   | -                           | -               | 17.1           | 22.1         |
| Le Valat de<br>Fontaines des Pigeons<br><i>Amont Voie SNCF</i> | DDE 1996<br>CEREG 1997-2003 | ISL<br>2006     | IPSEAU<br>2006 | BRLi<br>2010 |
| Surface [km <sup>2</sup> ]                                     | 1.5                         | <del>0.2</del>  | 1.4            | 1.5          |
| <b>Débit spécifique [m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>]</b>       |                             |                 |                |              |
| Q10  | 11.3                        | <del>5.0</del>  | 12.1           | 10.5         |
| Q100   | 22.6                        | <del>30.0</del> | 25.0           | 28.2         |
| Le Valat de<br>Casseport<br><i>Amont Voie SNCF</i>             | DDE 1996<br>CEREG 1997-2003 | ISL<br>2006     | IPSEAU<br>2006 | BRLi<br>2010 |
| Surface [km <sup>2</sup> ]                                     | 1.0                         | -               | 1.1            | 1.1          |
| <b>Débit spécifique [m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>]</b>       |                             |                 |                |              |
| Q10  | 8.0                         | -               | 7.3            | 5.3          |
| Q100   | 21.0                        | -               | 20.9           | 21.5         |

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

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

## LE GOUR ET L'ARRIASSE (BEAUVOISIN)

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

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

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

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

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

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

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

## LE VALAT DE LA REYNE (VAUVERT)

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

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

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

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

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

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

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

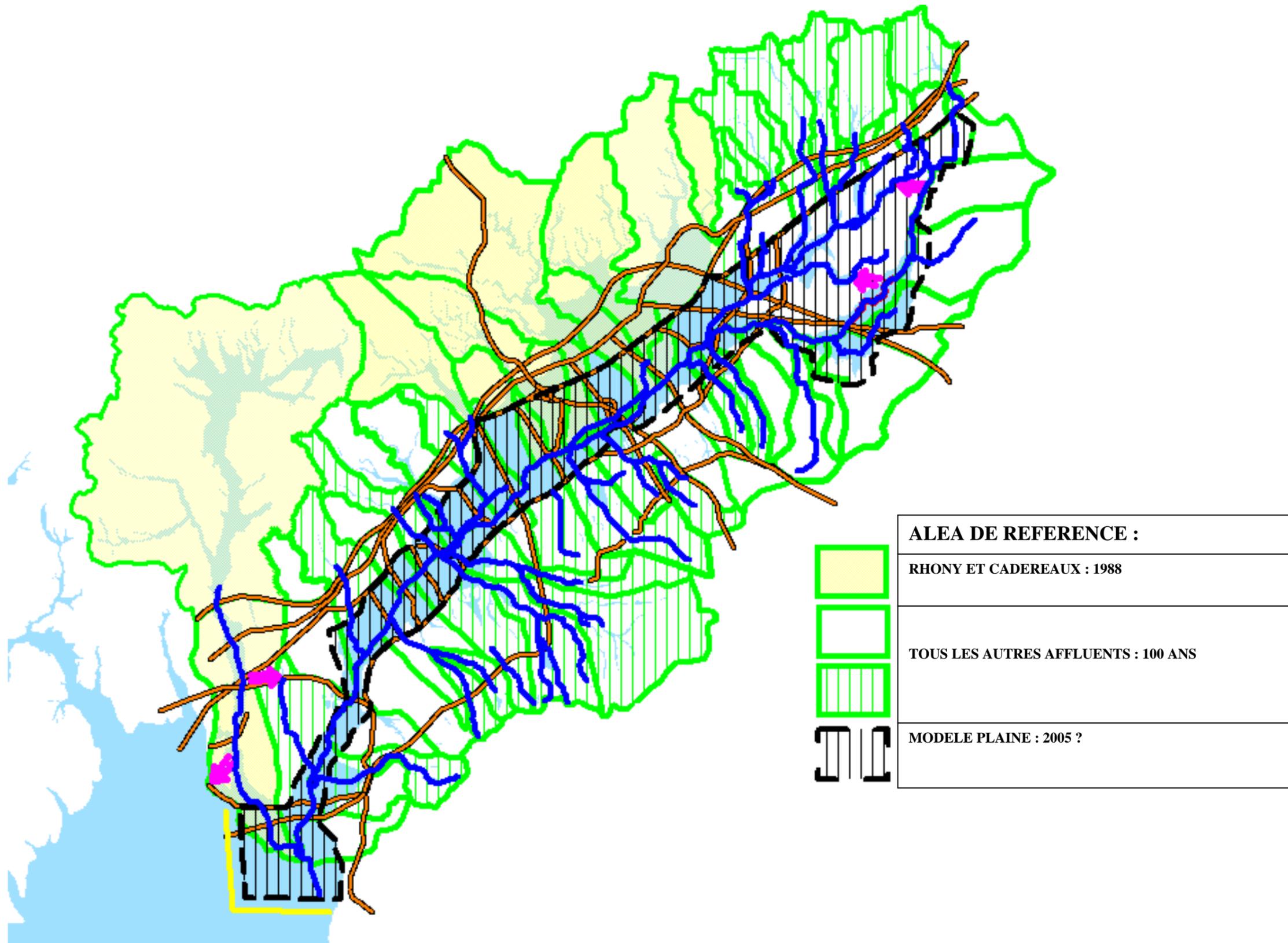
#### LES CADEREAUX DE NIMES : LE VALLADAS, LE CADEREAU D'UZES, LE CADEREAU D'ALES, LE CADEREAU DE VALDEGOUR – SAINT-CESAIRE ET LA PONDRE (NIMES ET MILHAUD)

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

En ce qui concerne la Pondre sur la commune de Milhaud, le débit de référence retenu dans l'étude réalisée sur la commune est le débit historique de 1988, avec la prise en compte des aménagements actuellement réalisés (bassins de rétention amont écrétant les débits de pointe, notamment la carrière de Caveirac, dont le volume est très important – 4,6 millions de m<sup>3</sup> – et le risque de défaillance quasi nul). **Les résultats de cette modélisation pourront donc être intégrés au PPRi.**

### 6.6.3 Synthèse de l'aléa de référence

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





## LISTE DES SIGLES ET DES ACRONYMES

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

# ANNEXES

# **Annexe 1 : Calcul des débits des affluents du Vistre**

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

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

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

## PRESENTATION DE LA METHODE SCS

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

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

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

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

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

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

Il est caractérisé par :

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

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

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

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

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

***Courbe de ruissellement :***

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

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

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

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

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

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

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

$$S_0 = 0.2 S_{max}$$

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

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

$$S_i = S_0 + S_1 t$$

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

Le volume ruisselé élémentaire est donc :

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

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

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

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

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

Valeurs retenues



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p3

Août 2010

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

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

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

Valeurs retenues



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p4

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [ m<sup>3</sup>/s/(km<sup>2</sup>)<sup>0,75</sup>]

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

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

Valeurs retenues



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p5

Août 2010

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

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

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

Valeurs retenues



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p6

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [ m<sup>3</sup>/s/(km<sup>2</sup>)<sup>0,75</sup>]

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

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

Valeurs retenues



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p7  
Août 2010

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

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

Valeurs retenues



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p8  
Août 2010

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

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

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p9

Août 2010

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

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

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

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p10

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [ m<sup>3</sup>/s/(km<sup>2</sup>)<sup>0,75</sup>]

| Code BV | Désignation du bassin versant              | Surface [km <sup>2</sup> ] | Curve Number SCS | Durée de la pluie [h] | Pluie totale [mm] | Débit de pointe [m3/s] | Débit de pps |
|---------|--|----------------------------|------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------------|
| CAS01   | Le Valat de Casseport à la voie ferrée     | 1.1                        | 65               | 2                     | 104               | 16                     | 14.4         |
| CLA05   | Le Cabassan à l'entrée d'Aubord.           | 2.7                        | 57               | 3                     | 172               | 27                     | 10.0         |
| CLA06   | Le Cabassan au Puech du Poussin            | 0.4                        | 61               | 1                     | 65                | 4                      | 11.1         |
| DON01   | Le Donadille au Buffalon                   | 5.6                        | 55               | 7                     | 164               | 20                     | 3.6          |
| FON01   | Le Serre de la Font à l'A9                 | 1.1                        | 67               | 2                     | 110               | 16                     | 14.1         |
| GAR01   | Le Garra de Paille au Buffalon             | 3.1                        | 61               | 4                     | 167               | 27                     | 8.9          |
| GMI01   | Le Grand Michel au canal BRL               | 2.3                        | 57               | 3                     | 145               | 24                     | 10.2         |
| GMI03   | Le Grand Michel au Buffalon                | 4.8                        | 62               | 5                     | 174               | 37                     | 7.6          |
| GOU01   | Le Gour à la voie ferrée                   | 1.1                        | 82               | 1                     | 86                | 29                     | 26.3         |
| GOU03   | Le Gour à la confluence avec l'Arriasse    | 2.3                        | 70               | 3                     | 154               | 37                     | 16.4         |
| LON01   | La Lone au Vistre                          | 9.4                        | 57               | 5                     | 194               | 69                     | 7.3          |
| MIR01   | Le Mirman à l'amont de Caissargues         | 2.5                        | 57               | 3                     | 159               | 24                     | 9.3          |
| MIR03   | Le Mirman au Vistre                        | 8.8                        | 64               | 4                     | 166               | 77                     | 8.8          |
| PER01   | Le Perret à l'A9                           | 1.3                        | 68               | 2                     | 103               | 19                     | 15.1         |
| PRA01   | Le Pradinas à la N86                       | 5.5                        | 63               | 4                     | 156               | 50                     | 9.2          |
| PRA03   | Le Pradinas à la voie ferrée               | 5.9                        | 63               | 4                     | 160               | 47                     | 8.0          |
| REY00   | Le Valat de la Reyne à l'entrée de Vauvert | 2.6                        | 61               | 2                     | 121               | 37                     | 14.2         |
| REY01   | Le Valat de la Reyne au canal BRL          | 4.5                        | 69               | 3                     | 163               | 71                     | 15.7         |
| REY03   | Le Valat de la Reyne au Vistre             | 14.3                       | 65               | 5                     | 180               | 130                    | 9.1          |
| REZ01   | Le Rézil à l'A9                            | 4.0                        | 64               | 2                     | 142               | 65                     | 16.2         |
| REZ03   | Le Rézil au Vistre                         | 9.3                        | 63               | 5                     | 188               | 89                     | 9.6          |
| RHO01   | Le Rhôny à l'A9                            | 71.6                       | 64               | 13                    | 222               | 343                    | 4.8          |
| RIE03   | Le Rieu à la ligne LGV                     | 7.1                        | 63               | 4                     | 171               | 77                     | 10.9         |

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

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.2 - p11

Août 2010

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

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

### **Formule des Experts « moyenne »**

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

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

Cette formule a été établie à partir de l'étude de 99 bassins versants de superficies inférieures à 5 km<sup>2</sup> (« petits » sous-bassins versants) et a été vérifiée sur les bassins versants de superficies comprises entre 5 et 20 km<sup>2</sup>. Elle n'est par contre pas adaptée aux bassins versants de superficies supérieures à 20 km<sup>2</sup> (« grands » sous-bassins versants).

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

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

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

Avec Q (m<sup>3</sup>/s) le débit de projet centennal  
S (km<sup>2</sup>) la superficie du bassin versant.

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

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

## Débits centennaux estimés par la formule des Experts "moyenne"

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.3 - p2

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [ m<sup>3</sup>/s/(km<sup>2</sup>)<sup>0,75</sup>]

| Code BV | Désignation du bassin versant  | Surface [km <sup>2</sup> ] | Durée de la pluie [h] | Pluie totale [mm] | Débit de pointe [m3/s] | Débit de pps |
|---------|--|----------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------------|
| AGA01   | Le Valat des Agaouts à la N86  | 4.4                        | 3                     | 146               | 43                     | 14.0         |
| AGA03   | Le Valat des Agaouts à la voie ferrée  | 5.1                        | 4                     | 189               | 48                     | 14.0         |
| ARR01   | L'Arriasse à la voie ferrée  | 1.2                        | 2                     | 140               | 16                     | 14.0         |
| ARR03   | L'Arriasse à la confluence avec le Gour  | 1.9                        | 5                     | 192               | 22                     | 14.0         |
| ARR05   | L'Arriasse au Vistre   | 9.6                        | 6                     | 225               | 76                     | 14.0         |
| BAR01   | Le Bartadet à l'A9   | 4.5                        | 4                     | 186               | 43                     | 14.0         |
| BAR04   | Le Bardadet après la confluence avec le Perret et le Serre de la Font à la N86 | 7.9                        | 5                     | 210               | 66                     | 14.0         |
| BAR05   | Le Bartadet après la confluence avec la Chilonne à la voie ferrée              | 14.8                       | 7                     | 230               | 106                    | 14.0         |
| BAS01   | La Bastide à l'A9  | 6.7                        | 5                     | 193               | 58                     | 14.0         |
| BAS04   | La Bastide à la N86  | 7.1                        | 6                     | 213               | 61                     | 14.0         |
| BAS05   | La Bastide à la voie ferrée  | 7.8                        | 6                     | 225               | 65                     | 14.0         |
| BBL01   | Le Barbe Blanche à Générac   | 1.0                        | 3                     | 156               | 14                     | 14.0         |
| BBL03   | Le Barbe Blanche à la voie ferrée  | 2.5                        | 5                     | 195               | 28                     | 14.0         |
| CAG00   | Le Grand Campagnolle au Mas de la Tuilerie                                     | 2.8                        | 6                     | 216               | 30                     | 14.0         |
| CAG01   | Le Grand Campagnolle à la future ligne LGV                                     | 14.6                       | 9                     | 246               | 105                    | 14.0         |
| CAG03   | Le Grand Campagnolle au Vistre   | 22.3                       | 12                    | 260               | 144                    | 14.0         |
| CAG05   | L'affluent du Grand Campagnolle du Mas Vidal                                   | 2.3                        | 6                     | 222               | 26                     | 14.0         |
| CAG06   | L'affluent du Grand Campagnolle du Mas d'Aptel                                 | 7.2                        | 6                     | 221               | 62                     | 14.0         |
| CAM01   | Le Campagne au Vistre  | 9.3                        | 8                     | 238               | 74                     | 14.0         |
| CAN01   | Le Canabou à l'A9  | 6.2                        | 7                     | 228               | 55                     | 14.0         |
| CAN04   | Le Canabou à la N86  | 8.2                        | 8                     | 239               | 68                     | 14.0         |
| CAN05   | Le Canabou à la voie ferrée  | 9.2                        | 9                     | 246               | 74                     | 14.0         |
| CAP01   | Le Petit Campagnolle à la future ligne LGV                                     | 3.6                        | 6                     | 215               | 37                     | 14.0         |

## Débits centennaux estimés par la formule des Experts "moyenne"

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.3 - p3

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [ m<sup>3</sup>/s/(km<sup>2</sup>)<sup>0,75</sup>]

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

## Débits centennaux estimés par la formule des Experts "moyenne"

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.3 - p4

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [ m<sup>3</sup>/s/(km<sup>2</sup>)<sup>0,75</sup>]

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

## Formule de BRESSAND-GOLOSSOF

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

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

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

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

- Bassin versant de superficie inférieure à 20 km<sup>2</sup> :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Avec :

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

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

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

Avec :

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

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

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

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

Figure 2 : Détermination de la rétention initiale  $P_o$

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

Figure 3 : Coefficient de Montana



## ANNEXE 1.4 – P3

- Bassin versant de superficie comprise entre 20 km<sup>2</sup> et 400 km<sup>2</sup> :

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

Pour les bassins versants de superficie comprise entre 20 km<sup>2</sup> et 400 km<sup>2</sup>, le débit de pointe de la crue rare est :

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

Avec :

- $Q_T$  = débit de pointe de la crue de période de retour T
- S = superficie du bassin en km<sup>2</sup>

## Débits centennaux estimés par la méthode FBG

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.4 - p4

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [ m<sup>3</sup>/s/(km<sup>2</sup>)<sup>0,75</sup>]

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

## Débits centennaux estimés par la méthode FBG

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.4 - p5

Août 2010

Débit de pps : débit de pointe pseudo spécifique [ m<sup>3</sup>/s/(km<sup>2</sup>)<sup>0,75</sup>]

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

## Débits centennaux estimés par la méthode FBG

Pour information



PPRi Vistre : Annexe 1.4 - p6  
Août 2010

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

## **Annexe 2 : Notes hydrologiques complémentaires**

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

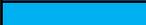
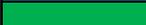
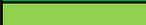
La pluie de référence utilisée pour caractériser la période de retour associée aux pluies observées localement aux postes pluviographiques des réseaux de mesure du SPC Grand Delta et de Météo France est présentée ci-dessous :

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

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

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

**Légende**

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

**Pluie du 3 et 4 octobre 1988**

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

Commentaires :

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

**Pluie du 8 au 9 septembre 2002**

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

Commentaires :

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

**Pluie du 22 septembre 2003**

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

Commentaires :

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

**Pluie du 29 novembre au 4 décembre 2003**

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

Commentaires :

- pluie de période de retour inférieure à 5 ans

**Pluie du 3 au 4 novembre 2004**

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

Commentaires :

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

**Pluie du 6 au 8 septembre 2005**

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

Commentaires :

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

**Pluie du 29 au 30 septembre 2007**

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

Commentaires :

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

**Pluie du 1 au 3 février 2009**

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

Commentaires :

- pluie de période de retour inférieure à 5 ans

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

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

Il est important de noter que :

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

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

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

**Observations : Nîmes-Courbessac\_MF**

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

**Quantiles : Nîmes-Courbessac\_MF**

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

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

**Observations : Nîmes-Garons\_MF**

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

**Quantiles : Nîmes-Garons\_MF**

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

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

**Observations : Générac\_SPC**

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

**Quantiles : Générac\_MF**

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

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

**Observations : Vauvert\_SPC**

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

**Quantiles : Vauvert\_MF**

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

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

**Observations : Remoulins\_SPC**

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

**Quantiles : Remoulins\_MF**

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

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

**Observations : Villevieille\_MF / Vic-Le-Fesc\_SPC**

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

**Quantiles : Villevieille\_MF**

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

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

**Observations : Bernis\_SPC / Calvisson**

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

**Quantiles : Vestric\_MF**

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

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

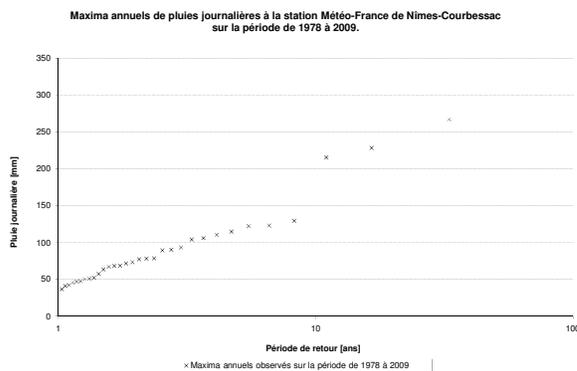
A Bernis, les valeurs de P6HMAX et P12HMAX respectivement de 270 et 308 mm observées du 6 au 8 septembre 2005 correspondent à des pluies de période de retour plus que centennale.

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Tests d'hypothèses sur les échantillons

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

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

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

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

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

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

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

**Tests d'adéquation des ajustements**

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

Source : Logiciel HYFRAN Version 1.1 © INRS-ÉTÉ

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

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

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

**Tests de comparaison entre les lois**

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

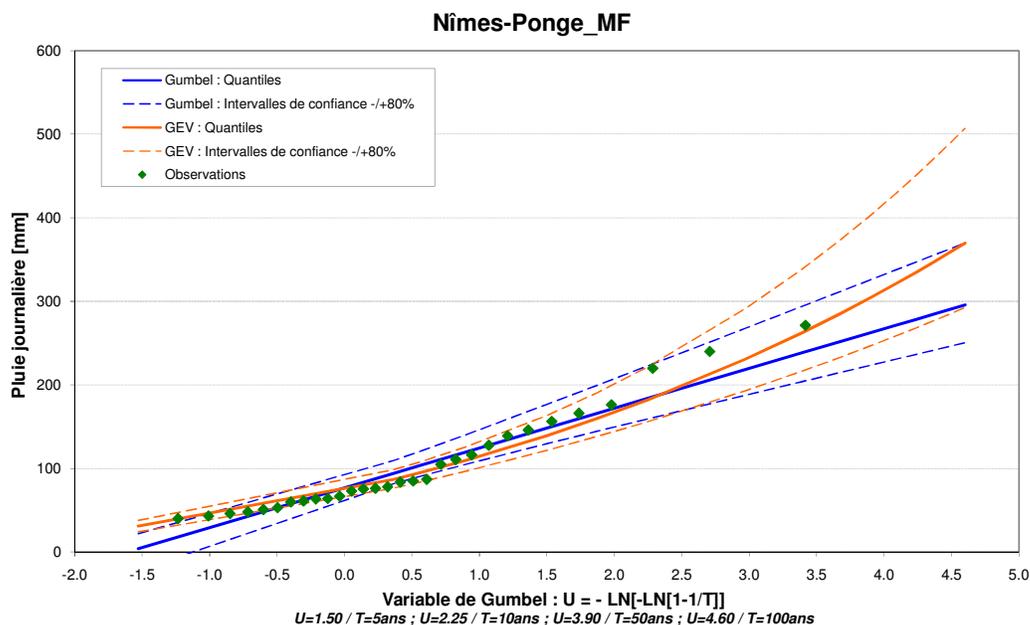
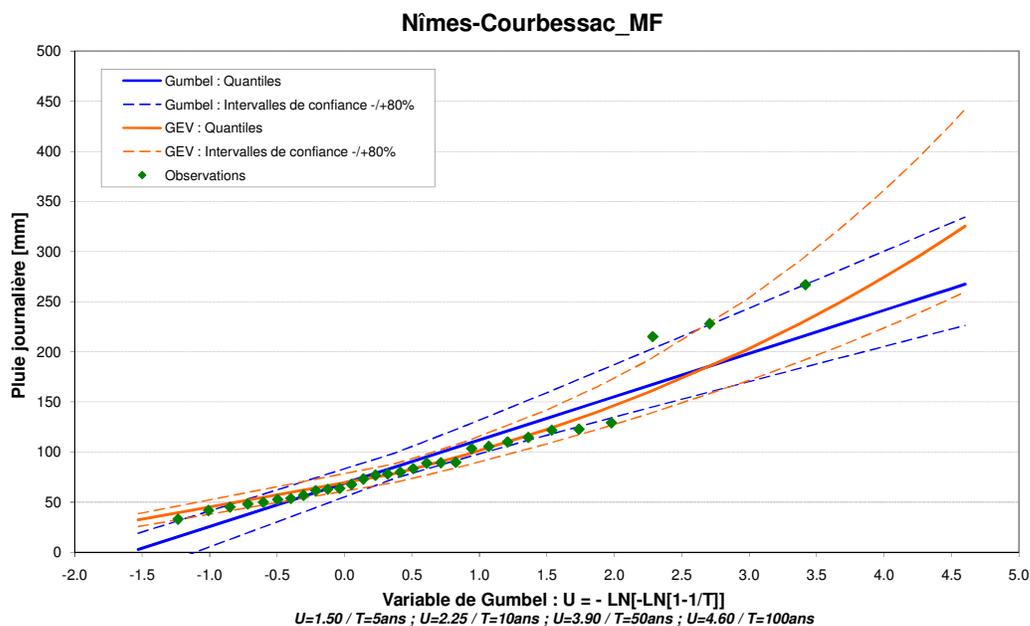
|                         | Critère d'Information Akaike |               |                       |
|-------------------------|------------------------------|---------------|-----------------------|
|                         | AIC - Loi de Gumbel          | AIC - Loi GEV | meilleur ajustement** |
| Nîmes-Courbessac_MF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

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

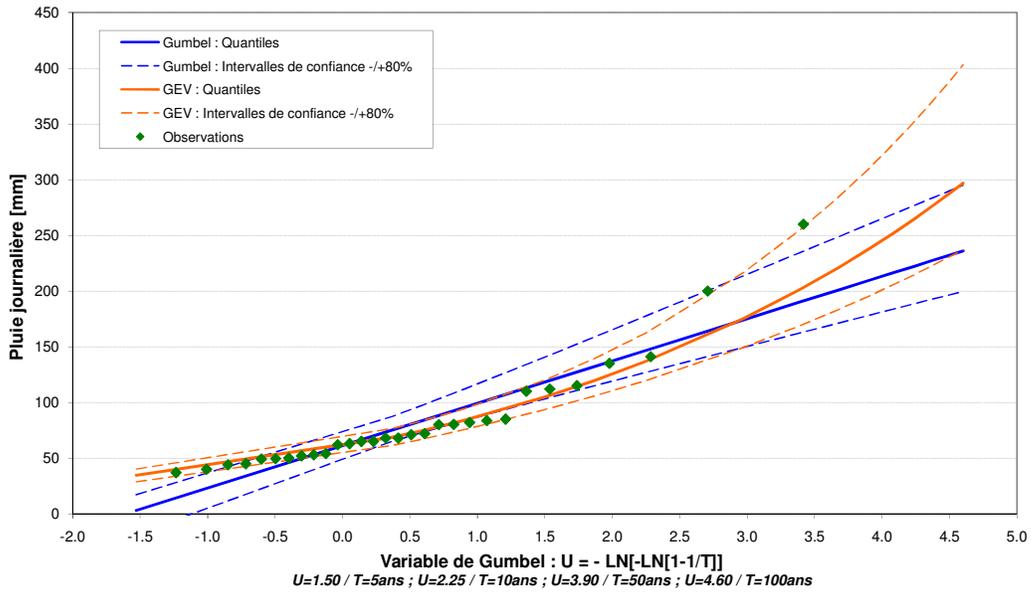
Source : Logiciel HYFRAN Version 1.1 © INRS-ÉTÉ

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

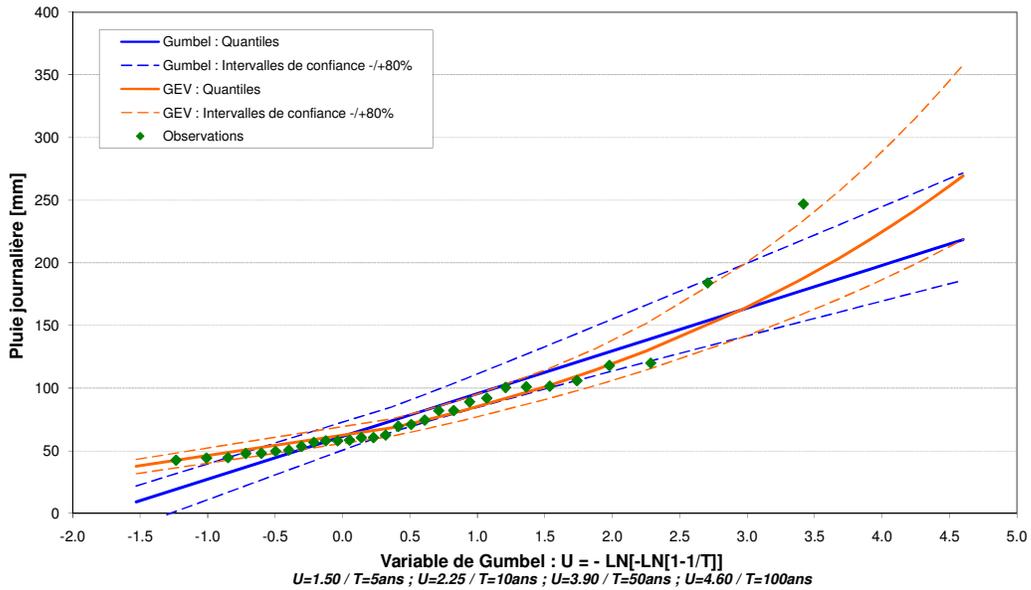
Les graphiques ci-après présentent les courbes d'ajustement des lois Gumbel et GEV et les intervalles de confiance à 80% pour les 11 postes Météo-France (calculs statistiques à partir des pluies journalières maximales annuelles sur la période 1978-2009).



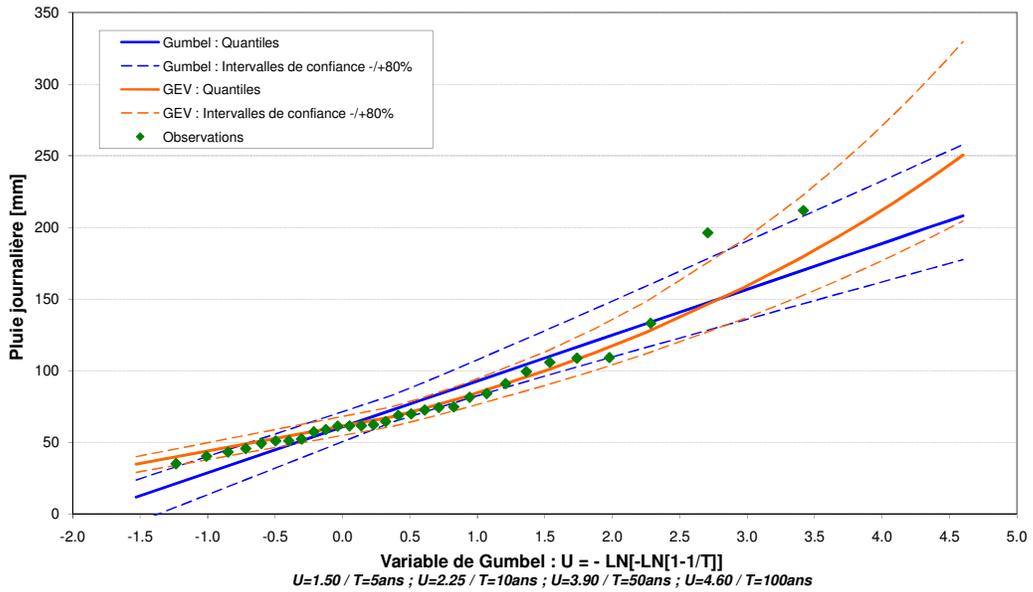
Générac\_MF



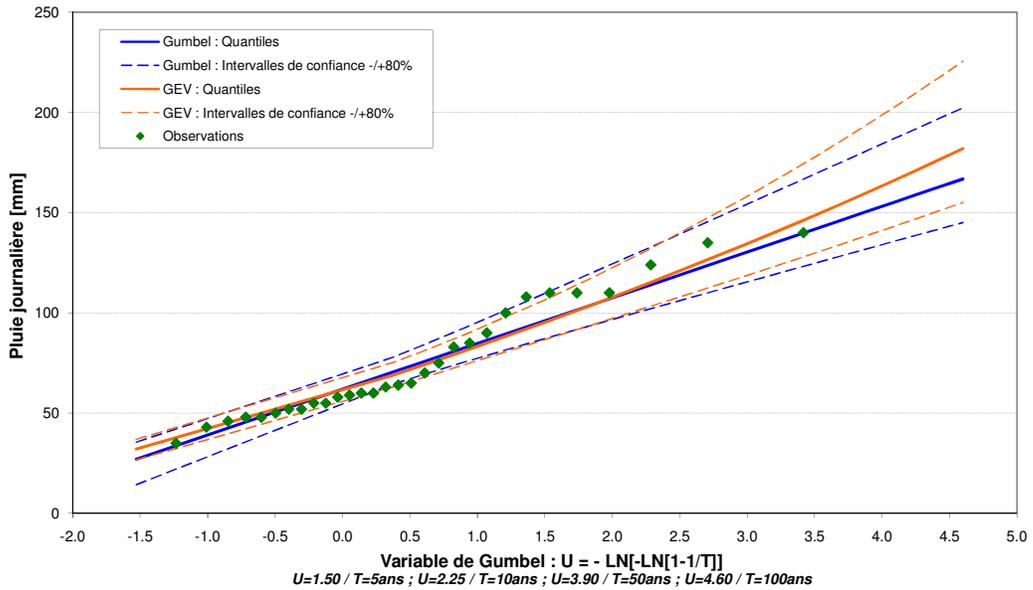
St-Gilles-Asport\_MF

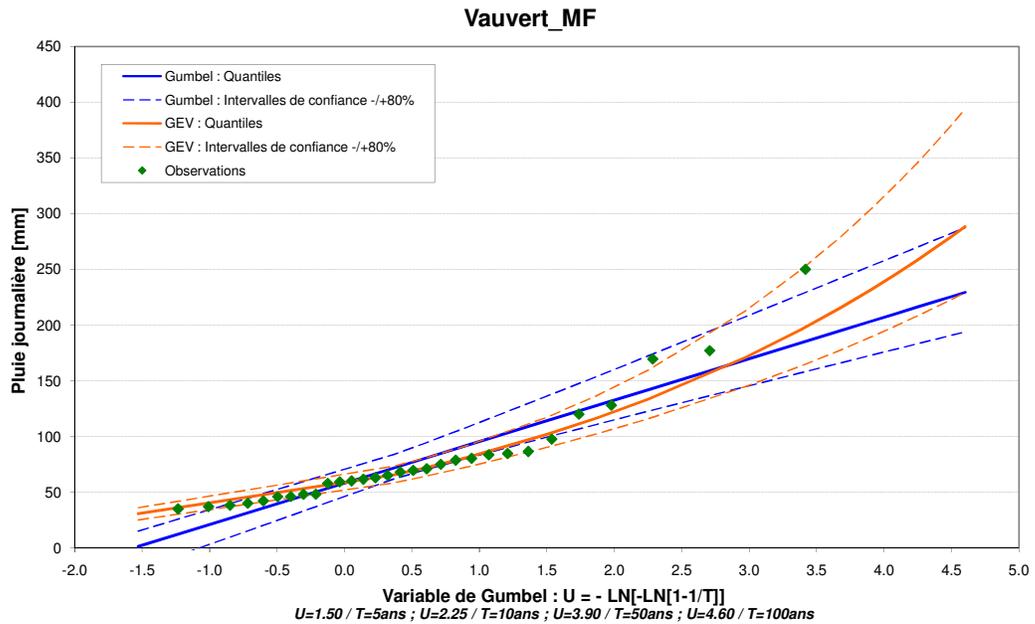
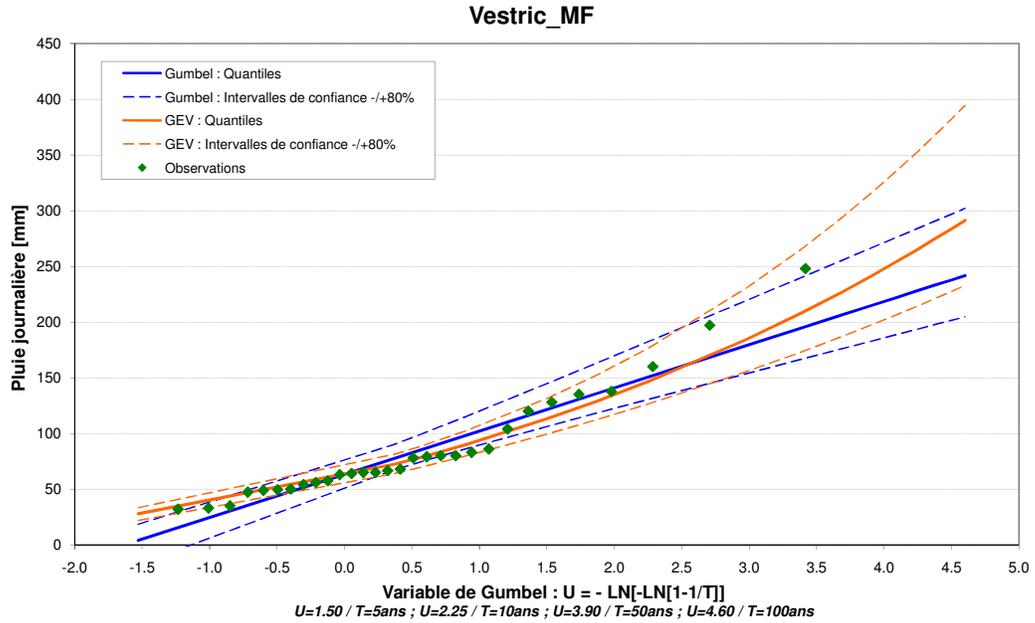


Nîmes-Garons\_MF

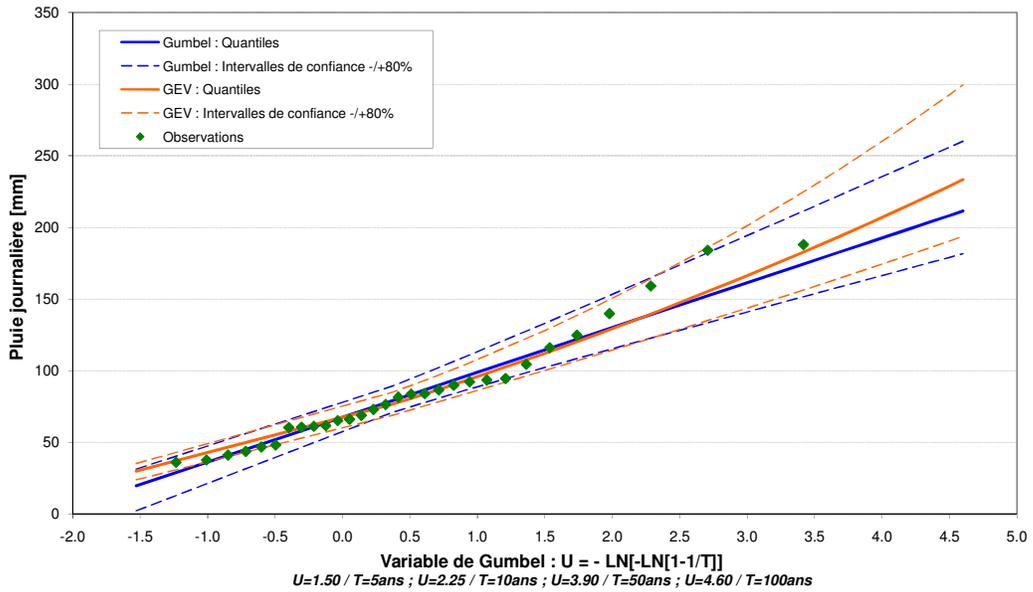


Meynes\_MF

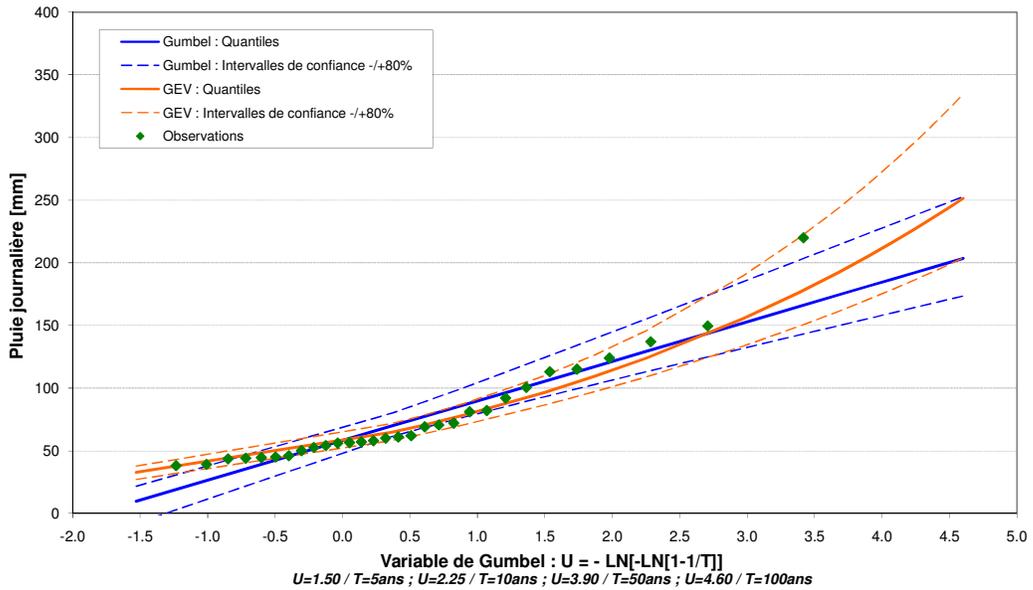


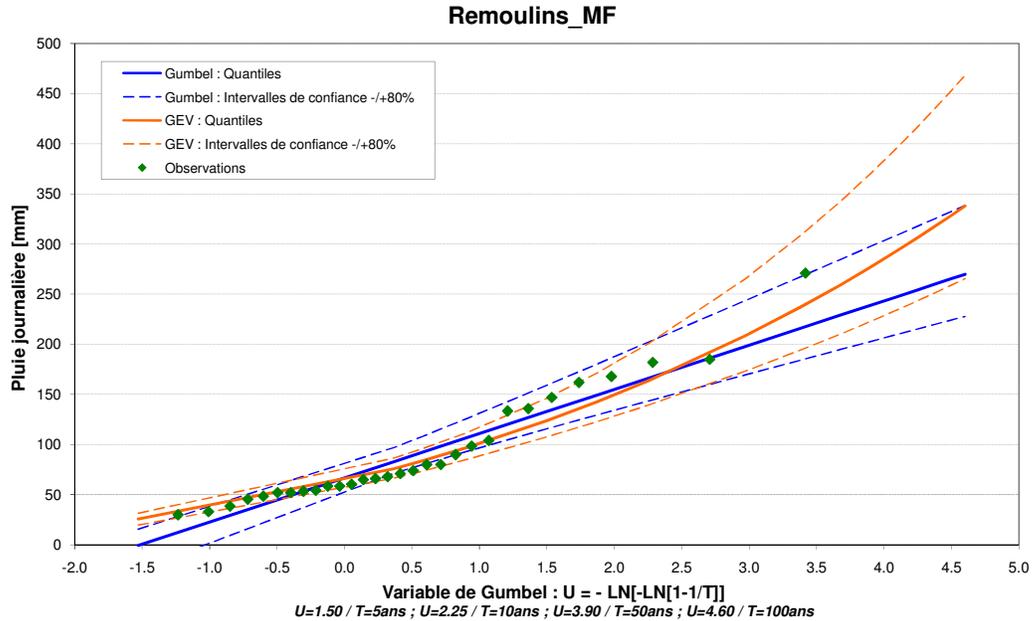


Villevieille\_MF



Bellegarde-Balandran\_MF





Au vu des graphiques précédents, on constate que :

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

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

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

**T = 10 ans**

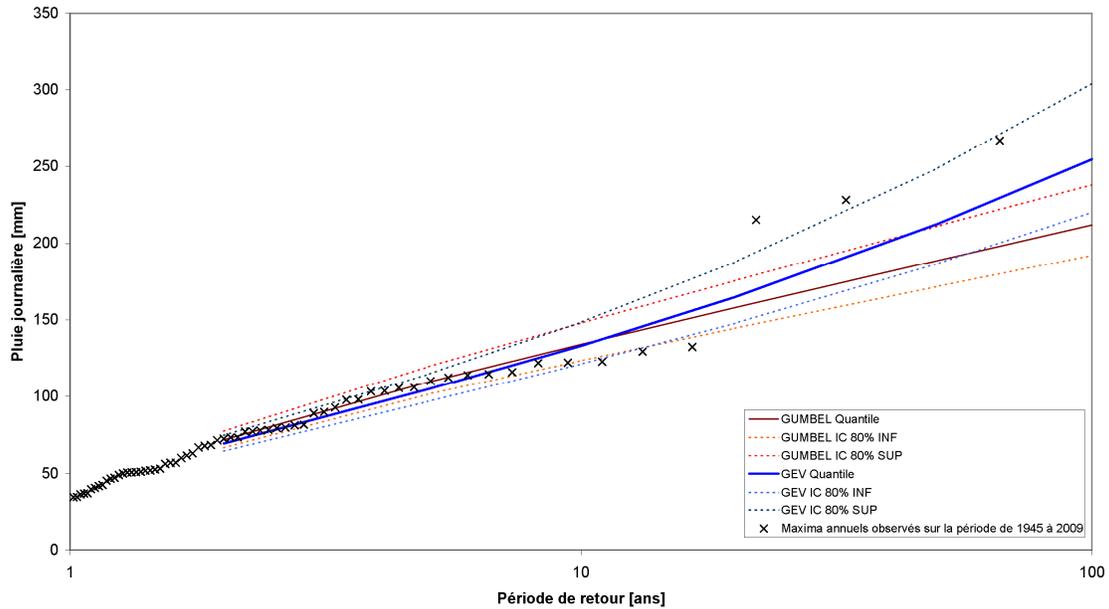
| <b>Gumbel</b>                 | IC-80%      | IC+80%     |
|-------------------------------|-------------|------------|
| Nîmes-Courbessac_MF           | -15%        | 29%        |
| Nîmes-Ponge_MF                | -15%        | 28%        |
| Générac_MF                    | -15%        | 29%     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

**T = 100 ans**

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

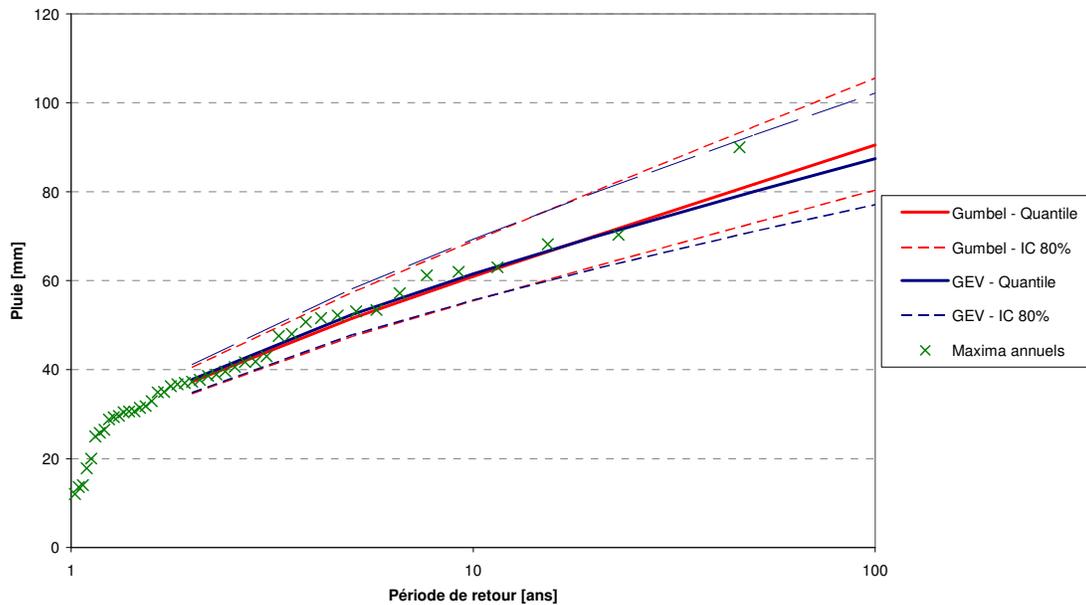
Les graphiques ci-après présentent les courbes d'ajustement des lois Gumbel et GEV et les intervalles de confiance à 80% pour le poste Météo-France de Nîmes-Courbessac (calculs statistiques à partir des pluies maximales journalières annuelles sur la période 1945-2009).

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

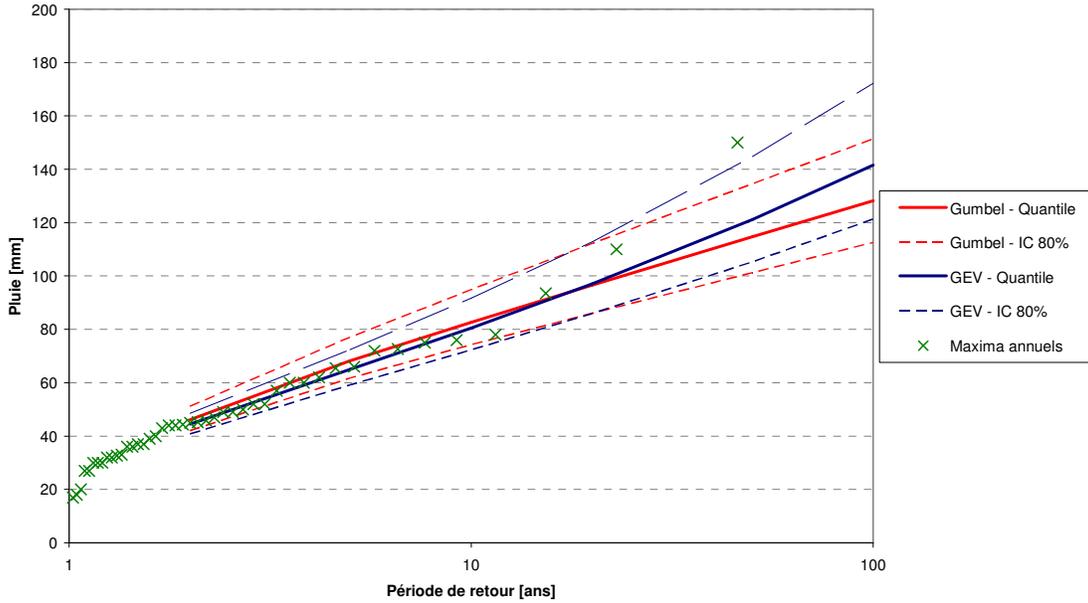


Les graphiques ci-après présentent les courbes d'ajustement des lois Gumbel et GEV et les intervalles de confiance à 80% pour le poste Météo-France de Nîmes-Courbessac (calculs statistiques à partir des pluies maximales en 1, 2, 3, 6, 12 et 24 heures annuelles sur la période 1964-2009).

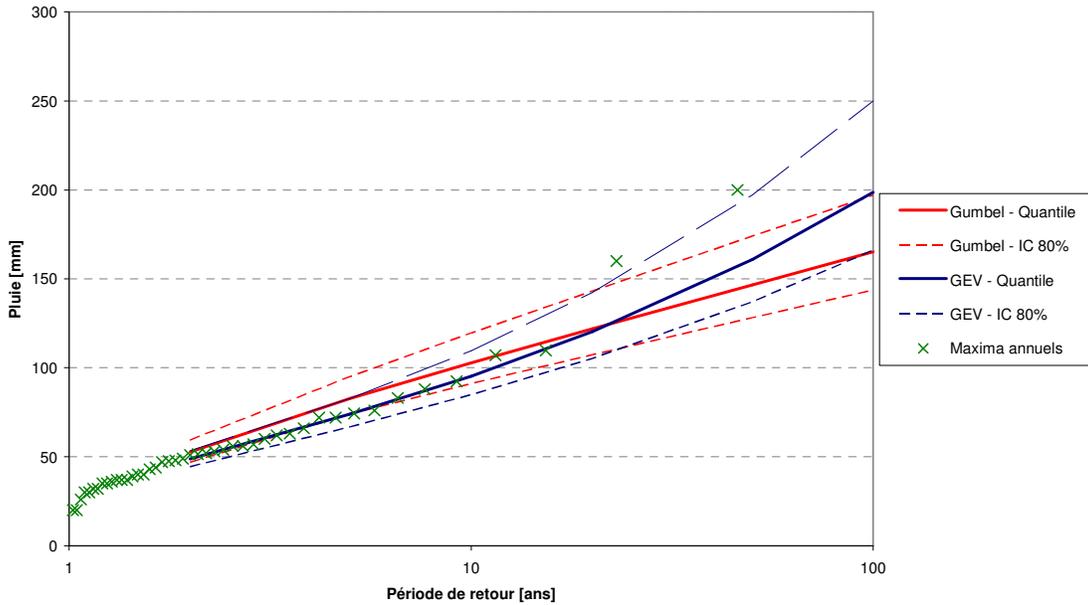
**Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies en 1 heure à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008) avec intervalles de confiance à 80%.**



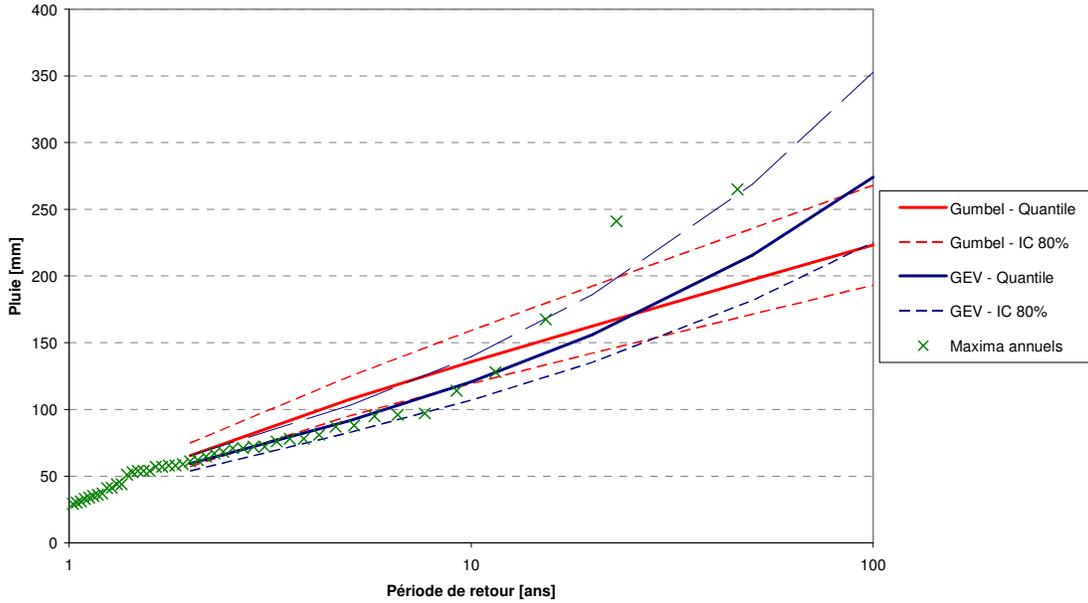
Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies en 2 heures à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008) avec intervalles de confiance à 80%.



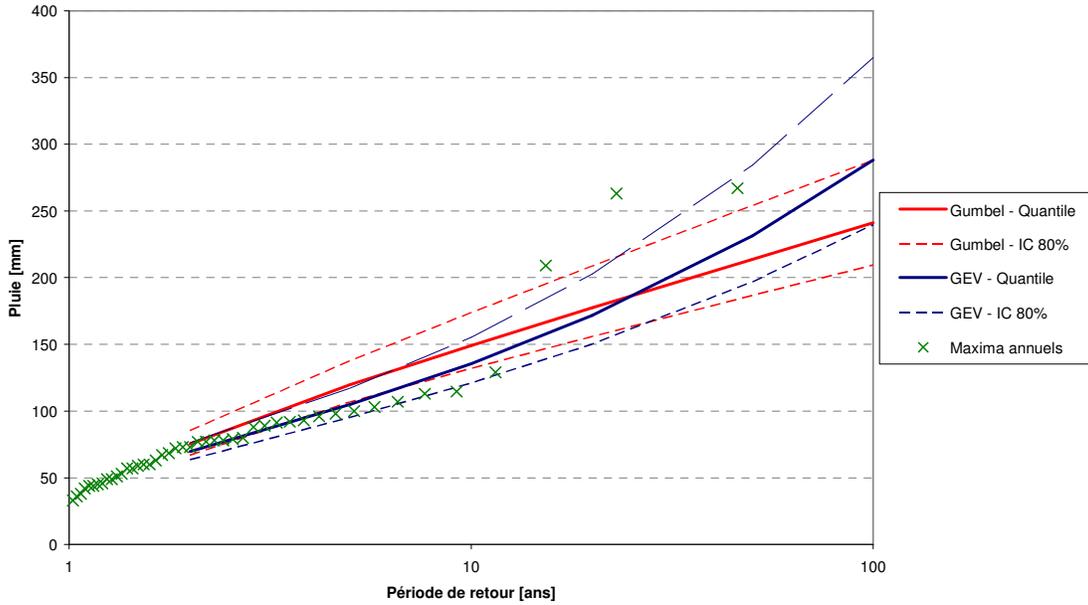
Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies en 3 heures à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008) avec intervalles de confiance à 80%.



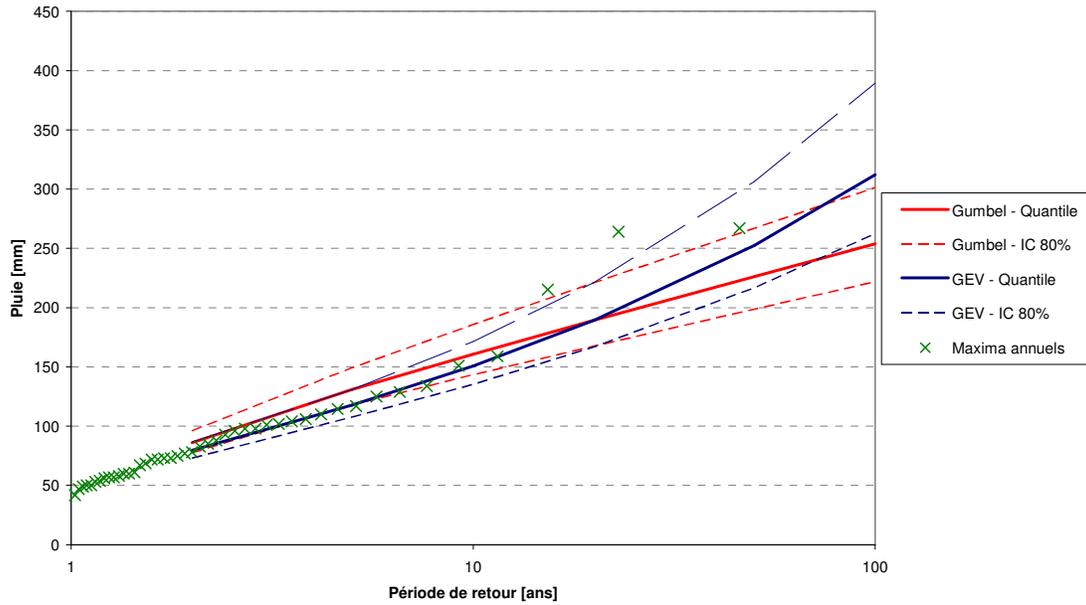
Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies en 6 heures à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008) avec intervalles de confiance à 80%.

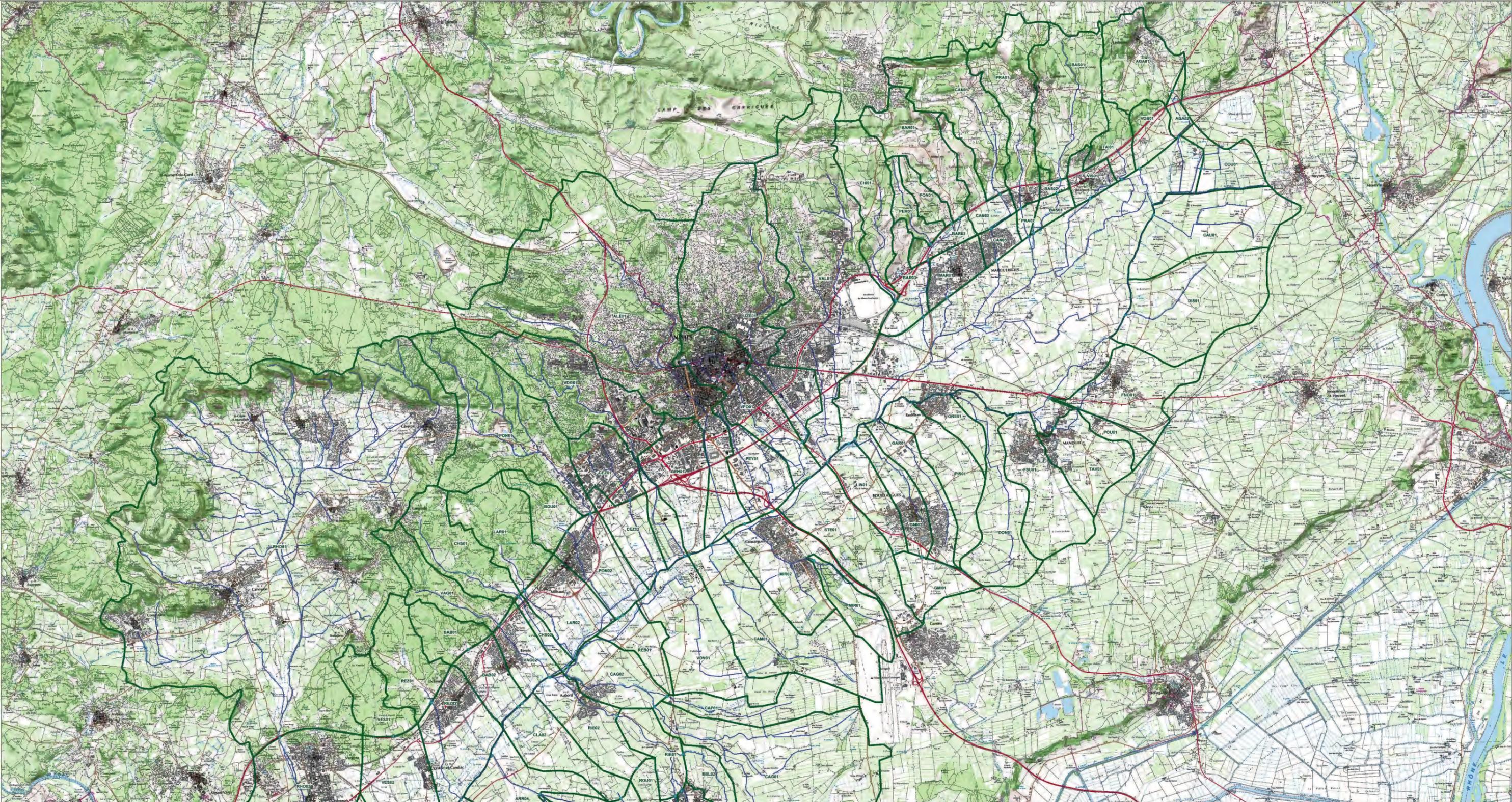


Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies en 12 heures à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008) avec intervalles de confiance à 80%.



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







Direction  
Départementale  
des Territoires  
et de la Mer  
Gard



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

Carte des bassins versants

**LEGENDE**

- Hydrographie
- Point d'injection
- bassins versants



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

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

## *Phase 2 : étude des aléas*

*Janvier 2013*



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

## *Phase 2 : Etude des aléas*

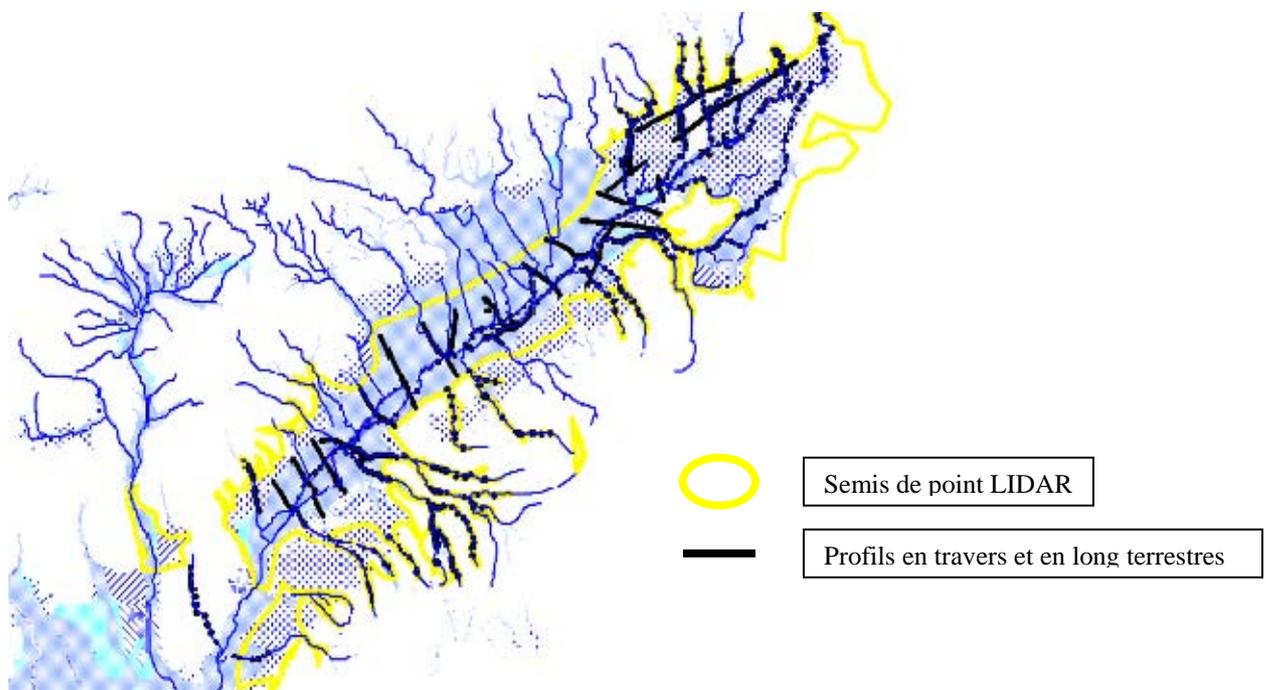
|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2. MODELISATIONS .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2.1 Influence des ouvrages « particuliers »</b>  | <b>4</b>  |
| 2.1.1 Bassins de rétention  | 4         |
| 2.1.2 Infrastructures en remblais   | 7         |
| <b>2.2 Analyse critique préalable des PHE</b>   | <b>8</b>  |
| 2.2.1 Collecte et synthèse des PHE  | 8         |
| 2.2.2 Critique préalable des PHE  | 9         |
| 2.2.3 Critique et validation postérieures aux modélisations hydrauliques                              | 9         |
| <b>2.3 Les affluents</b>  | <b>10</b> |
| <b>2.3.1 Description des modèles, résultats et commentaires</b>                                       | <b>10</b> |
| 2.3.1.1 Le Bastide, le Pradinas, le Canabou, le Bartadet, le Serre de la Font, le Perret, le Chivalas | 10        |
| 2.3.1.2 Le Gara de Paille   | 24        |
| 2.3.1.3 Le Grand Michel   | 24        |
| 2.3.1.4 Le Campagne   | 26        |
| 2.3.1.5 Le Valdebane  | 28        |
| 2.3.1.6 Le Cabassan   | 30        |
| 2.3.1.7 Le Gour et l'Arriasse   | 32        |
| 2.3.1.8 Le Rézil  | 34        |
| 2.3.1.9 La Lone   | 39        |
| <b>2.3.2 Intégration des résultats des modélisations des études existantes</b>                        | <b>41</b> |
| 2.3.2.1 Lédenon   | 41        |
| 2.3.2.2 Vauvert   | 43        |
| 2.3.2.3 Milhaud et Bernis   | 47        |
| 2.3.2.4 Le Mirman à Caissargues   | 54        |
| 2.3.2.5 Aubord et Générac   | 56        |
| <b>2.4 Le modèle de la plaine du Vistre et du Buffalon</b>  | <b>58</b> |
| 2.4.1 Hydrogrammes injectés   | 58        |
| 2.4.2 Structure du modèle   | 60        |
| 2.4.3 Condition limite aval   | 61        |
| 2.4.4 Calage sur la crue de 2005  | 66        |
| 2.4.5 Résultats des simulations   | 74        |
| <b>ANNEXE .....</b>   | <b>95</b> |
| <b>Annexe 1 : résultats des modèles filaires des affluents</b>  | <b>96</b> |
| <b>Annexe 2 : hydrogrammes d'apports injectés dans le modèle « plaine »</b>                           | <b>97</b> |



## 1. TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES

Les levés topographiques réalisés dans le cadre de l'étude sont les suivants :

- ▶ Levés terrestres :
  - 466 profils en travers des lits mineurs des cours d'eau,
  - 209 ouvrages de franchissement hydrauliques,
  - 48 km de profils en longs des lignes structurantes,
  - 52 PHE.
- ▶ Levés LIDAR : 160 km<sup>2</sup> de champ majeur des cours d'eau, avec une densité de points de 3 points par m<sup>2</sup> et une précision de + ou – 8 cm.



## 2. MODELISATIONS

La modélisation des écoulements de crue a été mise en œuvre sur le tout le linéaire du Vistre et du Buffalon, et sur tous les affluents compris dans le périmètre d'étude (Cf. phase 1, §1.5), c'est-à-dire tous les affluents en dehors du Rhône, de la Cubelle et des cadereaux de Nîmes.

L'analyse réalisée en phase 1 permet de dégager 2 grands types de fonctionnement hydraulique :

- ▶ Les écoulements de plaine du Vistre et du Buffalon qui subissent un étalement et un ralentissement dynamique en champ majeur, et sont modélisés en transitoire dans un modèle « plaine » décrit ci-après,
- ▶ Les écoulements des affluents du Vistre, qui sont soumis à des pentes plus fortes et un moindre étalement des eaux, et sont modélisés en modèles filaires et permanent décrits ci-après.

Les modèles, plaine et affluents, sont construits sur la base des levés topographiques décrits ci-avant, et intègrent tous les ouvrages structurants présents sur les secteurs modélisés. Des précisions doivent toutefois être apportées sur la prise en compte de certains ouvrages (§2.1).

Avant la construction des modèles qui doivent être calés sur les repères de Plus Hautes Eaux (PHE) disponibles, une analyse critique préalable a été menée sur les PHE recensés dans la zone d'étude (§2.2).

## 2.1 INFLUENCE DES OUVRAGES « PARTICULIERS »

Un certain nombre d'ouvrages : bassins de rétention, ouvrages transversaux en remblai, digues longitudinales, sont présents sur le bassin versant du Vistre. Face à ce constat, il est naturel de s'interroger sur l'influence de ces ouvrages sur le fonctionnement hydraulique du Vistre et de ses affluents en période de crue, aussi bien en regard de l'aggravation qu'en regard d'une atténuation des phénomènes.

### 2.1.1 Bassins de rétention

Les principaux bassins de rétention susceptibles d'avoir un impact significatif sur les débits de référence du bassin versant sont :

- ▶ Les bassins de rétention sur les cadereaux de Nîmes dont la réalisation a débuté suite aux inondations catastrophiques de 1988 dans le cadre du « programme cadereaux »,
- ▶ le bassin de rétention des Plaines sur la commune de Vauvert, réalisé après 2005.

Le laminage des bassins de rétention est considéré comme nul, compte tenu du risque important de défaillance de tels ouvrages (obturation de l'orifice de fuite, vidange totale non effective entre deux événements pluvieux distincts,...) et de leur faible efficacité vis-à-vis d'évènements majeurs d'occurrence centennale.

Une exception a été retenue pour le cas particulier du bassin de stockage de la carrière de Caveirac sur la Poudre (communes concernées : Nîmes et Milhaud), dont le volume est très important (4,6 millions de m<sup>3</sup>) et le risque de défaillance quasi nul.

L'écrêtement induit par le stockage dans les bassins de rétention a par contre été pris en compte pour la simulation des événements de calage (septembre 2005 et septembre 2002), lorsque les bassins existaient, comme c'est le cas de plusieurs bassins de Nîmes.

### *Prise en compte des bassins de rétention de la Ville de Nîmes pour les événements historiques*

Source : *Programme CADEREAU – Etude pour un aménagement cohérent et durable des cadereaux – Etape n°1 : Bilan des aménagements réalisés dans le cadre du PPCI – « Sous-étape 1.1.2 Inventaire des travaux réalisés » – Version 5. Février 2008. EGIS Eau BCEOM France pour la Ville de Nîmes.*

Le recensement des ouvrages réalisés couvre la période 1988-2009. Les aménagements réalisés à ce jour sont la conséquence directe de la catastrophe du 3 octobre 1988 (pluie de 420 mm en 7 heures à Mas de Ponge / volume de 14 millions de mètres cubes d'eau transitant dans la zone urbanisée de la Ville). Suite à ces inondations, la Ville de Nîmes a décidé de restructurer le réseau d'assainissement pluvial afin de maîtriser les écoulements des eaux de ruissellement traversant l'agglomération.

**Le Plan de Protection Contre les Inondations (PPCI) de la Ville de Nîmes a défini les aménagements à mettre en œuvre pour protéger l'agglomération contre des pluies d'occurrence quarantennale à l'amont du boulevard Sud et centennale à l'aval.**

A ce jour (2009), le PPCI a permis la réalisation de :

- ▶ 21 bassins écrêteurs de crue (en amont du boulevard Sud),
- ▶ 1 bassin de stockage (Carrière de Caveirac),
- ▶ 2 bassins de dégravement (Engance et Cimetière),
- ▶ 4 bassins de compensation aval (Aérodrome Est, Aérodrome Ouest, Magaille Est, Mas Neuf).

Le tableau ci-après synthétise les caractéristiques des bassins de rétention réalisés dans le cadre du PPCI de la Ville de Nîmes.

Le bassin du Mas de Vigier sur le cadereau de Saint-Cézaire dont l'étude est actuellement en cours dans le cadre du Programme CADEREAU n'a pas été répertorié.

La pluie de projet retenue est la pluie de septembre 2005 recentrée dont la période de retour associée a été qualifiée de quarantennale, ce qui est cohérent avec l'analyse hydrologique menée dans le cadre du PPRi Vistre.

| Cadereau concerné | Désignation de l'aménagement                     | Année(s) de réalisation | Caractéristiques techniques principales |             |              |
|-------------------|--|-------------------------|---|-------------|--------------|
|                   |  |                         | Volume (m3)                             | Hauteur (m) | Surface (ha) |
| Valladas (4)      | Bassin du Grand Serre                            | 2001-2002               | 77 100                                  | 10.50       | 2.40         |
|                   | Bassin de Dégravement du Cimetière               | 2006                    | 2 500                                   | 2.15        | 0.34         |
|                   | Bassin aérodrome Est                             | 2003-2004               | 30 500                                  | 2.00        | 7.92         |
|                   | Bassin aérodrome Ouest                           | 2003-2004               | 368 000                                 | 6.00        | 13.00        |
| Riquet (1)        | Bassin du Valat Riquet                           | 1992                    | 41 000                                  | 6.70        | 1.70         |
| Uzès (5)          | Bassin du Tennis (de Calvas) ou Font Rossignol   | 1999-2000               | 23 900                                  | 7.00        | 0.76         |
|                   | Bassin de dégravement d'Engance                  | 1999-2000               | 1 000                                   | 2.00        | 0.15         |
|                   | Bassin de l'Oliveraie                            | 1999-2000               | 101 400                                 | 10.30       | 3.10         |
|                   | Bassin du Terrain de l'Armée                     | 2003-2004               | 37 200                                  | 7.00        | 1.54         |
|                   | Bassin de Magaille Est                           | 2003-2004               | 60 000                                  | 2.50        | 5.50         |
| Alès (7)          | Bassin de Vallon I (ou de la Combe des Oiseaux)  | 1994                    | 22 000                                  | 1.00        | 1.00         |
|                   | Bassin du Bois de Mittau Ouest                   | 1999-2000               | 16 500                                  | 7.00        | 1.20         |
|                   | Bassin de Roquemaière                            | 1999-2000               | 70 500                                  | 5.60        | 2.60         |
|                   | Bassin d'Anduze                                  | 2003-2004               | 58 000                                  | 5.00        | 3.35         |
|                   | Bassin de Vallon II (ou de la Combe des Oiseaux) | 2003-2004               | 22 000                                  | 1.00        | 1.00         |
|                   | Bassin du Bois de Mittau Est                     | 2006-2007               | 10 000                                  | 8.20        | 1.00         |
|                   | Bassin du Mas Neuf                               | 2006-2007               | 211 000                                 | 3.40        | 14.20        |
| Camplanier (3)    | Bassin de Vacquerolles amont                     | 1991-1992               | 24 500                                  | 2.50        | 3.60         |
|                   | Bassin de Vacquerolles aval                      | 1991-1992               | 54 500                                  | 3.50        | 5.70         |
|                   | Bassin amont du Pont de la République            | 1992                    | 28 000                                  | 6.00        | 1.10         |
| Valdegour (4)     | Bassin amont de Pierre Blanche                   | 2003-2004               | 42 000                                  | 7.00        | 1.60         |
|                   | Bassin amont de Mourre Froid                     | 2004-2005               | 47 600                                  | 8.00        | 1.50         |
|                   | Bassin amont des Romarins Nord                   | 2006                    | 11 000                                  | 2.95        | 0.50         |
|                   | Bassin amont des Romarins Sud                    | 2006                    | 46 000                                  | 8.70        | 2.00         |
| Pondre (3)        | Carrière de Caveirac                             | 2002                    | 4 600 000                               | -           | -            |
|                   | Bassin amont de Canteperdrix                     | 2005-2006               | 36 000                                  | 3.00        | 2.02         |
|                   | Bassin aval de Canteperdrix                      | 2005-2006               | 42 850                                  | 2.50        | 2.18         |

La modélisation hydrologique des affluents a été effectuée selon la méthode appliquée pour les autres affluents du Vistre en incluant les bassins de rétention existant pour les deux évènements de calage : septembre 2002 et septembre 2005. Les résultats obtenus sont en cohérence avec ceux du Programme Cadereaux.

Ainsi, les résultats obtenus pour les pluies réelles de septembre 2002 et septembre 2005 prennent en compte les aménagements existants à l'époque et sont cohérents avec le Programme Cadereaux.

Concernant les évènements de projet (pluies décennales, cinquantennale et centennale), seule la Carrière de Caveirac a été prise en compte dans la modélisation.

Pour les évènements de projets, les hypothèses hydrologiques sont différentes entre le PPRi Vistre et le Programme Cadereaux (type de pluie et durée de pluie). Les résultats ne sont donc pas directement comparables.

## 2.1.2 Infrastructures en remblais

La présence d'infrastructures en remblais qui font obstacle aux écoulements peut avoir pour incidence :

- ▶ de créer un remous sur la ligne d'eau et éventuellement en fonction de la configuration du site à l'amont, de stocker un volume d'eau suffisant pour écrêter le débit,
- ▶ d'engendrer un risque supplémentaire par rupture ou surverse.

Les infrastructures en remblais dont il faut préciser la prise en compte sont les suivantes :

- ▶ **Les digues du Vistre ou plutôt les levées de terre qui ont été réalisées lors des recalibrages et rectifications le long du lit mineur du Vistre, et que l'on ne peut qualifier de véritables digues** ; leur vocation n'est pas la protection contre les crues ; compte tenu de leur état actuel dégradé et de leur caractère discontinu et non pérenne, ces ouvrages sont considérés comme transparents vis-à-vis des écoulements de crue de manière à intégrer le risque très probable de formation de brèches,
- ▶ **De même, la plupart des remblais, murs, merlons de protection, fréquemment rencontrés en zone urbanisée et en zone agricole**, conformément à la politique de l'État, ne peuvent être considérés comme des ouvrages de protection fiables, et restent donc transparents dans la qualification de l'aléa. En effet les zones situées derrière ces remblais sont des zones soumises à un risque d'inondation par rupture brutale ou submersion du remblai, avec des conséquences catastrophiques quelque soit leur degré de protection théorique.
- ▶ **Les digues de protection des zones habitées**, qui présentent un bon état structurel et un caractère pérenne : il s'agit des digues de Caissargues et du Cailar. Ces digues sont actuellement prises en compte en tant qu'ouvrages structurants protecteurs des lieux habités ; la modalité de prise en compte d'un effacement ou d'éventuelles ruptures n'a pas été examinée à ce jour.
- ▶ **Le canal BRL :**
  - **Ecrêtement à l'amont** : sur les linéaires où le canal est en remblai, et où la transparence hydraulique pour un évènement majeur n'est pas assurée, des stockages importants ont lieu à l'amont du canal ; c'est notamment le cas du secteur de Vauvert où une modélisation des écoulements en transitoire a mis en évidence un écrêtement significatif du débit de pointe lors d'une étude antérieure (Cf. § 2.3.2) ;

- **déversement à l'aval** : les zones inondées par déversement du canal lors de l'évènement de septembre 2005 ont été cartographiées lors des enquêtes menées après l'évènement ; il s'agit d'une information complémentaire qui n'est pas intégrée dans la cartographie des aléas de débordement de cours d'eau.
- ▶ **L'autoroute A9** : sur les linéaires où l'autoroute est en remblai, et où la transparence hydraulique pour un évènement majeur n'est pas assurée, des stockages importants ont lieu à l'amont de la plate forme ; c'est le cas sur de nombreux cours d'eau interceptés par l'A9 entre Bezouze et Vestric. Les écrêtements induits ont été étudiés au cas par cas lors des modélisations (Cf § 2.3.1). La photographie ci-après prise en 2005 sur l'autoroute au droit de l'aire de Marguerittes illustre le manque de transparence de l'infrastructure pour les évènements pluvieux rares dans certains secteurs.



## 2.2 ANALYSE CRITIQUE PREALABLE DES PHE

### 2.2.1 Collecte et synthèse des PHE

Les repères des Plus Hautes eaux (PHE) connus sur le bassin versant ont fait l'objet de plusieurs recensements antérieurs à la présente étude. Les enquêtes réalisées auprès des communes ont permis de les valider et éventuellement d'apporter quelques compléments qualitatifs mais n'ont pas abouti à de nouvelles données. En effet, on dispose des données suivantes :

- ▶ Le recensement et le levé des PHE de la crue de 2005, réalisé par Hydrologik pour la DDE du Gard,
- ▶ Le recensement de PHE de débordement de cours d'eau et de ruissellement de plusieurs crues, réalisé par Hydratec pour le SMBVV, dans le cadre de l'étude pour l'établissement de repères de crues sur le bassin versant : les PHE de débordement ont été nivelées dans le cadre de la campagne topographique de la présente étude par le géomètre Vincens (soit une quarantaine de PHE, sachant qu'une vingtaine d'entre eux n'étaient pas accessible),
- ▶ Le recensement et le levés des PHE de la crue de 1988 sur le Rhône, le Vistre aval et le Razil lors de l'étude générale d'aménagement hydraulique du Vistre-Rhône menée par la DDE30 en 1992 (BCEOM),
- ▶ Le recensement et le levé de PHE identifiées dans le cadre des études RFF pour CNM sur le Vistre (Ingérop), le Rieu et le Campagnolle (Safege).

Les études hydrauliques menées sur Bernis et Milhaud sous maîtrise d'ouvrage communale n'ont pas apporté de repères de PHE supplémentaires.

Les données de PHE ont été collectées et synthétisées dans une base de données SIG.

Un bilan du nombre de PHE recensés pour chaque zone et chaque crue, fourni dans le tableau suivant, met en corrélation la quantité de PHE disponibles et les événements historiques les plus marquants pour chaque zone, identifiés en phase 1 :

|                         | nombre de PHE recensés par crue |           |          |          |
|-------------------------|---------------------------------|-----------|----------|----------|
|                         | 2005                            | 1988      | 2002     | 2003     |
| plaine amont            | <b>9</b>                        | 2         | 1        | 0        |
| plaine centre           | <b>95</b>                       | 1         | 0        | 0        |
| plaine aval             | <b>31</b>                       | 9         | 0        | 0        |
| piémont Garrigues Est   | <b>14</b>                       | 9         | 6        | 0        |
| piémont Garrigues Ouest | <b>32</b>                       | 1         | 0        | 0        |
| Haut Vistre             | 0                               | 0         | <b>7</b> | 0        |
| Rhône                   | 4                               | <b>13</b> | 0        | 0        |
| Costières               | <b>42</b>                       | 0         | 2        | <b>9</b> |

## 2.2.2 Critique préalable des PHE

La base de données des repères de PHE a été complétée par une analyse critique préalable à la modélisation des écoulements :

- ▶ Repères de PHE qualifiés en ruissellement pluvial ou débordement de cours d'eau, suivant leur localisation dans le champ majeur des cours d'eau,
- ▶ Repères de PHE qualifiés de douteux, incertains ou validés suivant les informations disponibles lors de leur recensement et de leur analyse préalable :
  - Repère douteux : l'information est douteuse car le site n'est pas représentatif de l'écoulement principal (comme une cour intérieure par exemple),
  - Repère incertain : l'information n'est pas précise ou bien il y a un doute sur la représentativité du repère vis-à-vis de l'écoulement principal,
  - Repère validés provisoirement dans l'attente d'une analyse de la cohérence de la cote levée avec les modélisations hydrauliques calées.

Les repères estimés douteux n'ont pas été utilisés pour le calage des modèles.

## 2.2.3 Critique et validation postérieures aux modélisations hydrauliques

Après les phases de calage des modélisations hydrauliques présentées ci-après, tous les PHE du Vistre et de ses affluents modélisés ont ensuite été à nouveau examinés au regard des résultats des modèles calés, puis classés en fonction de leur représentativité des écoulements de crue en validés ou douteux.

Les données de PHE (incluant la validation) sont intégrées dans un SIG et leurs fiches descriptives (avec photo) font l'objet d'un lien « hotlink ».

## 2.3 LES AFFLUENTS

### 2.3.1 Description des modèles, résultats et commentaires

La modélisation des écoulements de crue des affluents a été réalisée à l'aide du logiciel ISIS en mode filaire et en régime permanent pour la plupart, à l'exception du secteur de Marguerittes-Saint Gervasy-Bezouze et d'Uchaud.

Les débits de pointe de référence calculés en phase 1 sont simulés. Des calculs intermédiaires entre 2 points de calculs hydrologiques ont pu être nécessaires afin de mieux répartir les injections de débits en cas d'apports diffus ; ils ont été généralement estimés avec la formule de Myers :  $Q1/Q2=(S1/S2)^{0.75}$  avec QN : débit au point N et SN : superficie du bassin versant au point N.

Les résultats détaillés sont fournis en annexe 1.

#### Condition limite aval pour la crue centennale des affluents du Vistre

Elle a été fixée à la cote normale de l'eau en limite des modèles ; en effet, les temps de réaction des affluents étant plus courts de celui du Vistre, la concomitance des pointes est peu probable.

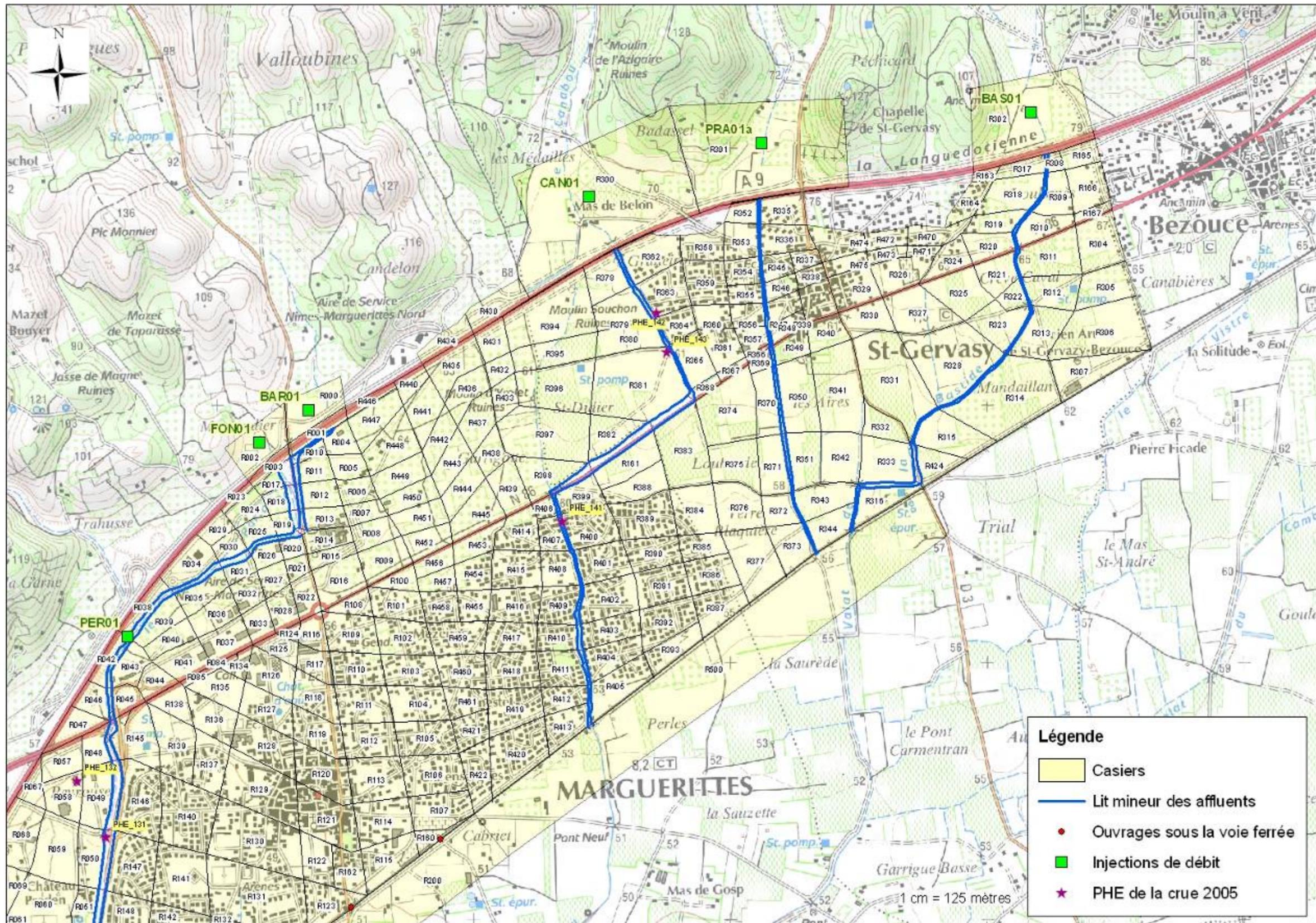
#### **2.3.1.1 Le Bastide, le Pradinas, le Canabou, le Bartadet, le Serre de la Font, le Perret, le Chivalas**

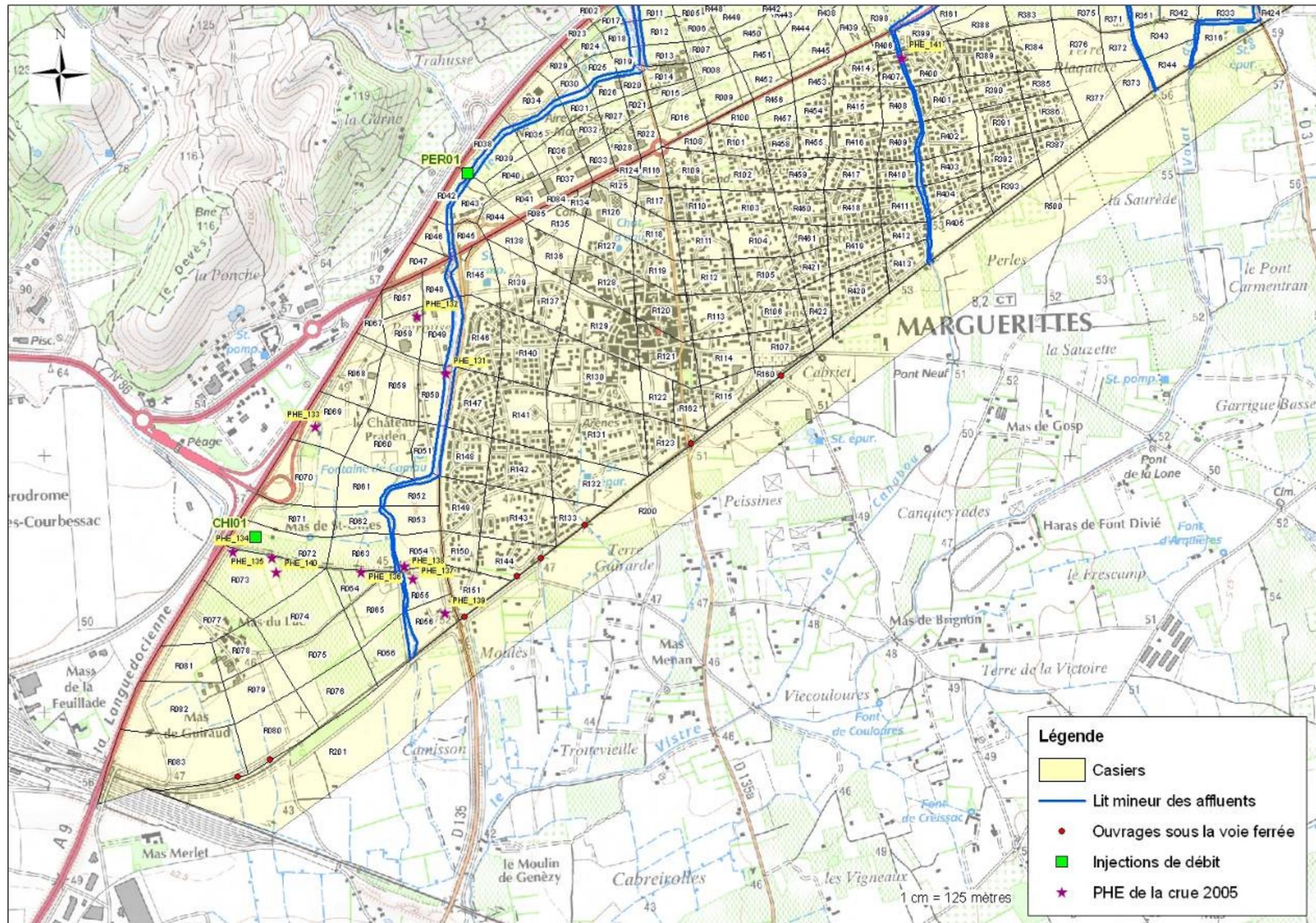
Les affluents en rive droite du Haut Vistre sur les communes de Bezouze, Saint-Gervasy et Marguerittes ont fait l'objet d'une modélisation pseudo-bidimensionnelle à casiers. En effet, sur les secteurs situés en aval de l'autoroute A9, la pente du lit majeur est transversale à celle du lit mineur, traduisant le caractère multidirectionnel des écoulements en cas de débordements des cours d'eau.

Un modèle mixte casiers/lits mineurs a donc été construit, intégrant les champs d'inondation et les lits mineurs des ruisseaux : Bastide, Pradinas, Canabou, Bartadet, Serre de la Font, Perret, Chivalas ».

Les simulations ont été effectuées en régime transitoire et retraduisent les phénomènes de stockage, notamment ceux identifiés à l'amont de l'autoroute.

Les cartes pages suivantes présentent la structure du modèle à casiers. On y a fait apparaître les lits mineurs des affluents, la structure des casiers, les ouvrages sous la voie ferrée qui constituent les sorties du modèle, les zones d'injection des débits amont, et les PHE de la crue 2005 qui a servi pour le calage du modèle.



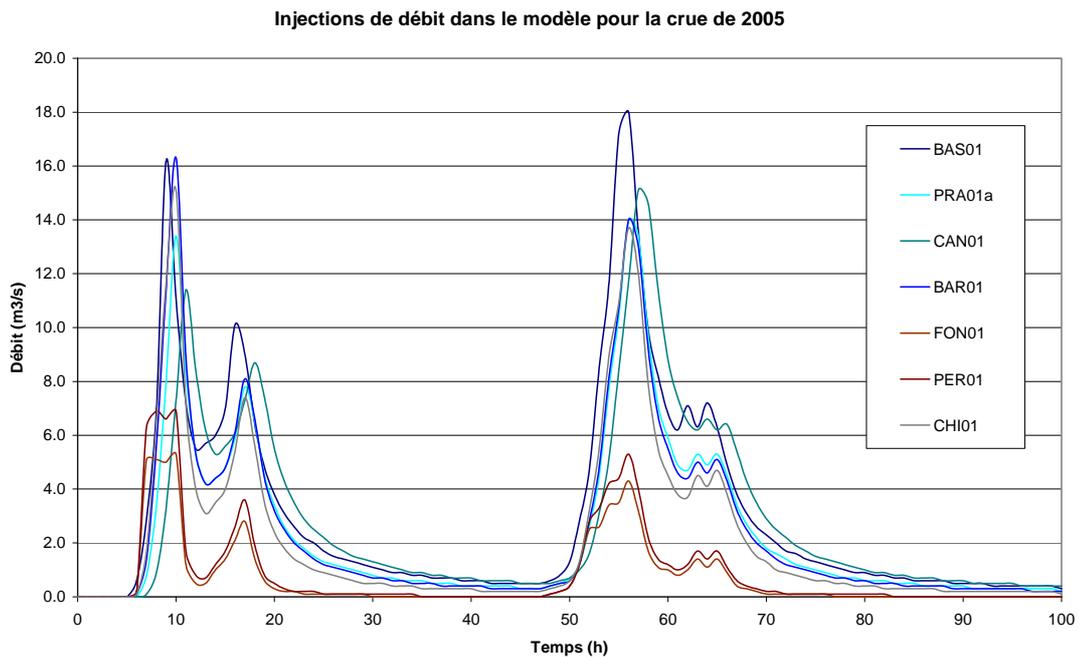


## Calage du modèle avec la crue 2005

### Conditions limites amont

Les hydrogrammes issus des calculs hydrologiques sont injectés dans le modèle, à l'amont de l'autoroute A9 lorsqu'elle est en remblai, ce qui permet d'intégrer les éventuels effets de stockage.

Le graphique et le tableau ci-après présentent les hydrogrammes injectés dans le modèle et les débits de pointe correspondant (les apports intermédiaires ayant également été injectés sous forme d'hydrogrammes au prorata des superficies de bassin versant).



| Nom de l'affluent   | Nom de l'injection | Débit max (m <sup>3</sup> /s) |
|---------------------|--------------------|-------------------------------|
| Le Bastide          | BAS01              | 18                            |
| Le Pradinas         | PRA01a             | 14                            |
| Le Canabou          | CAN01              | 15.1                          |
| Le Bartadet         | BAR01              | 16.3                          |
| Le Serre de la Font | FON01              | 5.3                           |
| Le Perret           | PER01              | 6.9                           |
| Le Chivalas         | CHI01              | 15.1                          |

### Conditions limites aval

Les conditions limite aval sont les cotes de la crue de 2005 du modèle « plaine » du Vistre.

## Analyse des PHE

Lors de la crue 2005, treize PHE ont été recensées sur la zone de Marguerittes et Saint Gervazy. Parmi ces 13 PHE :

- ▶ Six d'entre elles ne sont pas utilisables pour caler notre modèle. Il s'agit de PHE levées sur des secteurs concernés par le ruissellement pluvial,
- ▶ Trois d'entre elles ont été jugées douteuses et sont gardées dans l'analyse à titre qualitatif (commentaires dans le tableau)
- ▶ Une PHE n'est pas cotée, mais comporte un commentaire intéressant : « l'eau n'est pas entrée dans la maison mais tout autour était inondé »

| Affluent ou lieu de la PHE | Identifiant PHE | Cote de la PHE observée | Critique de la PHE | Cote calculée | Ecart entre cote calculée et cote observée | Commentaires                              |
|----------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------|---------------|--|---|
| Bartadet                   | PHE_131         | 47.73                   | validé             | 47.73         | 0.00                                       |   |
| Bartadet                   | PHE_137         | 45.18                   | validé             | 45.12         | -0.05                                      |   |
| Bartadet                   | PHE_138         | 45.41                   | validé             | 45.38         | -0.03                                      |   |
| Bartadet                   | PHE_139         | 0.00                    | qualitatif         | /             | /  | Cote PHE nulle, commentaire intéressant   |
| Canabou                    | PHE_141         | 58.80                   | qualitatif         | /             | /  | Témoignage contradictoire                 |
| Canabou                    | PHE_142         | 63.75                   | qualitatif         | /             | /  | Nivellement incohérent avec l'observation |
| Canabou                    | PHE_143         | 62.90                   | qualitatif         | /             | /  | Nivellement incohérent avec l'observation |

Le calage est considéré correct compte tenu des informations disponibles.

## Résultats obtenus sur la crue 2005

Les résultats de la simulation de la crue 2005 sont illustrés sur les cartes suivantes et commentés ci-après.

Au Nord des communes, au droit des injections de débit dans le modèle, l'autoroute A9 en remblai peut définir une zone de stockage importante à l'amont susceptible d'écarter les crues. Le comportement de l'A9 vis-à-vis des écoulements est de 3 types :

- ▶ L'autoroute est transparente aux écoulements (l'ouvrage permet de transiter tout le débit)
- ▶ L'autoroute écrête les hydrogrammes, une partie est stockée à l'amont de celle-ci
- ▶ L'autoroute écrête les hydrogrammes mais une partie du débit déverse par-dessus celle-ci

Le tableau suivant permet de comprendre le fonctionnement hydraulique de l'A9 aux différents points d'injections :

| Nom de l'injection | Débit de pointe de l'hydrogramme injecté (m <sup>3</sup> /s) | Débit qui transite dans le lit mineur par l'ouvrage sous l'A9 | Débit qui déverse par-dessus l'A9 |
|--------------------|--|---|-----------------------------------|
| BAS01              | 18   | 17  | 0                                 |
| PRA01a             | 14   | 11  | 3                                 |
| CAN01              | 15.1   | 15  | 0                                 |
| BAR01              | 16.3   | 6   | 10                                |
| FON01              | 5.3  | 1   | 4                                 |

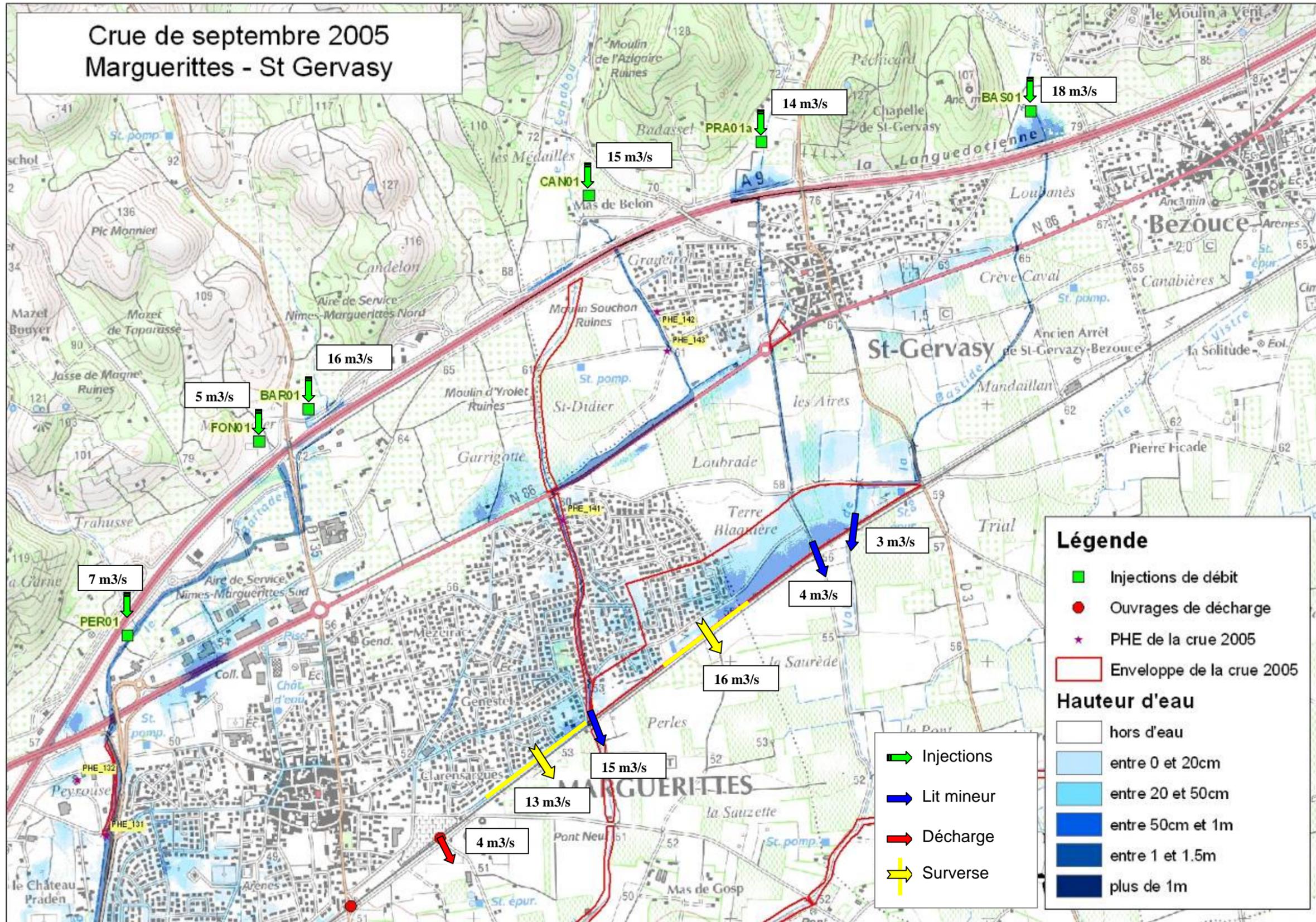
Au Sud des communes, en sortie du modèle, la voie ferrée en remblai se comporte également comme un obstacle aux écoulements. Des débordements par-dessus la voie ferrée ont lieu en différents endroits :

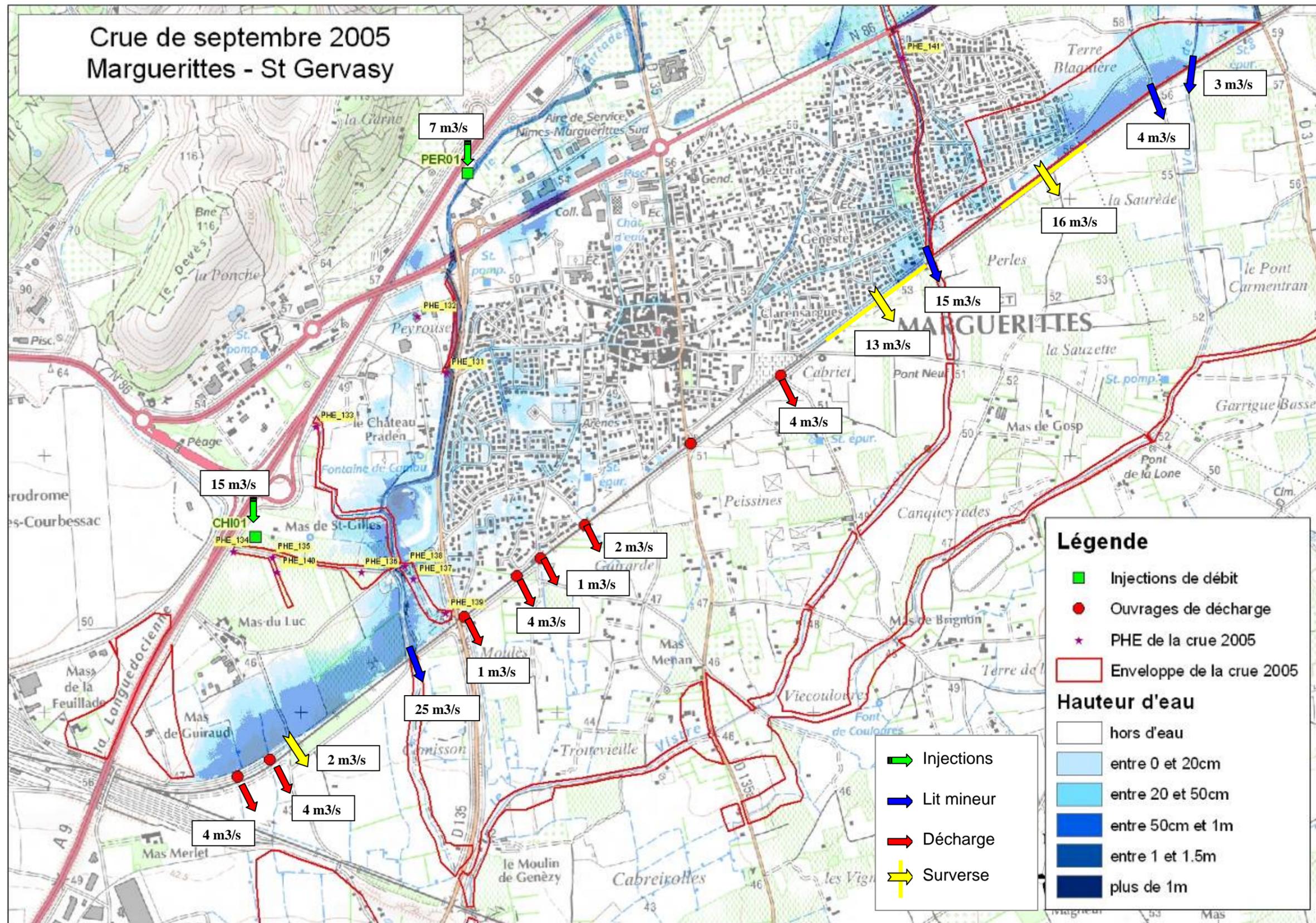
- ▶ 16 m<sup>3</sup>/s déversent au niveau de Terre Blaquière, au droit des lotissements les plus à l'Est de Marguerittes
- ▶ 13 m<sup>3</sup>/s déversent par-dessus la voie ferrée en rive droite du Canabou,
- ▶ Un léger débordement de 2 m<sup>3</sup>/s se produit en rive droite du Bartadet, dans le secteur de Mas de Guiraud.

A St Gervasy et à Marguerittes, le Bastide, le Pradinas et le Canabou présentent des zones d'accumulation le long de la RN86, en direction de l'Ouest, qui sont décrites dans les témoignages recueillis lors des enquêtes de terrain.

Au niveau de Terre Blaquière, au droit des lotissements à l'amont de la voie ferrée, à l'Est de Marguerittes, on peut observer la bonne cohérence entre la zone inondable obtenue et l'enveloppe de la crue 2005 observée.

La zone d'activités au Nord de Marguerittes reçoit les débordements du Bartadet qui surverse sur l'autoroute ; l'eau vient s'accumuler sur la RN86 et transite vers l'aval au droit des stades.



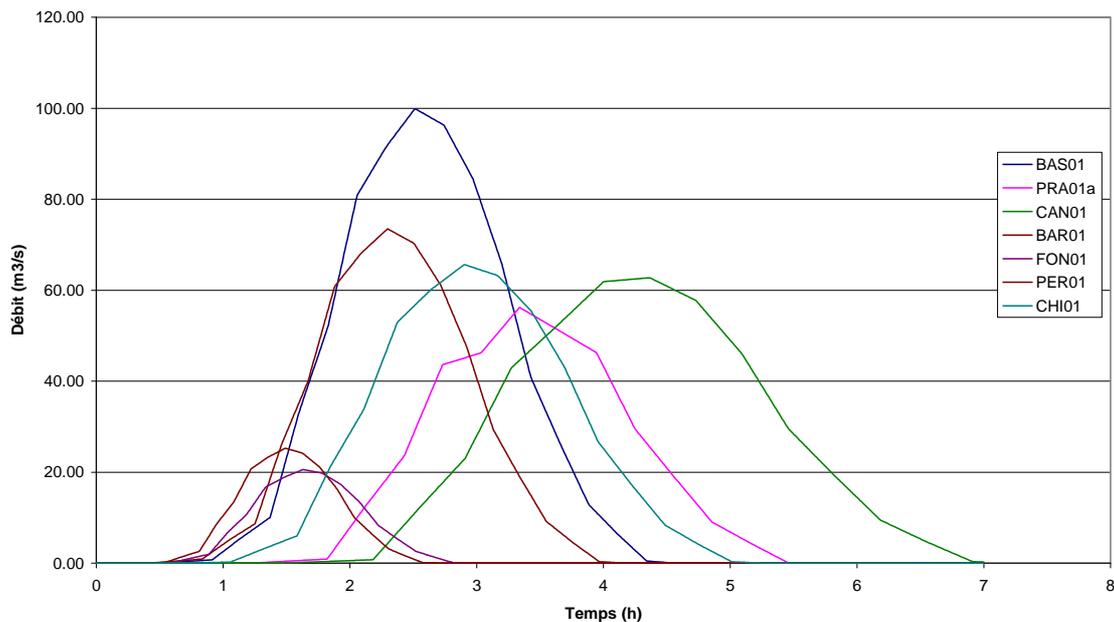


## Crue centennale

### Conditions limites amont

Le graphique et le tableau ci-après présentent les hydrogrammes injectés dans le modèle et les débits de pointe correspondant (les apports intermédiaires ayant également été injectés sous forme d'hydrogrammes au prorata des superficies de bassin versant).

Injections de débit dans le modèle pour la crue centennale



| Nom de l'affluent   | Nom de l'injection | Débit max (m <sup>3</sup> /s) |
|---------------------|--------------------|-------------------------------|
| Le Bastide          | BAS01              | 99.8                          |
| Le Pradinas         | PRA01a             | 56                            |
| Le Canabou          | CAN01              | 63                            |
| Le Bartadet         | BAR01              | 73.5                          |
| Le Serre de la Font | FON01              | 20.6                          |
| Le Perret           | PER01              | 25.2                          |
| Le Chivalas         | CHI01              | 65.6                          |

### Conditions limites aval

Les conditions limite aval sont les cotes de la crue centennale du modèle « plaine » du Vistre. Les tests de sensibilité ont montré que la variation de la condition aval entre la crue centennale du Vistre et la cote normale des lits mineurs, était très peu impactante sur les écoulements du modèle.

### Résultats sur la crue centennale

Les résultats de la crue centennale sont illustrés sur les cartes pages suivantes et commentés ci-après.

Par rapport à la crue de septembre 2005, la crue centennale accentue fortement les phénomènes observés, et génère notamment des écoulements en nappe, plus ou moins concentrés dans les rues, à la traversée des zones urbanisées.

Le tableau suivant permet de comprendre le rôle écrêteur de l'A9 aux différents points d'injections :

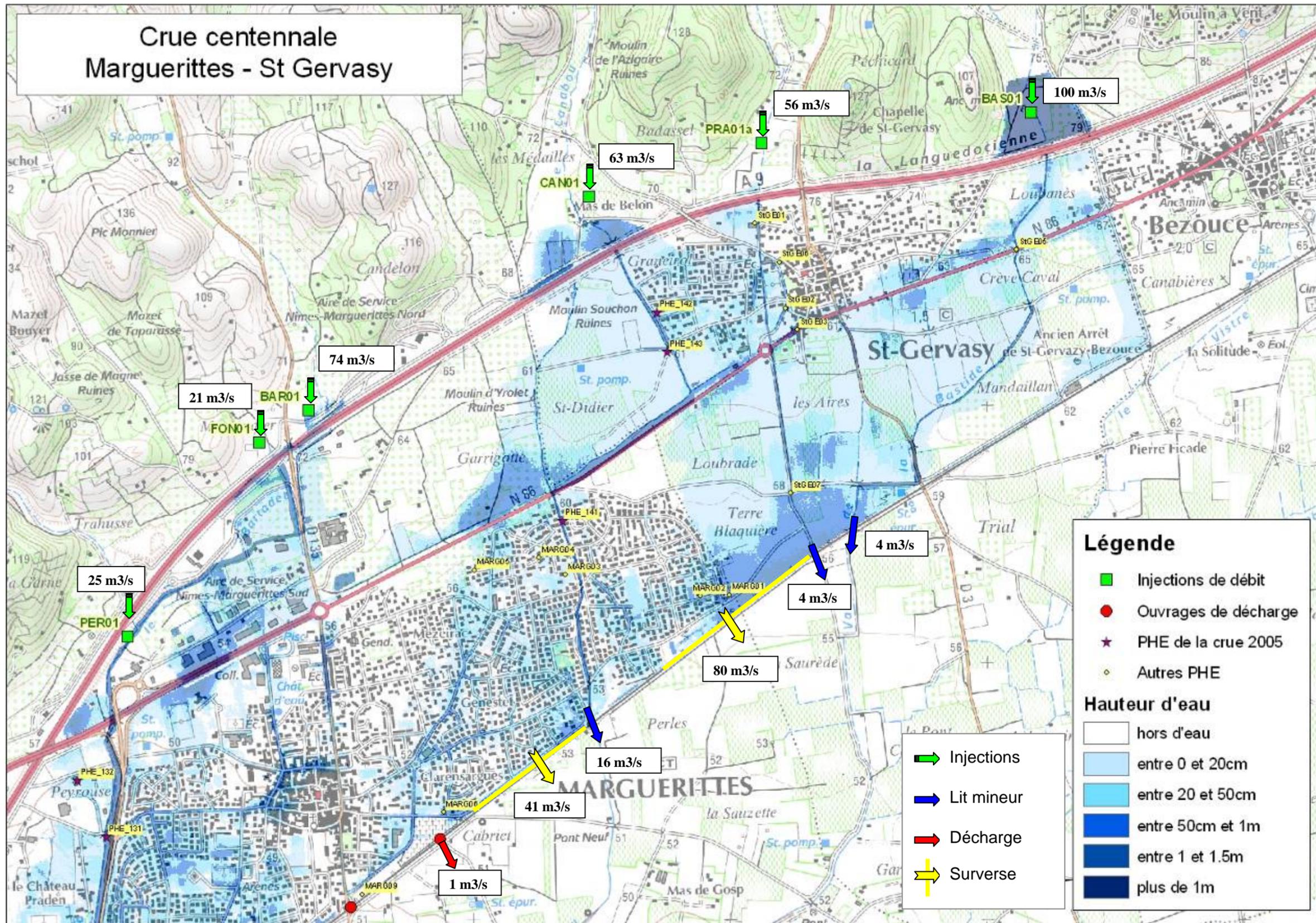
| Nom de l'injection | Débit de pointe de l'hydrogramme injecté (m <sup>3</sup> /s) | Débit qui transite dans le lit mineur par l'ouvrage sous l'A9 | Débit qui déverse par-dessus l'A9 |
|--------------------|--|---|-----------------------------------|
| BAS01              | 100  | 61  | 0                                 |
| PRA01a             | 56   | 5   | 51                                |
| CAN01              | 63   | 34  | 28                                |
| BAR01              | 74   | 6   | 68                                |
| FON01              | 21   | 1   | 20                                |

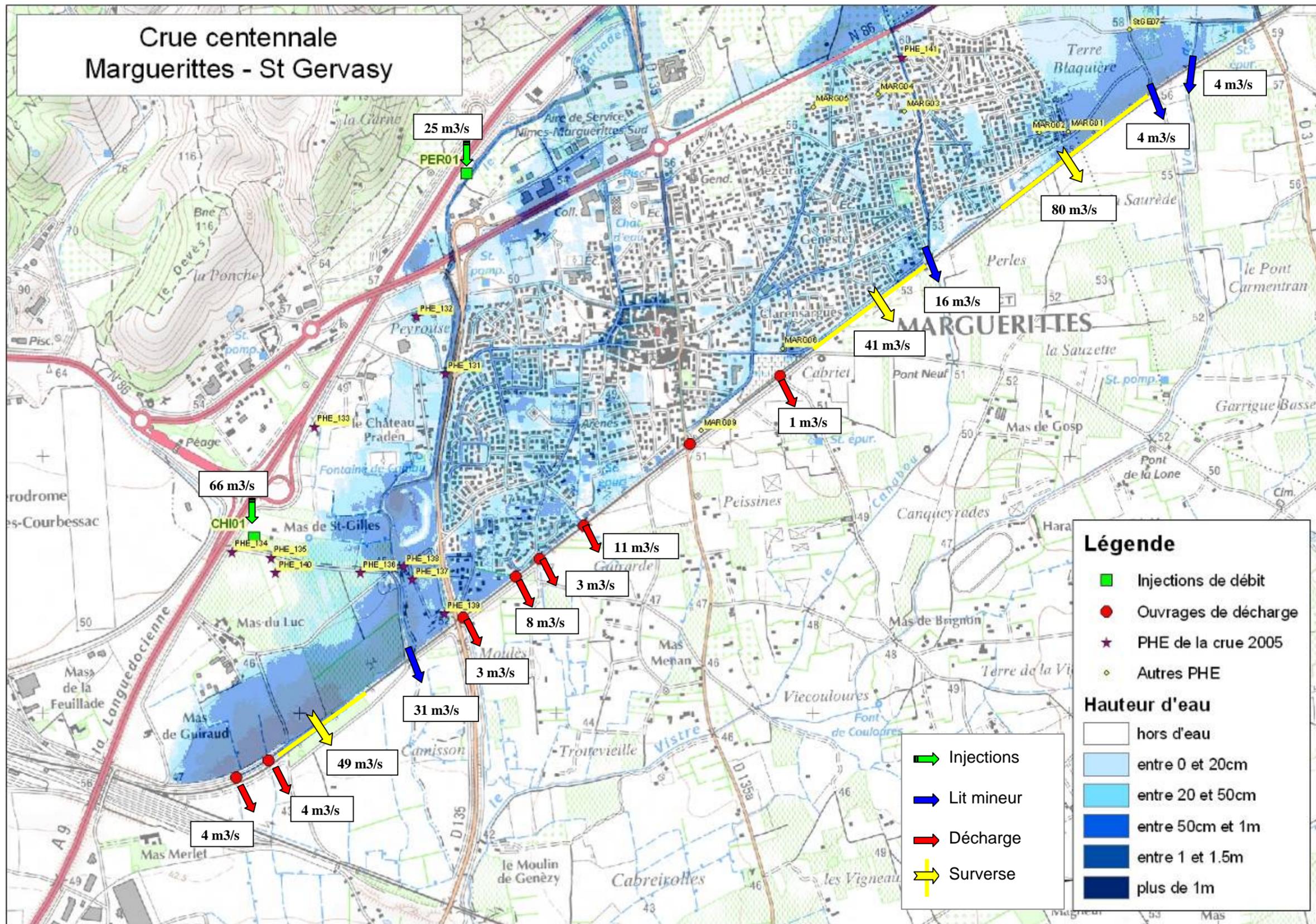
On peut noter que le Bastide est fortement écrêté par l'A9 car il n'y a aucun débordement par-dessus l'autoroute sur cette zone.

Les déversements sur l'autoroute sont très importants et leur répartition sur les casiers aval a été retraduite à un niveau de précision compatible avec les objectifs du PPRi, mais les facteurs impactant sont nombreux : configuration de la plate forme autoroutière (réseau pluvial, présence de nombreux obstacles structurants type GBA, ...).

Les débordements à l'aval par-dessus la voie ferrée sont plus importants :

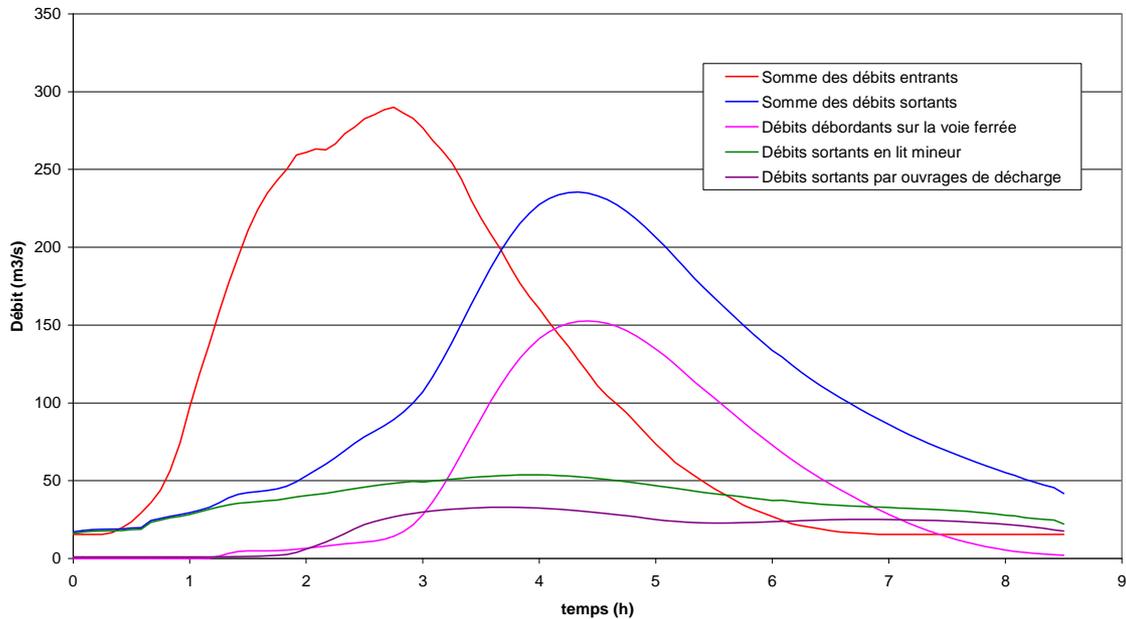
- ▶ 80 m<sup>3</sup>/s déversent au niveau de Terre Blaquière,
- ▶ 41 m<sup>3</sup>/s déversent en rive droite du Canabou
- ▶ 49 m<sup>3</sup>/s déversent en rive droite du Bartadet.





## Analyse de l'amortissement de la crue centennale entre l'A9 et la voie ferrée

Bilan des débits entrants et sortants du modèle de Marguerittes



L'analyse des débits donne la répartition suivante :

| Débit calculé                              | Q (m <sup>3</sup> /s) |
|--|-----------------------|
| Total débits entrants                      | 290                   |
| Total débits sortants, dont :              | 236                   |
| - Débits sortants en lit mineur            | 54                    |
| - Débits sortants par ouvrages de décharge | 33                    |
| - Débits débordant sur la voie ferrée      | 153                   |

L'amortissement de la pointe de la crue centennale entre l'A9 et la voie ferrée est d'environ 20%.

## Analyse de la cohérence avec les autres PHE

Sur le secteur modélisé, treize PHE ont été recensées lors des crues de 1988 et 2002. Elles sont visibles sur les cartes précédentes de la zone inondable de la crue centennale. Ces 13 PHE ont été analysées pour vérifier la cohérence avec la crue centennale. Toutes s'avèrent cohérentes, sauf la PHE « MARG09 » à cause d'un positionnement géographique erroné.

| CRUE         | Affluent ou lieu de la PHE | Identifiant PHE | Commentaire  |
|--------------|----------------------------|-----------------|--|
| 1988         | Canabou                    | MARG03          | cohérence avec centennale  |
| 1988         | Canabou                    | MARG04          | cohérence avec centennale  |
| 1988         | Canabou                    | MARG05          | cohérence avec centennale  |
| 1988         | Canabou                    | MARG06          | cohérence avec centennale  |
| 1988         | Le Canabou                 | MARG09          | PHE de 1988 1 m plus haute que la centennale, car retraduisant les ruissellements provenant du centre du village |
| 1988         | Le Goujac                  | StGE01          | cohérence avec centennale  |
| 1988         | Le Goujac                  | StGE06          | cohérence avec centennale  |
| 2002         | Le Goujac                  | MARG01          | cohérence avec centennale  |
| 2002         | Le Goujac                  | MARG02          | cohérence avec centennale  |
| 2002         | Le Goujac                  | StGE02          | pas de fiche de PHE - cohérent   |
| 2002         | Le Goujac                  | StGE03          | cohérence avec centennale  |
| 2002         | Le Goujac                  | StGE07          | pas de fiche de PHE - cohérent   |
| 2002 et 2005 | Fossé de la Bastide        | StGE05          | pas de fiche de PHE - cohérent   |

La PHE MARG09 de 1988, située 1 m plus haut que la crue centennale, correspond à des phénomènes de ruissellement pluvial qui se rajoutent aux débordements du Bartadet et du Canabou et qui ne sont pas retraduits par le modèle. En ce qui concerne la capacité d'évacuation de l'ouvrage sous la voie ferrée au droit de ce repère, elle est très faible car il s'agit d'un passage routier en "trémie" ou "siphon" et elle peut être négligée compte tenu des faibles débits arrivant sur cette zone dans le modèle (l'eau remplit le point bas sans passer sur la route plus haute située à l'aval). Si la cote est plus haute d'1 m, alors l'eau peut passer sur la route à l'aval, mais pas sur la départementale, seulement sur la voie communale longeant la voie ferrée. Les débits qui passent par le siphon sont alors très faibles et pris en charge par le réseau de fossés routiers existants dans le secteur sans que les désordres ne puissent être considérés comme du débordement de cours d'eau.

### **2.3.1.2 Le Gara de Paille**

Le modèle filaire du Gara de Paille (affluent en rive gauche du Vistre) s'étend sur la commune de Bouillargues depuis 200 m en amont de la RD346 jusqu'au CD135 (limite modèle « plaine »), soit un linéaire d'environ 1800 m.

La condition aval retenue au droit du CD135 est une condition de cote normale.

Le ruisseau du Gara de Paille draine et longe la partie Ouest du centre-bourg de Bouillargues.

Pour la crue centennale, le débit de pointe atteint 19 m<sup>3</sup>/s en sortie du centre urbain et 34 m<sup>3</sup>/s au droit du CD135. Sur l'amont (centre urbain), le cours d'eau est entièrement artificialisé et ne déborde quasiment pas du fait de son large dimensionnement. Sur l'aval, le cours d'eau retrouve son thalweg naturel avec une configuration de lit mineur en toit et on observe un débordement marqué une centaine de mètres en amont de la RD257 jusqu'au CD135 au niveau du lieu-dit « Gara de Paille ».

Aucune PHE n'a été recensée dans le secteur lors des dernières fortes pluies (2002 et 2005). Les limites de la crue 2005 observée montrent des zones inondées plus importantes que celles obtenues par le modèle en rive gauche. Ces observations retraduisent peut être des phénomènes de ruissellement pluvial difficiles à différencier sur le terrain des débordements directs du cours d'eau.

### **2.3.1.3 Le Grand Michel**

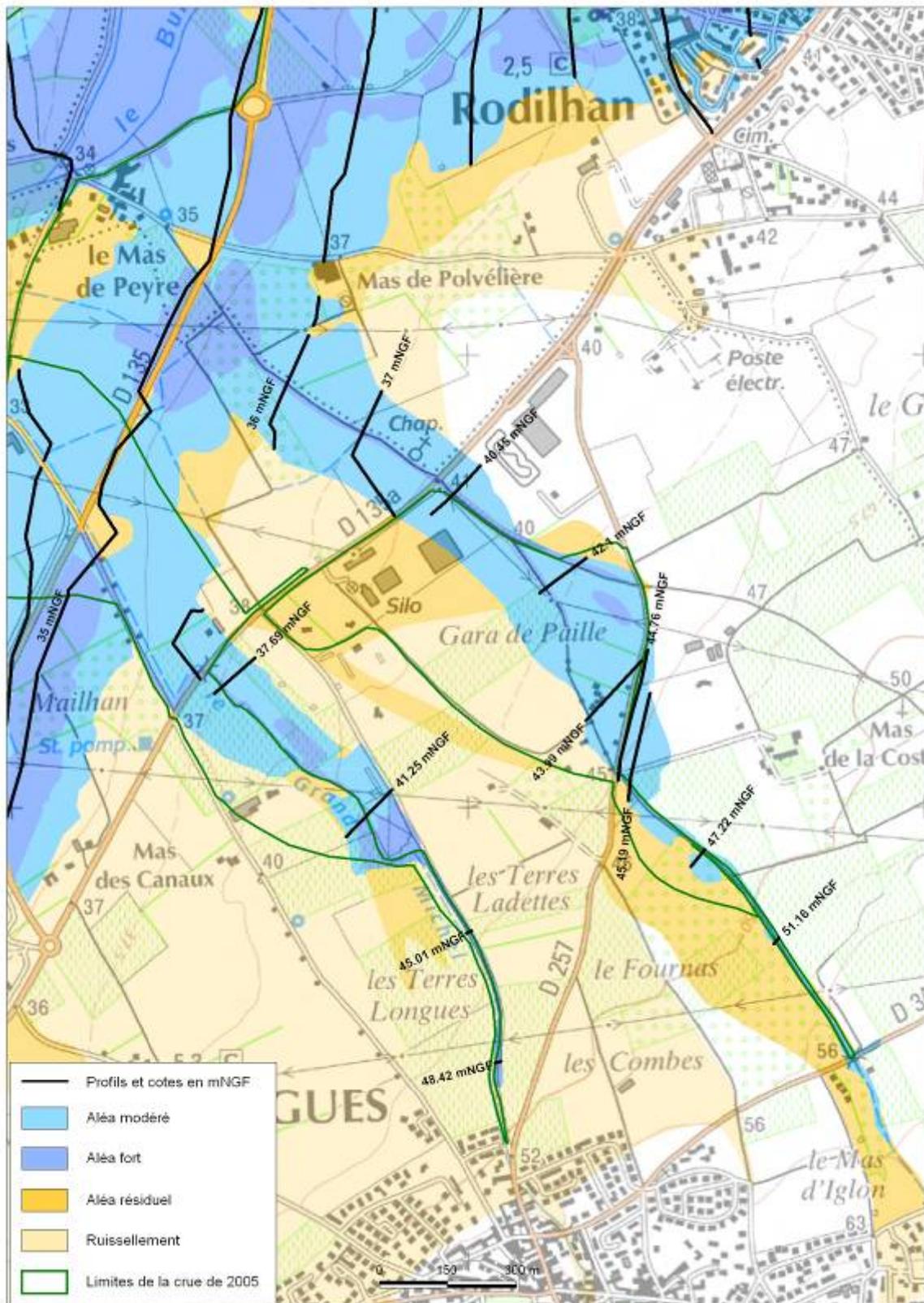
Le modèle filaire du Grand Michel (affluent en rive gauche du Vistre) s'étend sur la commune de Bouillargues depuis 150 m en amont de la RD257 jusqu'au CD135 (limite modèle « plaine »), soit un linéaire d'environ 1300 m.

La condition aval retenue au droit du CD135 est une condition de cote normale.

Le ruisseau du Grand Michel draine le centre-bourg de Bouillargues.

Pour la crue centennale, le débit de pointe atteint 22 m<sup>3</sup>/s en sortie du centre urbain et 36 m<sup>3</sup>/s au droit du CD135. Sur l'aval du centre urbain, le cours d'eau retrouve son thalweg naturel avec une configuration de lit mineur en toit et on observe un débordement marqué sur les 500 m en amont du CD135 à l'aval du lieu-dit « Terres Ladettes ».

Aucune PHE n'a été recensée dans le secteur lors des dernières fortes pluies (2002 et 2005). Les limites de la crue 2005 observée montrent des zones inondées plus importantes que celles obtenues par le modèle en rive gauche. Ces observations retraduisent peut être des phénomènes de ruissellement pluvial difficiles à différencier sur le terrain des débordements directs du cours d'eau.



### 2.3.1.4 Le Campagne

Le modèle filaire du ruisseau de Campagne (affluent en rive gauche du Vistre) s'étend sur la commune de Nîmes depuis 1200 m en amont du canal de Campagne jusqu'à la Combe de la Tuilerie, soit un linéaire d'environ 2100 m.

En aval de la Combe de la Tuilerie, le thalweg a une configuration de lit en toit. Cette zone présente un fonctionnement hydraulique complexe, caractérisé par des écoulements diffus et des limites de bassin versant floues ; ce fonctionnement est du à la faiblesse des pentes, aux aménagements agricoles, et à l'absence d'axes d'écoulement marqués de type voiries ou fossés : un ruissellement en nappe se met en place cartographié par l'approche hydrogéomorphologique. Dans ce secteur, l'approche par une modélisation filaire n'est pas adaptée et il n'a pas été possible de définir de cotes de référence.

La condition aval retenue est une condition de cote normale.

Pour la crue centennale, le débit de pointe atteint 32 m<sup>3</sup>/s au niveau du Parc de Saint-Cloud, 43 m<sup>3</sup>/s au droit du canal de Campagne et 59 m<sup>3</sup>/s à l'exutoire de la Combe de la Tuilerie où l'on observe les débordements les plus marqués.

Aucune PHE ni limite de crue observée n'est disponible dans le secteur.



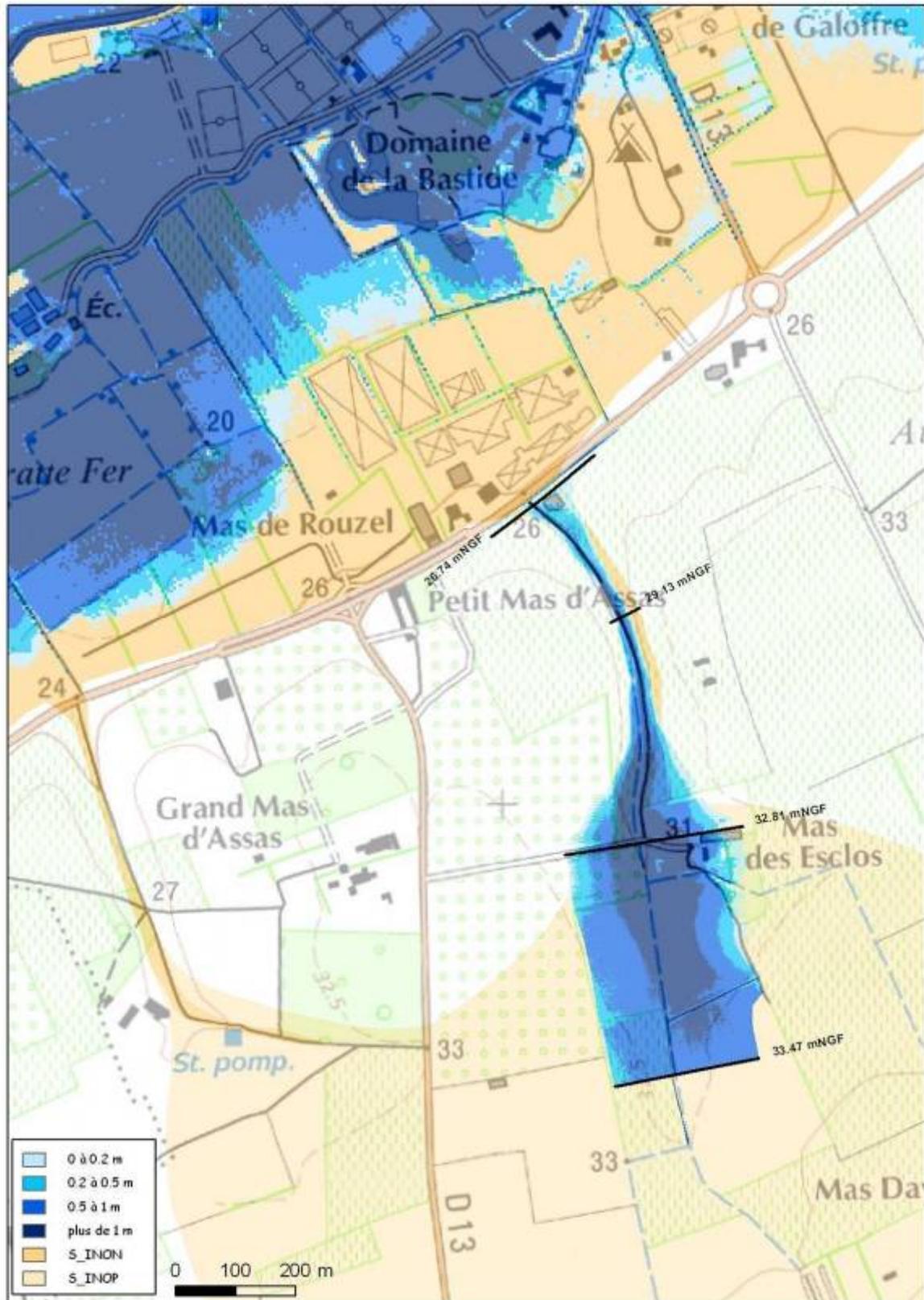
### **2.3.1.5 Le Valdebane**

Le modèle filaire du Valdebane (affluent en rive gauche du Vistre) s'étend sur la commune de Nîmes sur un linéaire d'environ 1000 m à l'amont du CD135.

Sur l'amont du bassin (amont de la zone modélisée), le thalweg a une configuration de lit en toit. Cette zone présente un fonctionnement hydraulique complexe, caractérisé par des écoulements diffus et donne lieu à un écoulement en nappe cartographié par l'approche hydrogéomorphologique. Dans ce secteur, il n'a pas été possible de définir de cotes de référence.

Sur la partie aval (zone modélisée), dans le secteur du lieu-dit « Mas des Esclots », on distingue une zone de concentration des eaux de ruissellement. Pour la crue centennale, le débit de pointe potentiel atteint 69 m<sup>3</sup>/s au droit du CD135. Les débordements sont importants, puis s'estompent vers l'aval (lieu-dit « Petit Mas d'Assas ») du fait que le thalweg retrouve une configuration avec une combe très marquée. La condition aval retenue est une condition de cote normale.

Aucune PHE ni limite de crue observée n'est disponible dans le secteur.

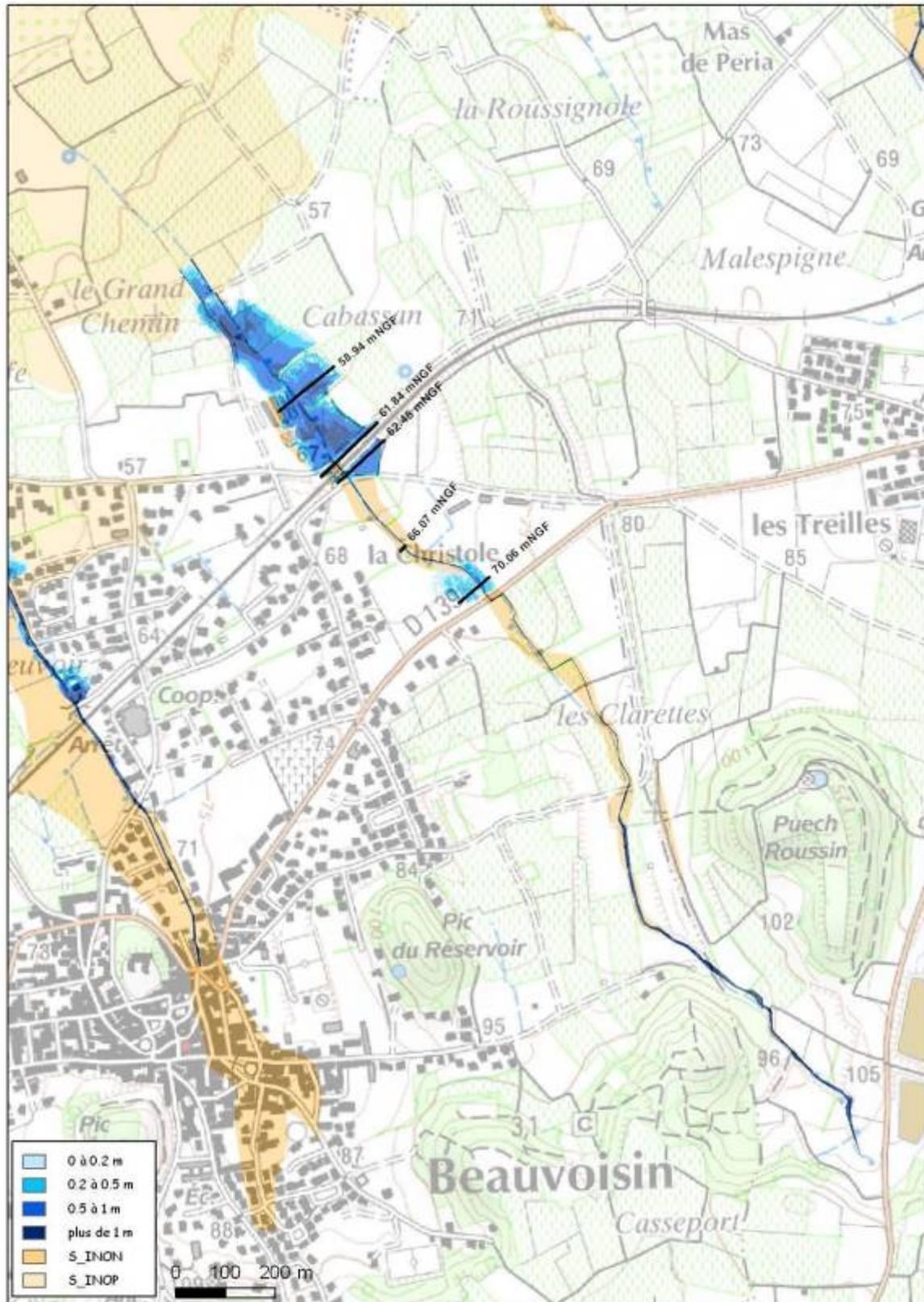


### **2.3.1.6 Le Cabassan**

Le Cabassan (affluent en rive gauche du Vistre) prend sa source sur la commune de Beauvoisin avec un thalweg très marqué qui se perd en aval sur la commune d'Aubord pour rejoindre la plaine du Vistre par un écoulement en nappe.

Sur la partie amont du cours d'eau, sur la commune de Beauvoisin (secteur avec thalweg marqué), un modèle filaire a été mis en place et s'étend sur un linéaire de 900 m environ. Sur ce secteur, les débordements principaux sont constatés entre la voie SNCF et le lieu-dit « Le Grand Chemin » pour un débit de pointe centennal au droit de la voie SNCF estimé à 24 m<sup>3</sup>/s. On ne dispose pas de PHE ni de limite de crue observée sur ce secteur.

La partie aval du cours d'eau a été traitée dans le cadre de l'étude du schéma d'aménagement hydraulique de protection des zones habitées contre les inondations des communes d'Aubord et de Générac (BRLi, 2010). Un modèle 2D a été mis en place sur la zone d'écoulement en nappe afin d'appréhender au mieux l'organisation des écoulements sur le secteur et un modèle à casiers a été mis en place sur le centre urbain d'Aubord où les écoulements en provenance du Cabassan se mêlent aux débordements en rive gauche du Rieu. Ces deux modèles ont été calés sur les PHE disponibles sur le secteur. Les résultats sont présentés au paragraphe 2.3.2.



### 2.3.1.7 Le Gour et l'Arriasse

Le modèle filaire du Gour et de son affluent en rive droite l'Arriasse (affluent en rive gauche du Vistre) sur la commune de Beauvoisin s'étend sur un linéaire d'environ 2700 m depuis le centre-bourg de Beauvoisin (quelques centaines de mètres en amont de la voie SNCF) jusqu'à la confluence entre les deux cours d'eau.

Les débits de pointe centennaux du Gour et de l'Arriasse sont respectivement de 40 et 35 m<sup>3</sup>/s à la voie SNCF ; 53 et 38 m<sup>3</sup>/s à l'amont immédiat de la confluence.

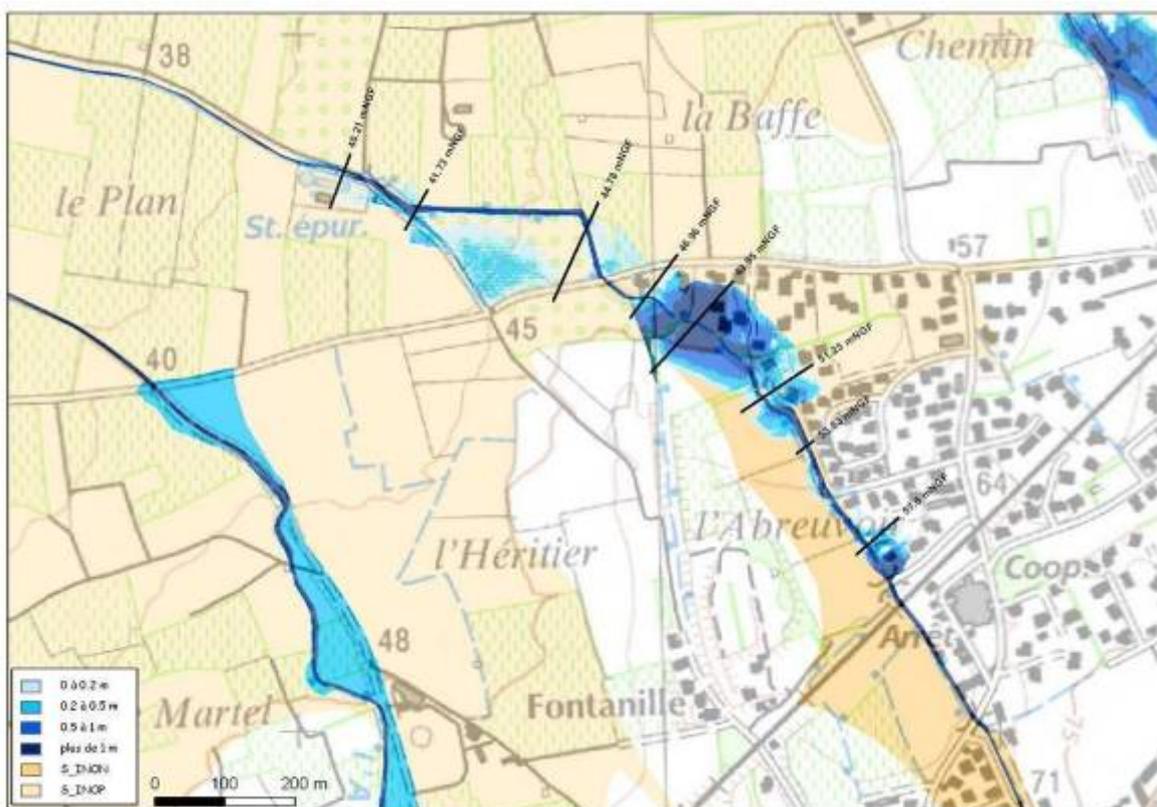
La condition aval retenue est une condition de cote normale.

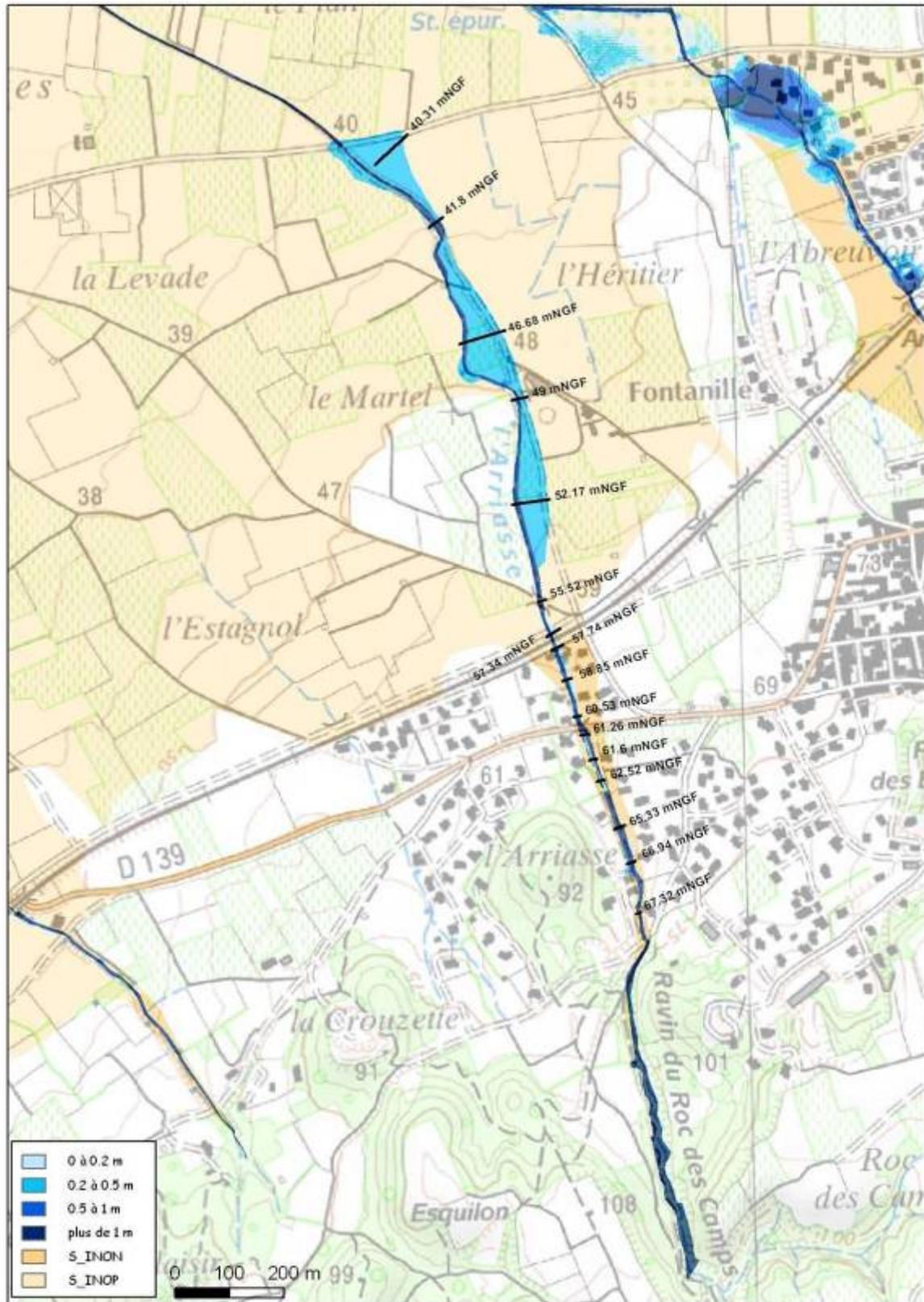
Aucune PHE ni limite de crue observée ne sont disponibles dans le secteur modélisé.

A l'amont de la voie SNCF, l'étendue de la zone inondable n'excède pas 10 m de large, les écoulements se trouvant contenus dans les chemins adjacents (chemin « creux »).

A l'aval de la voie SNCF, concernant l'Arriasse, les débordements sont conséquents en rive droite dans le secteur faisant face au lieu-dit « Les Martels » mais avec des hauteurs d'eau n'excédant pas 20 cm sauf sur le chemin communal (chemin « creux »). Concernant le Gour, des débordements sont également constatés en rive droite et en rive gauche avec des hauteurs d'eau supérieures à 1 m dans le secteur entre les lieux-dits « La Baffe » au Nord et « L'Abreuvoir » au Sud.

En aval de la confluence, le thalweg a une configuration de lit en toit. Cette zone présente un fonctionnement hydraulique complexe, caractérisé par des écoulements diffus et des limites de bassin versant floues ; ce fonctionnement est du à la faiblesse des pentes, aux aménagements agricoles, et à l'absence d'axes d'écoulement marqués de type voiries ou fossés : un ruissellement en nappe se met en place cartographié par l'approche hydrogéomorphologique. Dans ce secteur, il n'a pas été possible de définir de cotes de référence.



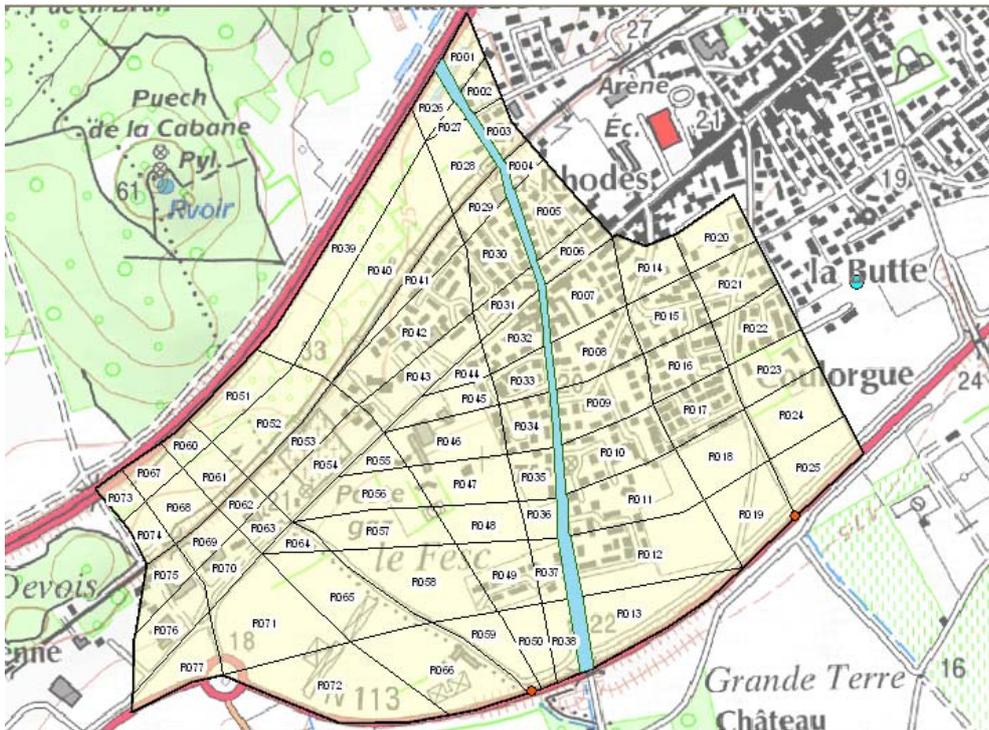


### 2.3.1.8 Le Rézil

Pour la modélisation du Rézil sur la commune d'Uchaud, un modèle mixte casiers/lit mineur filaire a été construit, intégrant les champs d'inondation et le lit mineur du ruisseau du Rézil.

Les simulations ont été effectuées en régime transitoire et retraduisent les phénomènes de stockage, notamment ceux identifiés à l'amont de l'autoroute.

Le modèle du Rézil s'étend depuis l'A9 jusqu'à la RN86 (limite du modèle « plaine du Vistre »), soit un linéaire d'environ 1100 m.

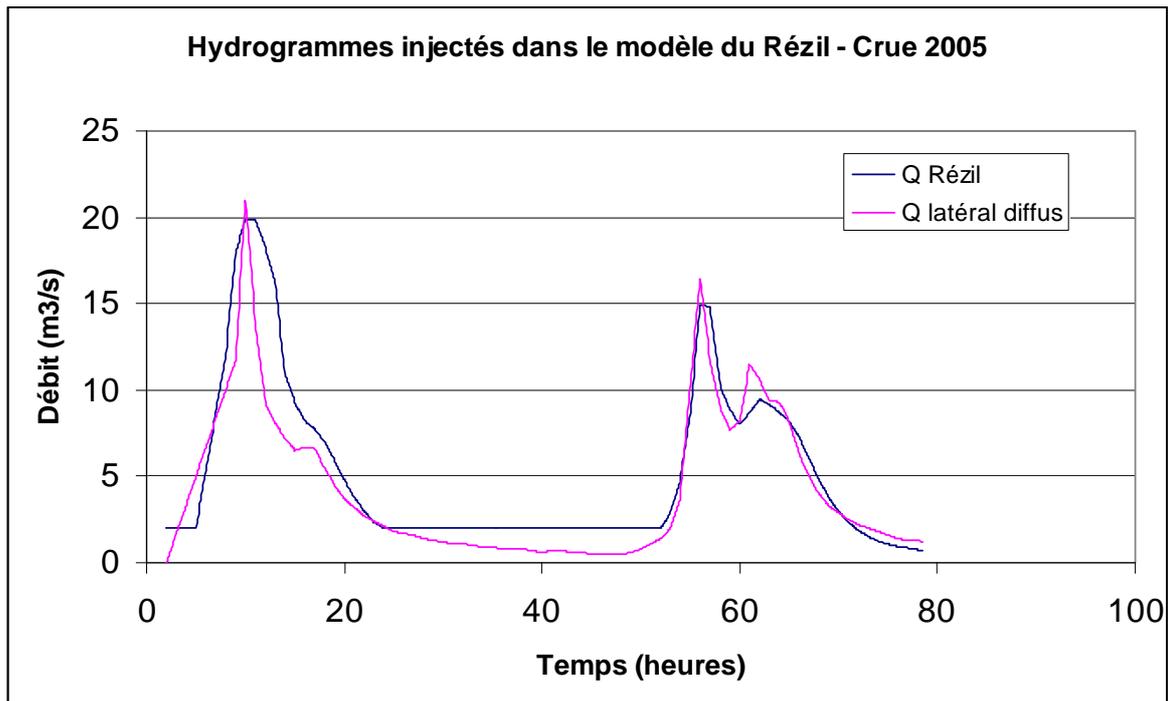


Calage sur la crue 2005

#### Condition limite amont

Les écoulements sont interceptés par l'autoroute A9, dont la configuration en remblai représente un obstacle important vis-à-vis des écoulements. L'ouvrage de franchissement est une buse-arche de 3,8 m<sup>2</sup> de section. L'écrêtement du au stockage des eaux à l'amont de la buse a été estimé :

- ▶ Le volume de rétention estimé d'après la topographie LIDAR est de 400 000 m<sup>3</sup> environ avant déversement sur la voie,
- ▶ Le débit centennal est écrêté de 92 m<sup>3</sup>/s à 23 m<sup>3</sup>/s, soit un taux d'écrêtement de la crue centennale de 75%. Cette atténuation est suffisamment significative pour être prise en considération, d'autant que le risque d'obturation du passage sous voie, compte tenu de ses dimensions, est relativement faible. Pour la crue 2005, l'écrêtement est de 34 à 20 m<sup>3</sup>/s.



### Condition limite aval

La condition aval retenue est une condition de cote normale.

Deux ouvrages de décharge sous la RN113 sont modélisés avec une cote normale comme condition aval. Par ailleurs, le modèle permet les débordements par-dessus la RN113, en faisant l'hypothèse qu'en cas de débordements, la route fonctionnerait comme un seuil dénoyé.

### Analyse des PHE

Plusieurs PHE ont été recensées sur le secteur lors de l'évènement de septembre 2005 et ont permis le calage du modèle. Le tableau ci-dessous présente les écarts entre les PHE observées et les PHE issues des simulations hydrauliques au droit des profils en travers.

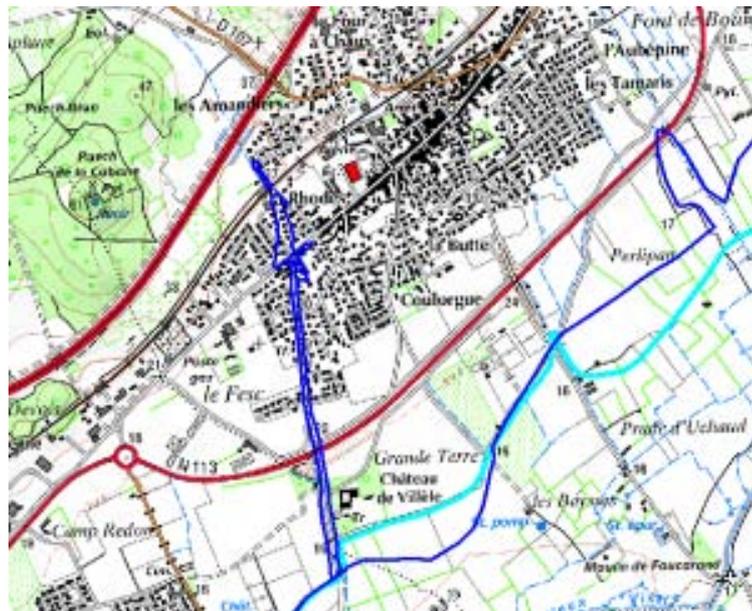
| PHE     | Profil | Cote observée [mNGF] | Cote simulée [mNFG] | Ecart simulée / observée (m) | Commentaires  |
|---------|--------|----------------------|---------------------|------------------------------|---|
| PHE_089 | Z015am | 24.50                | 24.47               | -0.03                        |   |
| PHE_090 | Z012am | 22.08                | 21.90               | -0.18                        |   |
| PHE_095 | Z010am | 19.27                | 19.47               | 0.20                         |   |
| UCHA02  | Z007am | 18.85<br>17.41       | 17.94               | -0.91<br>+0.53               | PHE considérée douteuse corrigée par le SMBVV, mais approximative |

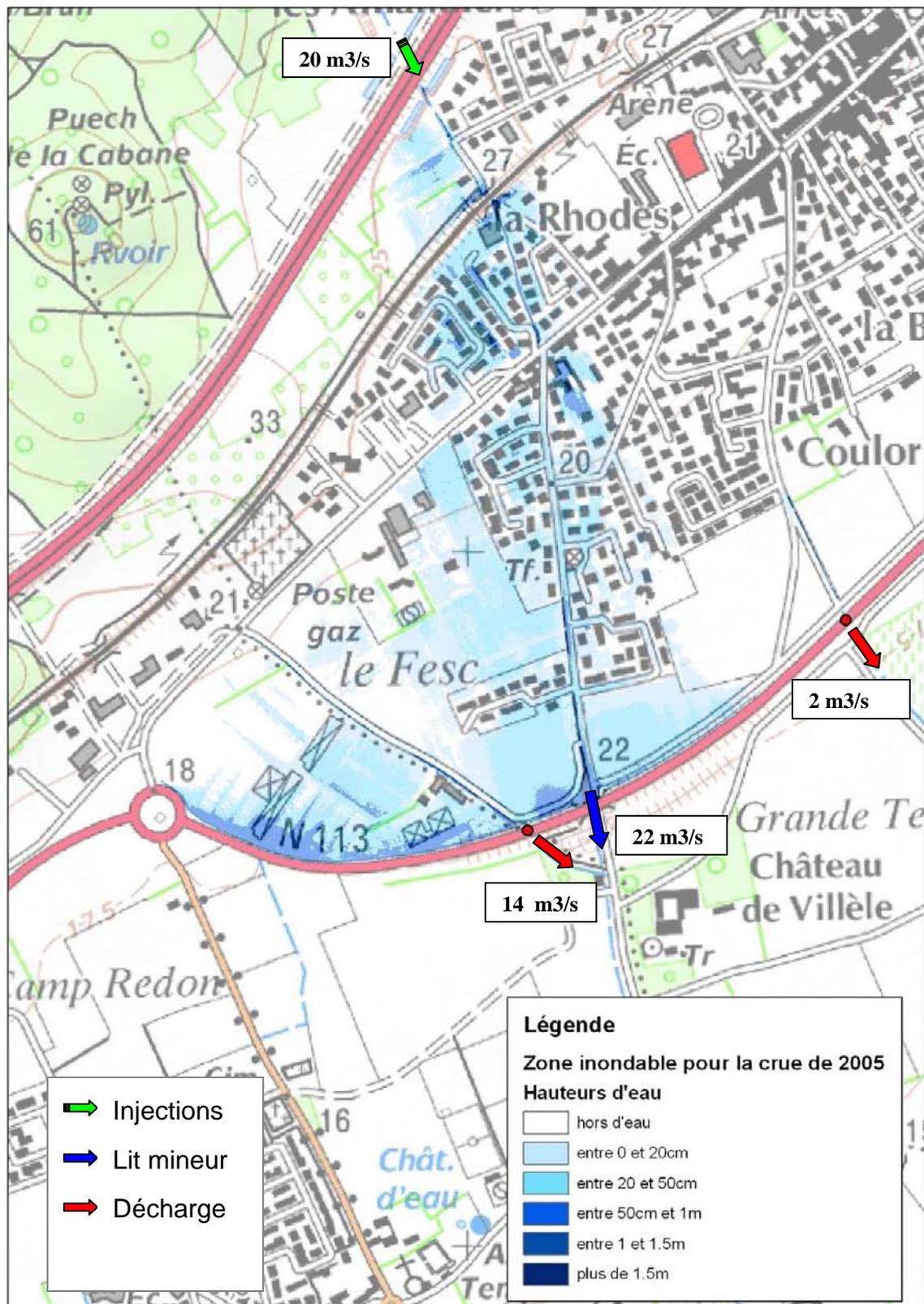
Globalement, le calage est acceptable, avec un écart un peu élevé de 20 cm au droit d'un repère situé en zone urbanisée dense où les écoulements peuvent être perturbés par des phénomènes localisés non retraduits dans le modèle global.

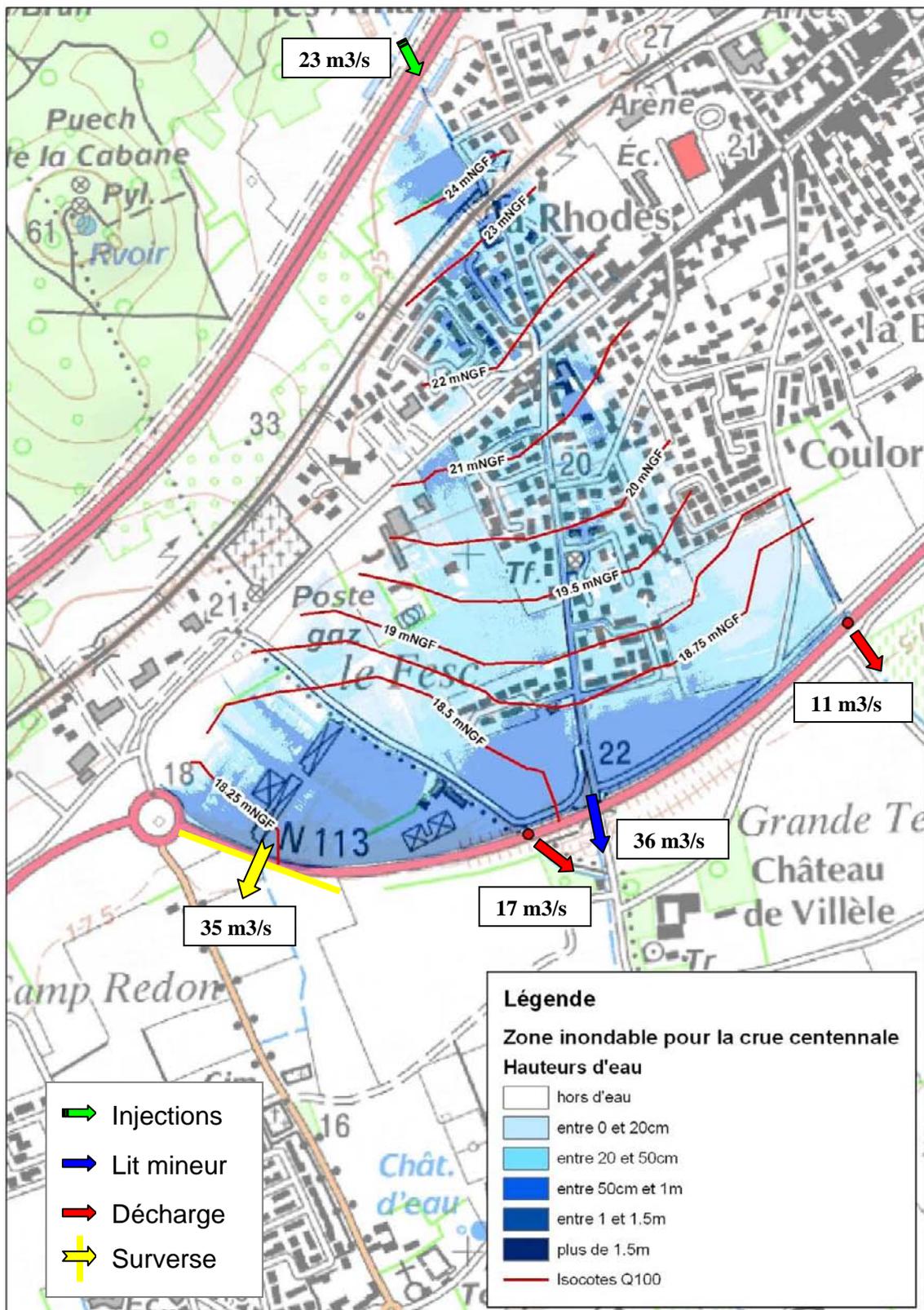
## Crue centennale

Pour la crue centennale, les débits de pointe au droit de la voie SNCF et de la RN86 sont respectivement de 36 et 75 m<sup>3</sup>/s, pour la crue de 2005, de 24 et 34 m<sup>3</sup>/s. Les différents ouvrages structurants constituent des obstacles à l'écoulement, notamment le remblai de la RN86. On constate en effet un fort étalement des écoulements (lit mineur en toit), qui se traduit par un écrêtement général depuis l'amont de l'A9 jusqu'à l'aval de la RN86 de 105 à 99 m<sup>3</sup>/s pour la crue centennale et de 51 à 38 m<sup>3</sup>/s pour la crue 2005 (calcul intégrant les apports du bassin versant urbain intermédiaire).

La cartographie des aléas (cartes ci-après) retraduit la zone de plus grand écoulement identifiée par l'analyse hydrogéomorphologique, mais pas la zone inondable observée en 2005 ci-dessous, qui ne parait pas cohérente avec les PHE et les résultats des modélisations.







### **2.3.1.9 La Lone**

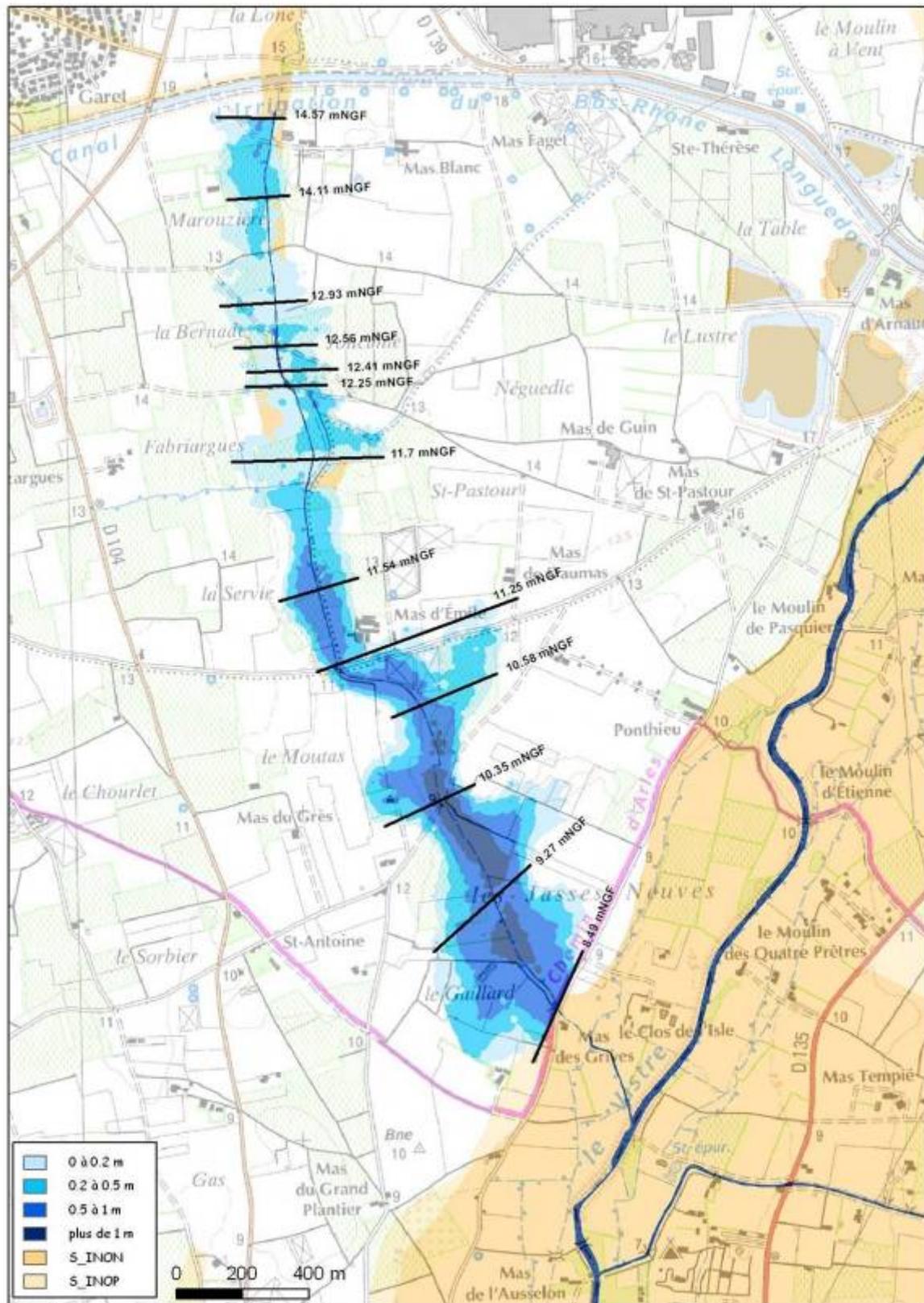
Le modèle filaire de la Lone (affluent en rive droite du Vistre) s'étend sur un linéaire d'environ 3300m depuis le canal BRL jusqu'au Vistre, sur les communes de Codognan, Vergèze, le Caillar.

La condition aval retenue est une condition de cote normale.

Aucune PHE ni limite de crue observée ne sont disponibles dans le secteur.

Le débit de pointe centennal au Vistre est de  $103 \text{ m}^3/\text{s}$  pour bassin versant de  $9.4 \text{ km}^2$ .

De l'amont vers l'aval, les débordements s'amplifient avec des hauteurs d'eau comprises entre 0 et 50 cm sur le secteur « Marouzière – Frabriargues », puis comprises entre 50 cm et 1 m sur le secteur « la Servie – le Moutas » et enfin supérieures à 1 m sur le secteur des « Jasses Neuves ».



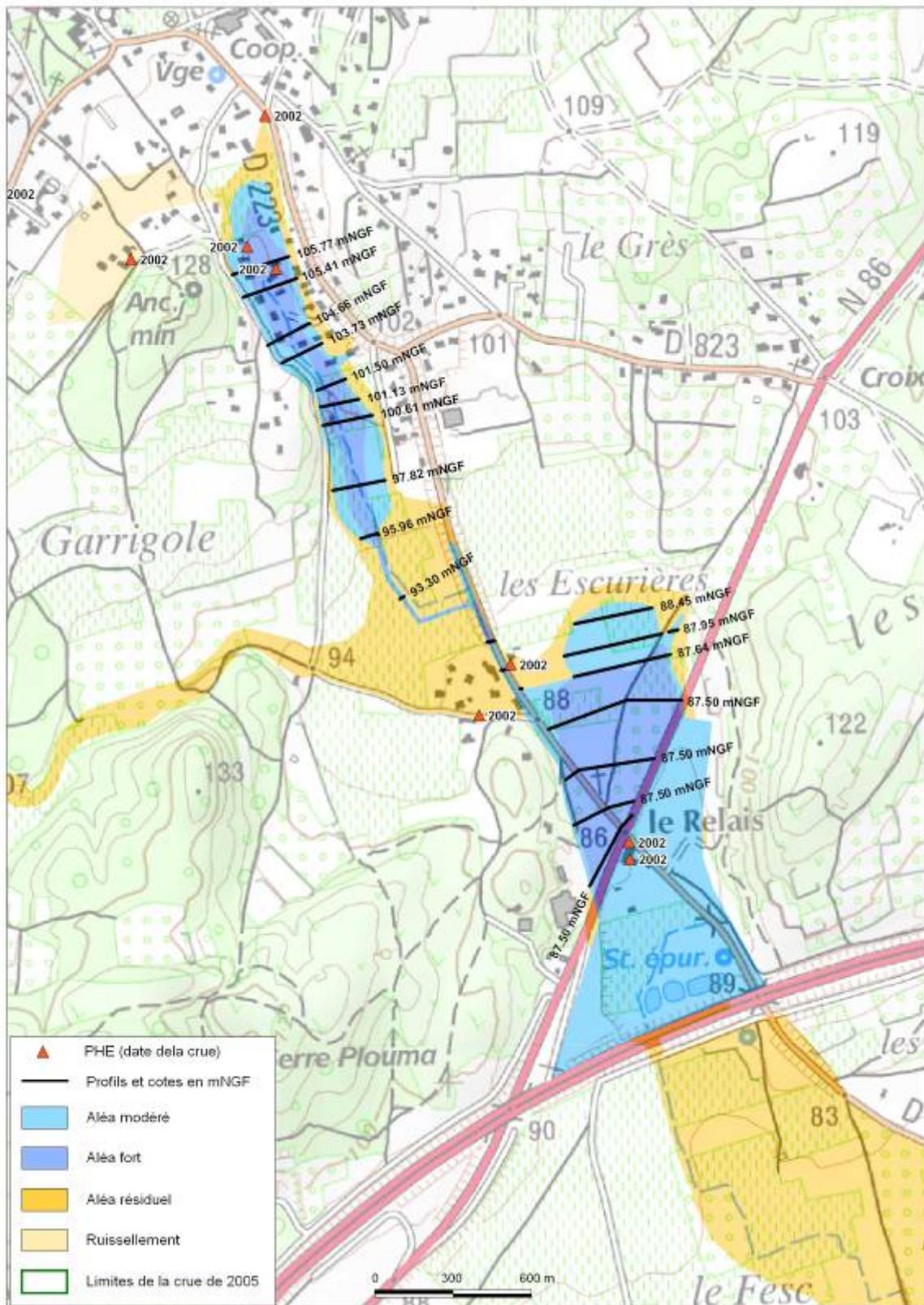
## 2.3.2 Intégration des résultats des modélisations des études existantes

### 2.3.2.1 Lédenon

Les zones inondables centennales du Valat des Agaous à l'amont de l'autoroute A9 ont été cartographiées dans une étude antérieure (BRLi, 2004). Le débit centennial retenu est cohérent avec l'analyse hydrologique menée dans le cadre du PPRi (phase 1 §662 analyse des études antérieures). La campagne topographique a consisté en relevés de profils en travers et d'un orthophotoplan au 1/2000<sup>e</sup>.

Il existe 6 PHE de la crue de 2002 associés au débordement du cours d'eau (les autres situés en amont dans le village étant liés au ruissellement pluvial). Ils retraduisent des niveaux de submersion inférieurs à la crue centennale simulée dans le modèle filaire. Il n'y a pas eu de véritable calage sur les cotes observées en 2002 dans l'étude de 2004, en raison de modifications importantes du lit mineur survenues après 2002. Mais les résultats obtenus sont globalement cohérents avec les observations.

Les résultats sont donc directement intégrés au PPRi.



### 2.3.2.2 Vauvert

#### *Bassin de rétention du Valat de la Reyne (secteur Les Plaines)*

L'étude hydraulique qui fait référence à ce jour pour caractériser la zone inondable du Valat de la Reyne à Vauvert (BRLi 2001) a estimé le débit centennal à l'amont de l'agglomération à  $14 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ , soit  $46 \text{ m}^3/\text{s}$  pour un bassin versant de  $3.3 \text{ km}^2$  (Cf. § 5.6.2 du rapport de phase 1). Cette valeur est bien plus faible que le débit de référence retenu dans le cadre de la présente étude, qui est de  $22 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ . En effet, l'étude de 2001 avait appliqué la méthode de Bressand-Golossof, mais avec des hypothèses de pluie plus faibles que celles qui doivent être retenues pour appliquer cette méthode.

Le bassin de rétention implanté à l'amont de l'agglomération et réalisé en 2007 présente les caractéristiques suivantes :

- ▶ Volume de  $157\,000 \text{ m}^3$  à la cote de 43.0 m NGF,
- ▶ Orifice de contrôle de diamètre 1000mm (débit de fuite de projet de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ),
- ▶ Largeur du déversoir : 20 m.

Dans le rapport de phase 1, le débit centennal du Valat de la Reyne a également été estimé en prenant en compte l'écrêtement dans le bassin de rétention :

- ▶ Par BRLi dans le cadre de la présente étude : le débit écrêté en sortie du bassin de rétention est de  $12.4 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ .
- ▶ Par ISL, dans le cadre de l'étude maîtrise d'œuvre du bassin de rétention : il est de  $18.8 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ .

Dans le rapport de phase 1, il était proposé de retenir le débit de pointe écrêté comme débit de référence à l'aval du bassin de rétention et à la traversée de Vauvert, et d'intégrer la zone inondable de l'étude de 2001, correspondant à un débit spécifique de 14, compris dans la fourchette des débits écrêtés estimés de 12 à  $19 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ .

Mais si l'on considère que le risque de défaillance du bassin est à prendre en compte dans le cadre du PPRi, par obturation de l'orifice notamment, la modélisation des écoulements devrait être reprise avec un débit de  $22 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ .

#### *Impact du canal BRL*

Pendant, les écoulements du Valat de la Reyne à la traversée de Vauvert subissent un ralentissement dynamique du à la présence du canal BRL en remblais, qui fait obstacle aux débordements de crue du cours d'eau.

Une étude de cartographie des zones inondables centennales de Valat de la Reyne à la traversée de Vauvert a été réalisée en 2004 par BRLi, et prend en compte ces phénomènes de stockage à l'amont du canal par une modélisation transitoire et bidimensionnelle (Etude de l'aléa inondation et cartographie des zones inondables sur les secteurs du Valat de la Reyne et de Gallician, commune de Vauvert, juin 2004). A noter par ailleurs que cette étude ne prend pas en compte le bassin de rétention amont qui n'avait pas été réalisé en 2004.

La modélisation de 2004 met en évidence un très fort écrêtement du à ces phénomènes de ralentissement à l'amont du canal puisqu'au droit du canal le débit n'est plus que de  $38,5 \text{ m}^3/\text{s}$  pour un bassin versant de  $6,4 \text{ km}^2$ , à comparer avec les  $45,8 \text{ m}^3/\text{s}$  provenant du bassin versant amont de  $3,3 \text{ km}^2$ .

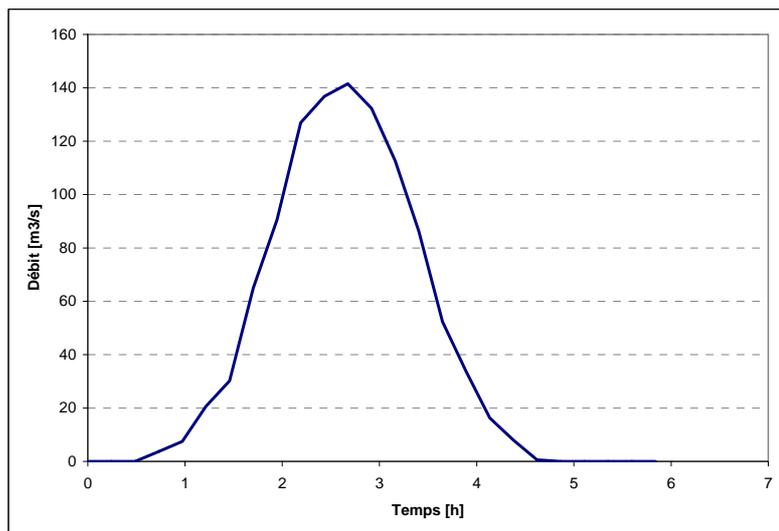
Pour ce type de fonctionnement hydraulique, c'est surtout le volume de crue retenu qui détermine les zones inondées. Or le volume de crue modélisé dans l'étude de 2004, pour les 6,4 km<sup>2</sup> de bassin versant, est d'environ 900 000 m<sup>3</sup> (Cf. hydrogrammes de crue page 5 du rapport de l'étude 2004).

Le volume de crue généré par le Valat de la Reyne au droit du canal et pour 6,4 km<sup>2</sup> avec les hypothèses hydrologiques retenues dans le cadre du PPRi est de 932 000 m<sup>3</sup> :

**Le Valat de la Reyne au canal BRL (REY01)**  
avec superficie de 6.4 km<sup>2</sup>

|           |     |
|-----------|-----|
| Qp [m3/s] | 142 |
| V [Mm3]   | 932 |

| Temps [h] | Débit [m3/s] |
|-----------|--------------|
| 0,00      | 0,0          |
| 0,24      | 0,0          |
| 0,49      | 0,0          |
| 0,73      | 3,7          |
| 0,97      | 7,4          |
| 1,22      | 20,6         |
| 1,46      | 30,2         |
| 1,70      | 64,9         |
| 1,95      | 90,6         |
| 2,19      | 126,9        |
| 2,43      | 136,8        |
| 2,68      | 141,5        |
| 2,92      | 132,3        |
| 3,16      | 112,6        |
| 3,41      | 86,2         |
| 3,65      | 52,3         |
| 3,89      | 33,6         |
| 4,14      | 16,2         |
| 4,38      | 8,0          |
| 4,62      | 0,6          |
| 4,86      | 0,0          |
| 5,11      | 0,0          |
| 5,35      | 0,0          |
| 5,59      | 0,0          |
| 5,84      | 0,0          |



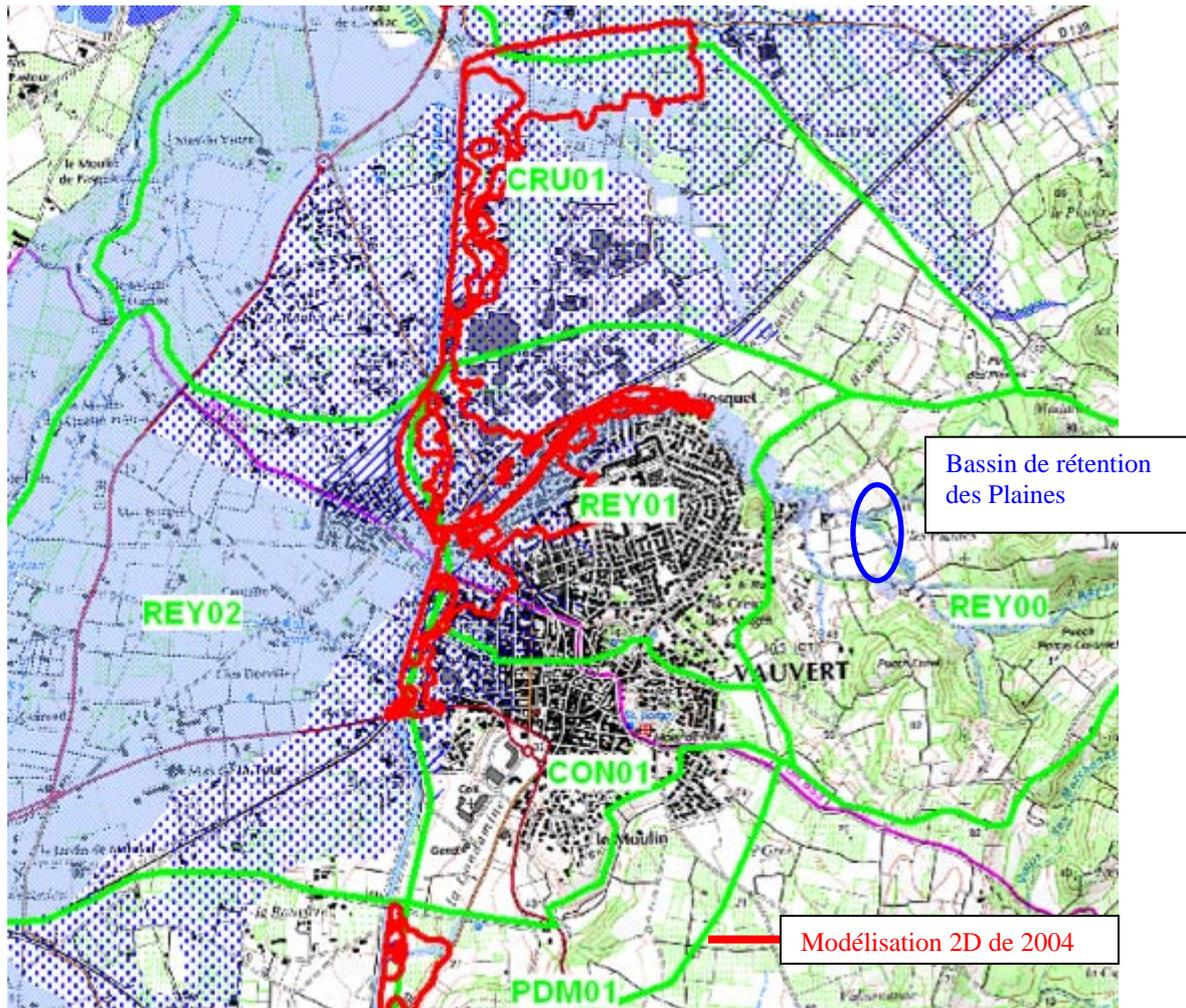
NB : coefficient de ruissellement de 69%

La modélisation des écoulements du Valat de la Reyne réalisée en 2004 en régime transitoire peut donc être intégrée au PPRi.

La modélisation, basée sur des levés topographiques réalisés dans le cadre de l'étude (17 profils en travers du cours d'eau, 11 ouvrages hydrauliques, plan topographique du champ majeur), a été menée en mode bidimensionnel afin de retraduire le caractère multidirectionnel des écoulements.

Cette modélisation a également pris en compte les écoulements autres que ceux du Valat de la Reyne qui sont interceptés par le canal BRL sur le territoire communal de Vauvert :

- ▶ Le bassin versant CRU01 (qui comprend les apports diffus de la zone industrielle Nord de Vauvert) ainsi que les débordements rive gauche du Fiaou),
- ▶ Les bassins versants CON01 et PDM01 au sud de Vauvert.

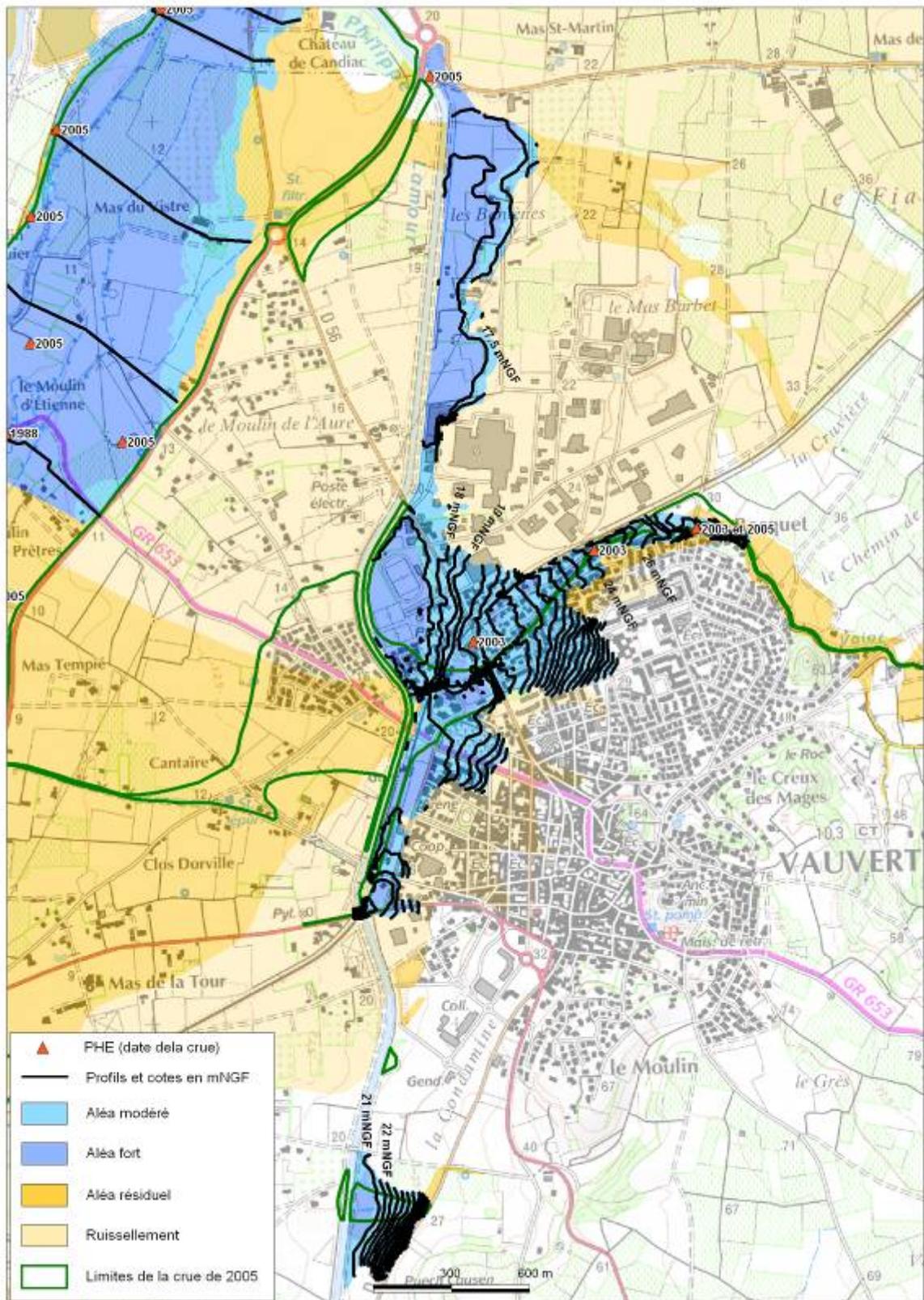


### Conclusion

Les résultats de l'étude de 2004 peuvent donc être intégrés au PPRi, compte tenu de la cohérence des volumes de crue entre les deux approches PPRi et étude antérieure.

L'aléa obtenu (carte ci-après) est cohérent avec les 3 PHE de 2002 et 2005 disponibles sur la zone d'étude ; par contre les limites de la crue observée en 2005 semblent bien réduites à l'amont de la RD56 et erronée par rapport à la topographie en rive droite au droit du Bosquet.

Pour le secteur situé entre la sortie du bassin de rétention et le modèle 2D (Cf carte ci avant), les enjeux urbains sont peu nombreux, car la zone urbanisée est hors d'eau sur la rive gauche surélevée.



### 2.3.2.3 Milhaud et Bernis

La phase 1 a montré que les approches hydrologiques des études communales disponibles sont cohérentes avec l'approche PPRi.

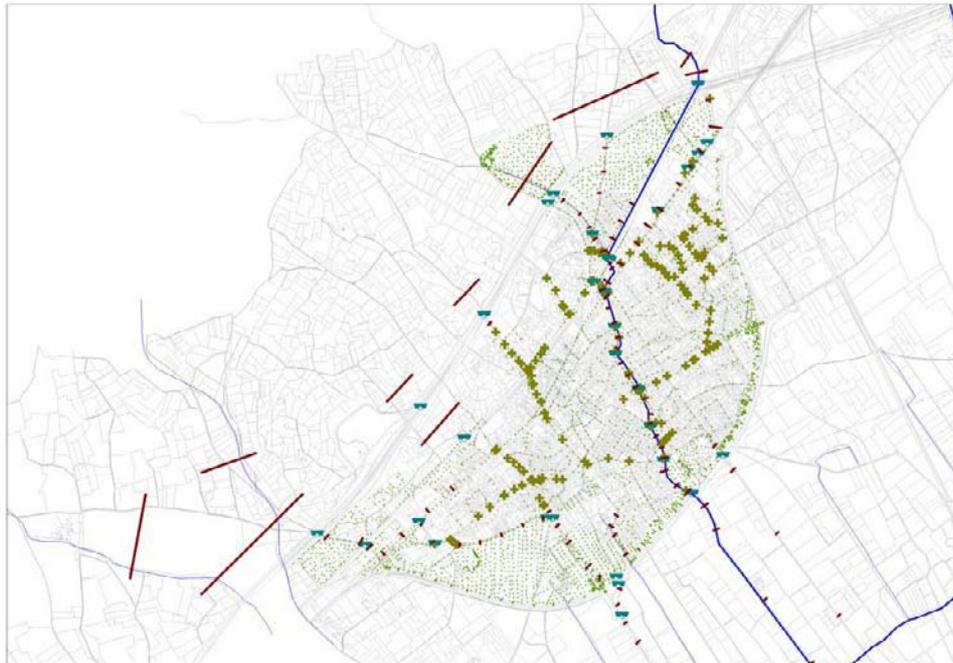
Les documents SAFEGE source des données présentées ci-après sont les suivants :

- ▶ Commune de Milhaud : a. Schéma d'aménagement hydraulique et de protection des zones habitées contre les inondations - Phase 1 : diagnostic de l'état actuel, indice F avril 2009. b. Schéma d'aménagement hydraulique et de protection des zones habitées contre les inondations - Phase 2 : élaboration du schéma pluvial, indice D mai 2010.
- ▶ Commune de Bernis : a. Schéma d'aménagement hydraulique et de protection des zones habitées contre les inondations - Phase 1 : diagnostic de l'état actuel, indice G janvier 2010. b. Schéma d'aménagement hydraulique et de protection des zones habitées contre les inondations - Phase 2 : élaboration du schéma pluvial, indice B mai 2010.
- ▶ DDTM30 : Schéma d'aménagement hydraulique et de protection des zones habitées contre les inondations, Communes de Milhaud et Bernis, Mise en compatibilité de l'aléa, SAFEGE, avril 2011.
- ▶ DDTM30 : Méthodologie pour l'élaboration des cartes d'aléa inondation sur les communes de Milhaud et Bernis, SAFEGE, 17 décembre 2012, Réf. : 11MHY022.

#### MILHAUD

La modélisation des écoulements est réalisée avec un modèle de couplage 1D/2D, sur la base des levés du cabinet de géomètre B3R de décembre 2008 :

- ▶ Des profils en travers du lit de la Pondre (34 profils) et de divers chemins d'écoulements préférentiels (50 profils) ;
- ▶ Des levés topographiques des 32 ouvrages structurants la zone ;
- ▶ Du semis de points en zone urbaine sur l'ensemble de la zone (200 ha) ;
- ▶ Du semis de point à l'échelle communale (source : GAIA Mapping) ;
- ▶ Des levés topographiques du réseau d'eau urbain maillant la commune (161 points).

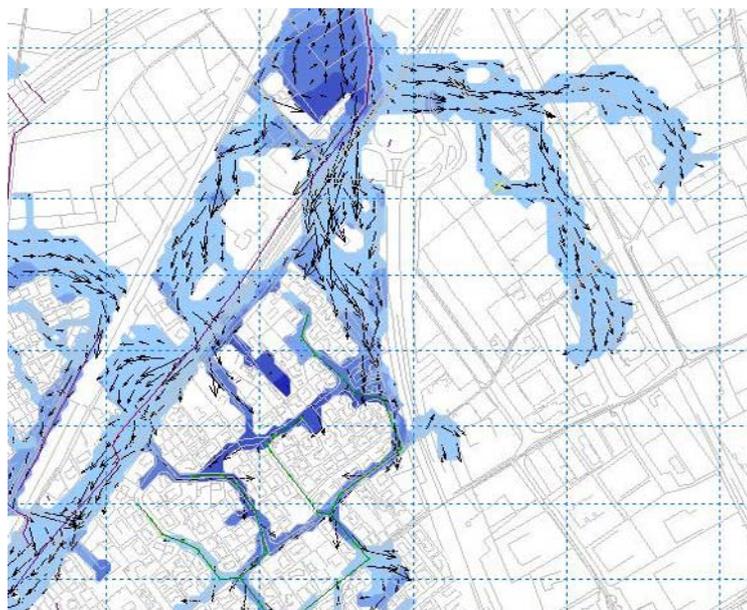


Le modèle a été calibré sur l'événement de septembre 2005. La moyenne des écarts absolus est d'environ 50 cm sur les PHE levés par géomètre. Le même type d'écart est de 16 cm sur les hauteurs relatives constatées lors des enquêtes de terrain. Le réseau pluvial est considéré non saturé dans toutes les typologies de crues étudiées. La condition aval du Vistre est considérée fixe à la valeur de septembre 2005.

Le scénario retenu pour l'aléa de référence du PPRi est la crue d'octobre 1988 en état aménagé de janvier 2008 (programme Cadereaux) intégrant notamment la rétention de la carrière de Caveirac.

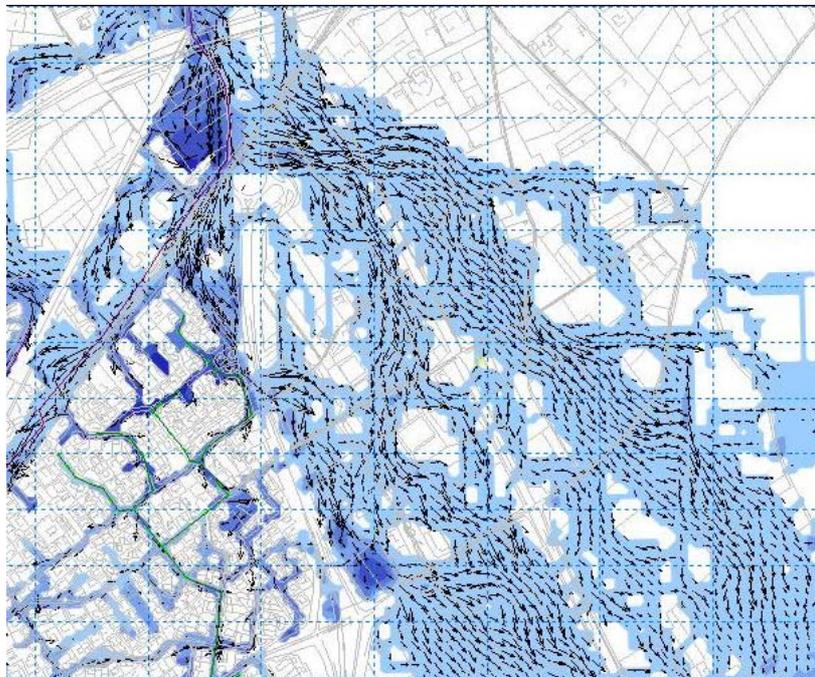
Les particularités pour l'événement de référence sont décrites ci-après.

- Les débordements constatés en rive gauche de la Pondre avant le rond point situé au Nord Est de la zone urbaine ne retrouvent pas la Pondre et aboutissent dans les eaux du Vistre avec les eaux issues de la submersion de la RN 113 :

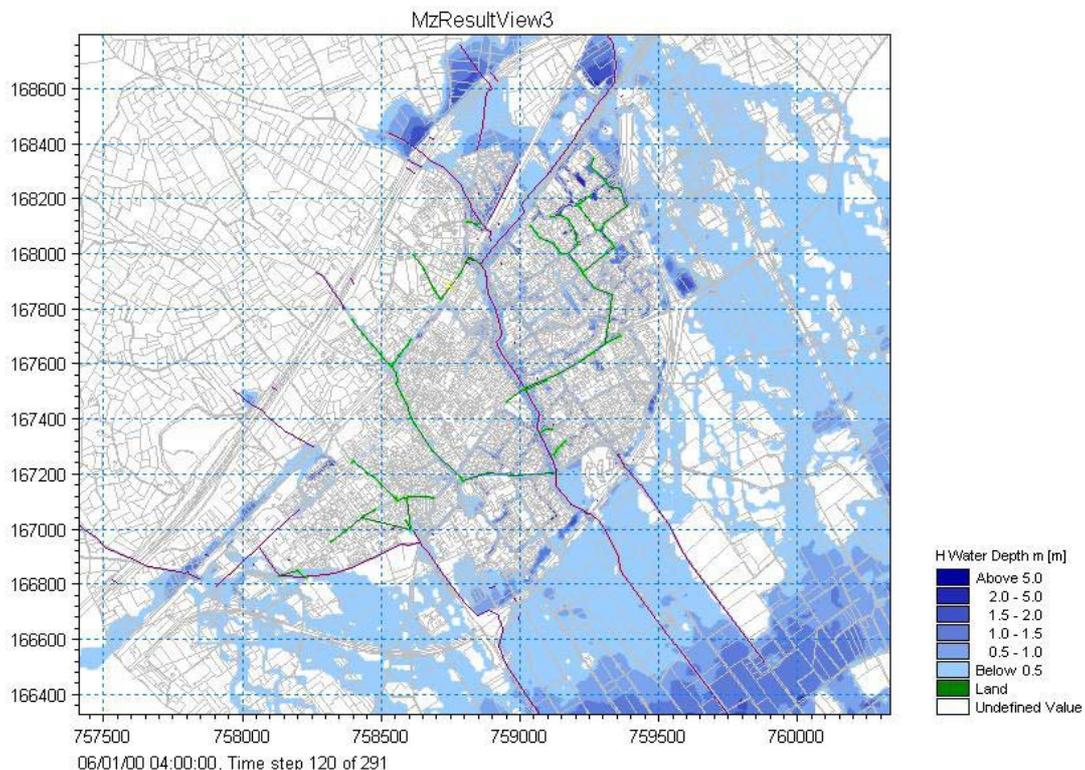


Le débordement au Nord se dirige vers l'Est (ZAC Trajectoire) pour rejoindre plus tard les eaux de ruissellement qui ont submergé la RN 113.

Au pic de la crue, on observe que la zone urbaine est contournée par un écoulement puissant qui rejoint les eaux du Vistre plus en aval. Cet écoulement est barré dans sa progression par la RN 113.



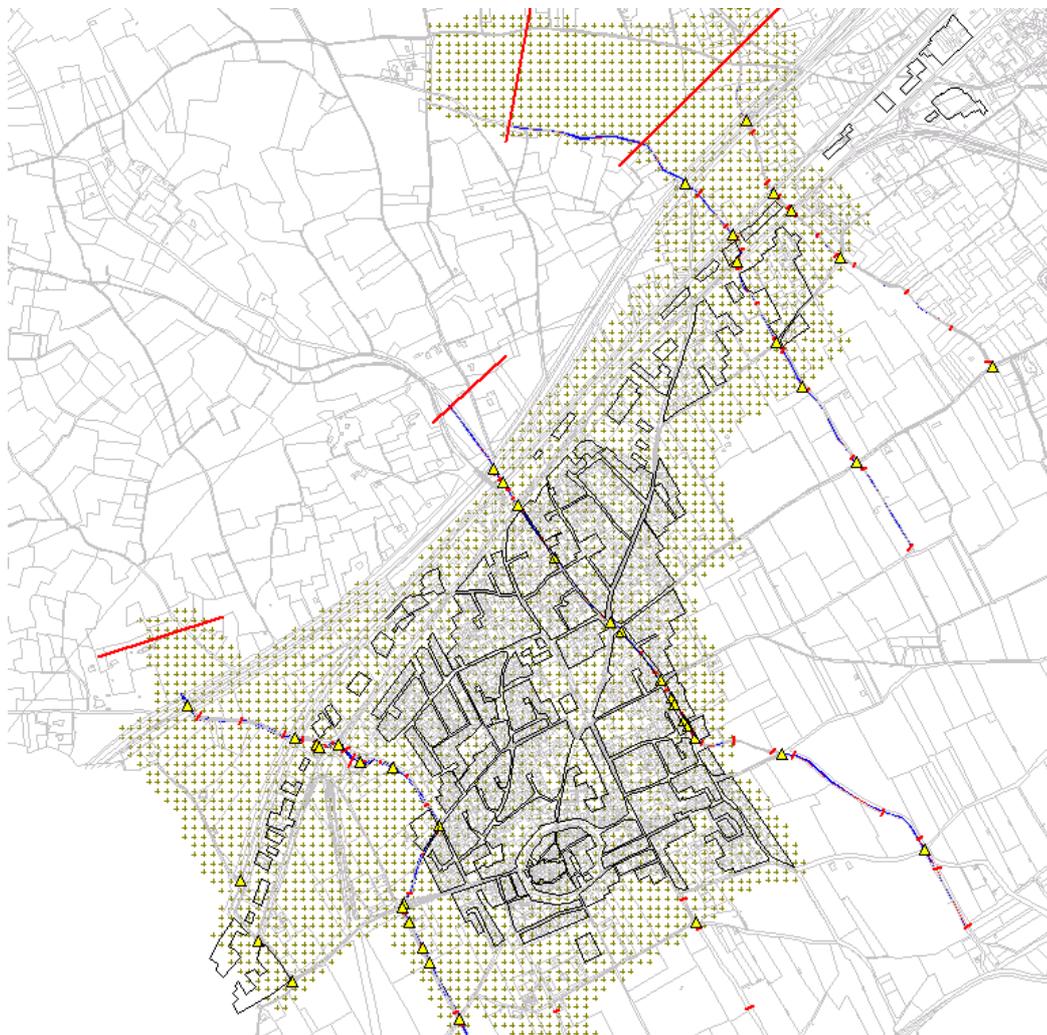
L'autoroute, la voie ferrée et la RN 113 constituent des lignes de force pour les écoulements. La crue d'Octobre 1988, bien qu'historique, est structurée par ces ouvrages :



## BERNIS

La modélisation des écoulements est réalisée avec un modèle de couplage 1D/2D, sur la base des levés du cabinet de géomètre B3R GEOMETRIS de juin 2009 :

- ▶ 72 profils en travers (largeur moyenne de 20m) sur le Grand Bernard / Vallongue / Chivalas / Valat de Larrière ;
- ▶ 43 ouvrages hydrauliques (largeur inférieure à 20m) sur les axes d'écoulements principaux (Grand Bernard / Vallongue / Chivalas / Valat de Larrière) ;
- ▶ lever terrain naturel (TN) de 180 plaques (tampons) du réseau EP ;
- ▶ lever fil d'eau uniquement sur 12 exutoires du réseau EP (aux réseaux superficiels) ;
- ▶ semis de points sur 240 hectares à raison d'au moins 20 points/ha : seuls 60 ha de ce semis est en zone « naturelle », le reste ne concerne que du milieu urbain ;
- ▶ du semis de point à l'échelle communale (source : API Conseil / Nîmes Métropole).



Les conditions aux limites sont les suivantes :

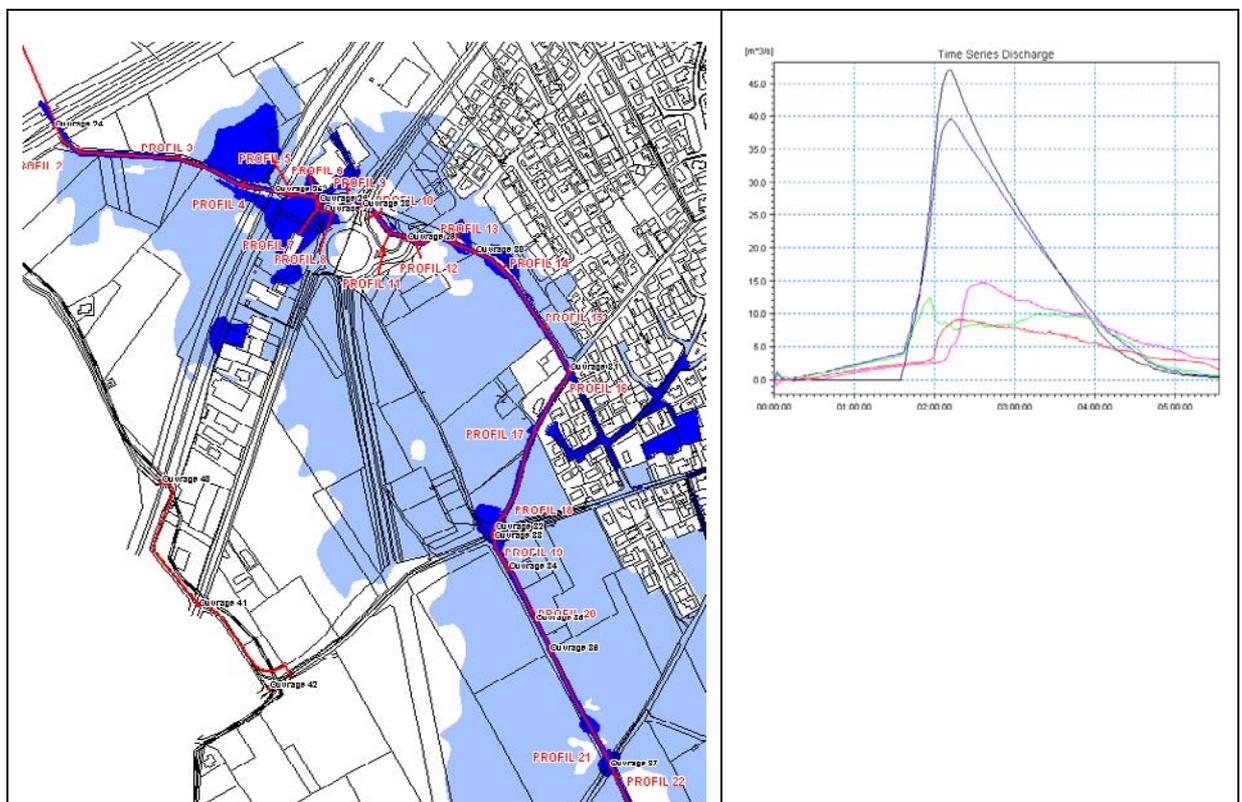
- ▶ Hydrogrammes calculés selon la méthode du réservoir linéaire pour les occurrences 100 ans, Septembre 2005 et Octobre 1988 pour l'ensemble des bassins versants.
- ▶ La condition aval du modèle est la ligne d'eau du Vistre (définie par les PHE) pour l'événement de septembre 2005.

Le modèle a été calibré sur l'événement de septembre 2005. La moyenne des écarts absolus est d'environ 36 cm sur les PHE (53 cm en écart strict à la cote PHE – 25 cm en écart strict à la hauteur PHE). Par le constat de certaines incohérences topographiques, la fiabilité des données de surface Géométris ne peut pas être certaine. La crue de référence est la crue majeure des 3 scénarios hydrologiques présentés précédemment : il s'agit en l'occurrence de l'événement historique d'octobre 1988.

Les particularités pour l'événement de référence sont décrites ci-après.

Concernant le Grand Bernard, des débordements se font constater au voisinage de l'ouvrage SNCF dès quelques  $\text{m}^3/\text{s}$  en raison de la très faible capacité des fossés. La série des ouvrages provoque des débordements par leurs faibles capacités (de 3 à 5  $\text{m}^3/\text{s}$ ). Le fossé du Grand Bernard a une capacité moyenne d'environ 4  $\text{m}^3/\text{s}$ , ce qui explique la généralisation très rapide des écoulements de surface.

Le projet de la ZAC Capitelle est concerné par le Grand Bernard : une modification de tracé est d'ailleurs proposée en aval de la RN113. Chantier non démarré en date de l'étude SAFEGE, les travaux de recalibrage n'ont pas été intégrés dans l'étude SAFEGE.



## ADAPTATION DES RESULTATS A LA DEMARCHE DU PPRi :

Les modèles mis en œuvre dans le cadre des études communales étaient constitués d'un modèle de réseau et d'un modèle 2D pour représenter les écoulements des eaux de débordement du réseau. Le domaine 2D retranscrivait uniquement les écoulements dans les rues des communes. Les niveaux du modèle de rue ont été interpolés entre les rues. En revanche, il n'existait pas de donnée topographique au niveau des secteurs bâti. Ces niveaux ont donc été interpolés à partir des niveaux TN des rues.

Par ailleurs, depuis la réalisation des cartes d'aléas sur les communes de Milhaud et Bernis, les relevés LIDAR ont été réalisés dans le cadre de l'étude PPRi. Ces relevés ont mis en évidence des problèmes de cohérence entre les cartes des aléas et les données topographiques (différentiels altimétriques parfois importants).

La méthodologie suivante a donc été appliquée dans le cadre de la mise à jour des cartes des aléas sur les communes de Milhaud et Bernis :

- ▶ Récupération des hauteurs d'eau dans les rues issues du modèle 2D initial
- ▶ Définition des niveaux d'eau dans les rues :  $Z_{100} = H_{100} (\text{modèle rue}) + Z_{\text{LIDAR}}$ , avec :
  - $Z_{100}$  : cote centennale
  - $H_{100}$  (modèle rue) : hauteur d'eau centennale calculée par le modèle rue
  - $Z_{\text{LIDAR}}$  : cote du terrain naturel levé par LIDAR
- ▶ Interpolation des niveaux d'eau entre les rues
- ▶ Comparaison du niveau d'eau et de la topographie LIDAR pour définir les hauteurs d'eau en tout point.

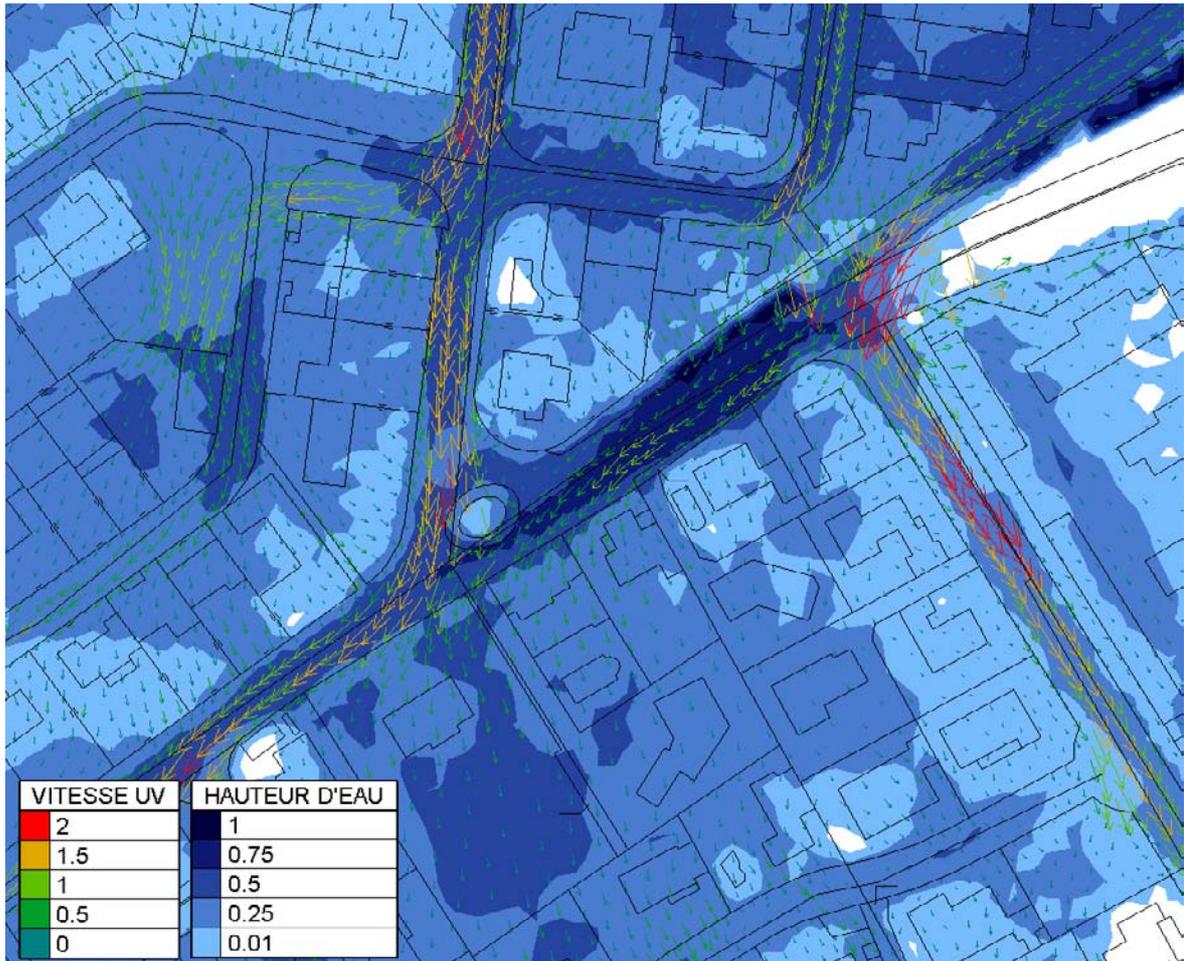
Par rapport aux précédentes cartes d'aléa, on note des différences notables. En effet, l'analyse de la topographie LIDAR (qui dispose de plus de précisions mais surtout beaucoup plus de densité, notamment sur les parcelles privatives) montre que les secteurs bâtis entre les rues sont souvent rehaussés par rapport au niveau des rues. Ce constat implique une inondabilité amoindrie par rapport aux précédents résultats simplement interpolés. L'effet est particulièrement visible sur la commune de Bernis.

### *Cas de la partie est de la commune de Milhaud*

La partie est de la commune de Milhaud est soumise principalement aux débordements du ruisseau de la Pondre. Les eaux débordent sur la partie amont du cours d'eau en rive gauche, traversent la commune puis retournent à la Pondre en amont de la déviation de la commune. Le modèle initial contraignait les eaux de débordement à ne s'écouler uniquement que dans les rues.

En réalité les eaux empruntent les rues et traversent aussi les pavillons. Le modèle initial surestimait donc les niveaux dans les rues ; c'est pourquoi, sur ce secteur, une nouvelle modélisation 2D a été réalisée en laissant un écoulement possible à travers la zone pavillonnaire (en prenant en compte des rugosités faibles de minimum 5 dans la zone pavillonnaire et des rugosités favorables aux écoulements, de 60, dans les rues).

Un extrait des résultats obtenus est présenté ci-après.



### 2.3.2.4 Le Mirman à Caissargues

La commune de Caissargues dispose d'une étude du risque inondation : « Zonage du risque inondation à l'échelle communale et intégration dans les documents d'urbanisme », rapports de phase 1 et 2, Egis Eau, novembre 2009.

Un modèle hydraulique a été réalisé sur le lit mineur et majeur du Mirman à partir des levés topographiques fournis entre juin et septembre 2009. Les écoulements en crue du Mirman sont dissociés entre le lit mineur et la zone inondable. Le modèle du lit mineur permet donc de calculer avec précision la ligne d'eau du Mirman (en toit dans la partie amont et endigué en aval) et les hydrogrammes surversés sur les berges et débordés dans la zone inondable, qui ne rejoignent pas le lit mineur. Ensuite, les écoulements débordés s'écoulent dans les rues, pour se stocker en aval, derrière la digue du Vistre.

Le modèle du lit mineur est construit sur la base de 54 profils du lit mineur et des ouvrages, sur un linéaire de 2.2 km entre l'amont du pont de l'école et la confluence avec le Vistre. Les rues sont modélisées sur un linéaire total de 2400 m avec un profil tous les 20 m environ (soit 120 profils). Deux zones de stockage ont été modélisées en aval pour représenter les inondations bloquées à l'arrière de la digue du Vistre, de part et d'autre de la route des Cambourins. Des zones de débordements ont été modélisées aussi en rive gauche en amont et en aval de la rue de la Vaunage.

Les données topographiques du lit mineur sont issues de :

- ▶ 17 profils issus de l'étude SIEE de 2006 (notés P1 à P17)
- ▶ 5 profils relevés en juillet 2009 (notés PR1 à PR5)
- ▶ 12 profils levés en juillet 2009 en aval immédiat des ouvrages et 12 sections d'ouvrages rendus en septembre 2009).
- ▶ 20 profils en travers issus de semis de points topographiques fournis par la Mairie.

Les données topographiques du lit majeur proviennent de deux sources :

- ▶ Modèle Numérique de terrain réalisé dans le cadre de l'étude CADEREAU, entre le Vistre et le chemin des Canaux
- ▶ Levé terrestre complémentaire réalisé dans le cadre de l'étude entre le chemin des canaux et le Mirman, rendu le 16/09/09.

Le modèle a été calé sur les PHE de 2005 ; sur les 41 repères de crue, seuls 3 repères présentent des écarts supérieurs à 20 cm. Etant donné l'incertitude de certains repères (hauteurs d'eau dans les rues, ...) et la complexité de la modélisation (lit en toit, écoulement dans les rues, ...), le calage est satisfaisant.

La zone inondée observée est globalement cohérente avec l'aléa obtenu.



### 2.3.2.5 Aubord et Générac

Des levés topographiques sont ceux définis dans le cadre du PPRi :

- ▶ Profils en travers du lit mineur et des ouvrages hydrauliques, profil en long des lignes structurantes,
- ▶ Modèle Numérique de terrain sur les champs majeurs (issu d'une campagne de relevés aériens par la méthode du LIDAR).

Sur les communes d'Aubord et Générac, ils portent sur les ruisseaux de Casseport, Moulin à Vent, Fontaine, Barbe Blanche, Rieu, Petit et Grand Campagnolle.

Les modélisations hydrauliques mises en œuvre sont les suivantes :

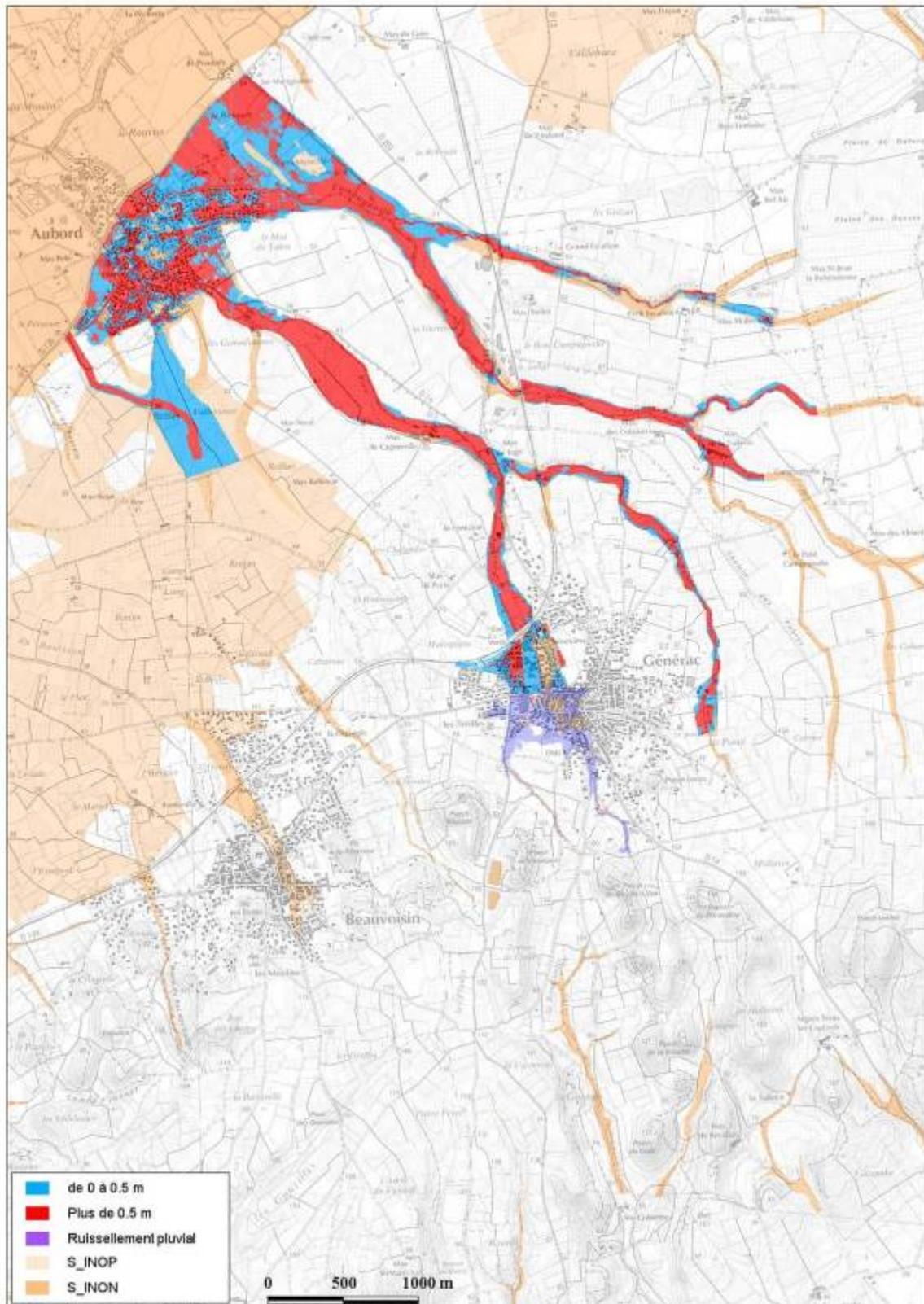
- ▶ une modélisation filaire du Rieu et du Campagnolle, en dehors des zones urbanisées,
- ▶ une modélisation à casiers du Rieu et du Campagnolle à la traversée urbaine d'Aubord,
- ▶ une modélisation à casiers du Vistre, du Rieu et du Campagnolle à l'aval de la RD135,
- ▶ une modélisation bidimensionnelle des apports du Cabassan à l'Ouest d'Aubord, dans le secteur de la route de Beauvoisin : cette zone d'écoulements présente une configuration particulière : bassin versant de près de 3 km<sup>2</sup> mais dont les apports s'écoulent en nappe à l'amont et se reconcentrent selon deux axes préférentiels (route de Beauvoisin et axe Ouest), les deux autres axes drainant des débits très faibles. **Il ne s'agit donc pas à proprement parler d'un phénomène de débordement de cours d'eau, mais plutôt d'écoulement en nappe.** Cependant, compte tenu de l'importance des débits centennaux qui transitent par ces axes (16 et 8 m<sup>3</sup>/s), nous proposons de qualifier l'aléa en débordement de cours d'eau sur ces axes et en résiduel (écoulements exceptionnels) sur les deux autres.

Sur le Rieu et le Campagnolle à Aubord, on dispose de 17 repères de PHE pour la crue de 2005. Une étude critique a été réalisée à partir des fiches PHE visant à écarter les PHE dits « douteux » levés dans des configurations spécifiques localisées où la laisse de crue n'est pas représentative de l'écoulement principal (cour intérieure, parcelle encaissée, murs perpendiculaires aux écoulements,...). Les cotes des PHE retenues dites « validées » ont ensuite été comparées aux cotes d'eau calculées pour la crue de 2005 : l'écart moyen aux PHE « validés » est de 0,28m, ce qui paraît acceptable, compte tenu des difficultés de calage en milieu urbain dense.

Les résultats obtenus sont très cohérents avec les observations « qualitatives » (non nivelées) recueillies lors des enquêtes auprès de la commune. Concernant la zone située en rive droite du Campagnolle (secteur Nord-Est de la commune d'Aubord), les témoignages recueillis étaient contradictoires quant à la présence d'eau sur ce secteur par débordement du Campagnolle ou par ruissellement.

A l'amont du village, seuls 5 repères de Plus Hautes Eaux (PHE) de la crue de 2005 (et celle de 2003) sont disponibles sur ces zones peu urbanisées et elles sont réparties sur le Rieu uniquement ; deux d'entre elles ont été considérées comme douteuses ; les écarts entre cote observées et cotes calculées sont inférieures à 30 cm pour les autres.

A Générac, les résultats des simulations sont cohérents avec les 5 repères de PHE de 2003 et 2005, et avec les observations issues de l'enquête.



## 2.4 LE MODELE DE LA PLAINE DU VISTRE ET DU BUFFALON

### 2.4.1 Hydrogrammes injectés

#### PLUIES DE PROJET

Les hyétogrammes de projet suivants ont été construits :

- ▶ pluie réelle de septembre 2005
- ▶ pluie réelle de septembre 2002
- ▶ pluie théorique décennale en 24 heures
- ▶ pluie théorique cinquantennale en 24 heures
- ▶ pluie théorique centennale en 24 heures

Les pluies réelles ont pour origine les données de lames d'eau radar (CALAMAR) et ont été spatialisées selon le découpage en 7 sous-bassins principaux : Haut Vistre, Buffalon, Moyen Vistre Amont Nord, Moyen Vistre Amont Sud, Moyen Vistre Aval Nord, Moyen Vistre Aval Sud et Rhône (cf. phase 1).

Les pluies théoriques ont pour origine les données pluies au sol (METEO FRANCE) et ont été construites par ajustement de la loi GEV selon la méthode de Keifer (hyétogramme isofréquentiel) et en considérant la formule régionalisée d'HydroSciences Montpellier pour le calcul de l'abattement (cf. phase 1).

La durée de 24 heures a été retenue pour les événements de projet. Car l'évènement de septembre 2005 (sur 72 heures) a montré une vidange complète des casiers entre les deux pics de pluie espacés de 24 heures environ. **Ainsi, nous avons considéré un temps de réponse maximal de la plaine du Vistre de 24 heures.**

Les tableaux ci-dessous récapitulent les valeurs caractéristiques des pluies pour les différents scénarios considérés :

#### Pluie de septembre 2005

| Date et heure (UTC) | Précipitation [mm] |          |                         |                        |                        |                       |       |
|---------------------|--------------------|----------|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-------|
|                     | Haut Vistre        | Buffalon | Moyen Vistre Amont Nord | Moyen Vistre Amont Sud | Moyen Vistre Aval Nord | Moyen Vistre Aval Sud | Rhône |
| <i>Pmax en 6h</i>   | 93.5               | 68.6     | 158.2                   | 122.7                  | 151.9                  | 159.2                 | 102.8 |
| <i>Pmax en 12h</i>  | 127.2              | 100.3    | 194.4                   | 159.9                  | 179.6                  | 191.6                 | 138.9 |
| <i>Pmax en 24h</i>  | 131.7              | 104.9    | 201.6                   | 166.5                  | 198.1                  | 207.7                 | 167.1 |
| <i>Pmax en 36h</i>  | 131.7              | 105.1    | 201.6                   | 166.5                  | 198.3                  | 207.8                 | 167.3 |
| <i>Pmax en 48h</i>  | 170.9              | 143.6    | 240.3                   | 225.6                  | 212.6                  | 229.6                 | 177.3 |
| <i>Pmax en 72h</i>  | 250.4              | 208.5    | 355.8                   | 319.3                  | 347.8                  | 362.4                 | 315.7 |

#### Pluie de septembre 2002

| Date et heure (UTC) | Précipitation [mm] |          |                         |                        |                        |                       |       |
|---------------------|--------------------|----------|-------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-------|
|                     | Haut Vistre        | Buffalon | Moyen Vistre Amont Nord | Moyen Vistre Amont Sud | Moyen Vistre Aval Nord | Moyen Vistre Aval Sud | Rhône |
| <i>Pmax en 6h</i>   | 116.1              | 148.8    | 86.8                    | 69.3                   | 54.3                   | 56.1                  | 82.9  |
| <i>Pmax en 12h</i>  | 146.1              | 187.7    | 104.4                   | 75.6                   | 67.9                   | 60.9                  | 112.3 |
| <i>Pmax en 24h</i>  | 242.8              | 280.5    | 170.4                   | 101.7                  | 94.7                   | 76.1                  | 188.1 |
| <i>Pmax en 36h</i>  | 267.0              | 322.4    | 185.6                   | 120.5                  | 106.5                  | 94.7                  | 197.1 |

**Pluies décennales, cinquantennales et centennales en 24 heures sans abattement et avec abattement maximum (BV du Vistre au Cailar), Pluie réelle locale à Bernis en sept. 2005**

|                    | Précipitation [mm] |           |           |           |            |            | Sept2005_Bernis |
|--------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------------|
|                    | P10_ss_ab          | P10_av_ab | P50_ss_ab | P50_av_ab | P100_ss_ab | P100_av_ab |                 |
| <i>Pmax en 6h</i>  | 119.6              | 93.1      | 203.2     | 153.9     | 251.1      | 188.0      | 270.0           |
| <i>Pmax en 12h</i> | 138.8              | 113.1     | 234.2     | 186.7     | 288.9      | 228.0      | 308.0           |
| <i>Pmax en 24h</i> | 161.1              | 136.5     | 270.0     | 224.5     | 332.4      | 274.1      | 324.5           |

## TRANSFORMATION PLUIE-DEBIT

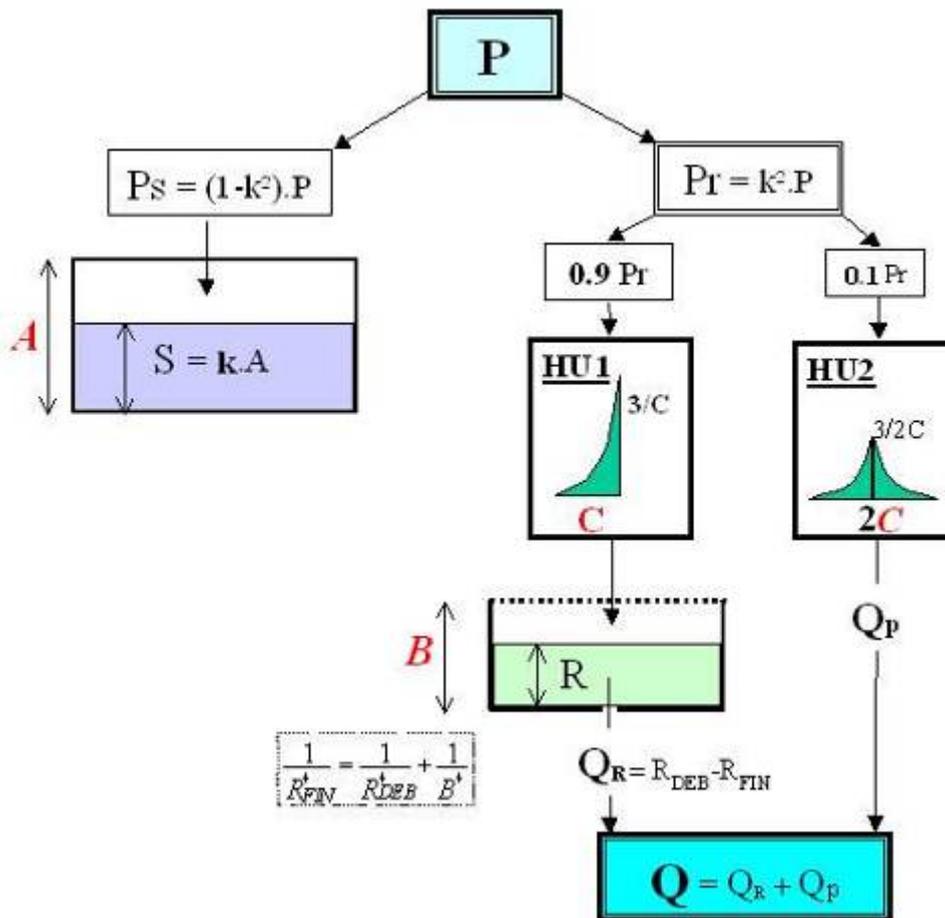
Le modèle hydrologique SCS utilisé à l'échelle locale des affluents est inadapté quand on raisonne à l'échelle globale du Vistre. En effet, le temps de réponse hydrologique du Vistre est plus long que ceux des affluents. Or, une des limites d'application de la méthode SCS se pose lorsque la durée de la pluie de projet devient largement supérieure au temps de concentration du bassin versant : la durée de pluie de projet considérée pour le Vistre est de 24 heures alors que les temps de concentration des affluents n'excèdent pas 6 heures.

Un autre modèle hydrologique a donc été utilisé pour simuler des pluies de durées plus longues. Il s'agit du modèle GR3H développé par le CEMAGREF qui permet d'introduire un paramètre supplémentaire qui vient préciser la « loi de vidange » du bassin versant.

Remarque : Le modèle SCS a été utilisé sur les affluents du Vistre car il permet de proposer une approche homogène à l'échelle du bassin versant : le paramétrage de calage d'infiltration (Curve Number ou CN) est déduit des caractéristiques d'occupation et de nature des sols (ce que ne permet pas le modèle GR3H : paramètres non régionalisables).

Le modèle pluie-débit GR3H (Edijatno & Michel, 1989) fonctionne avec un réservoir de production (paramètre A), complété par un hydrogramme unitaire (paramètre C) et un réservoir (paramètre B) pour le transfert, d'où un total de 3 paramètres (contre 1 seul pour SCS) et fonctionne au pas de temps horaire.

**Schéma de principe du modèle GR3H**

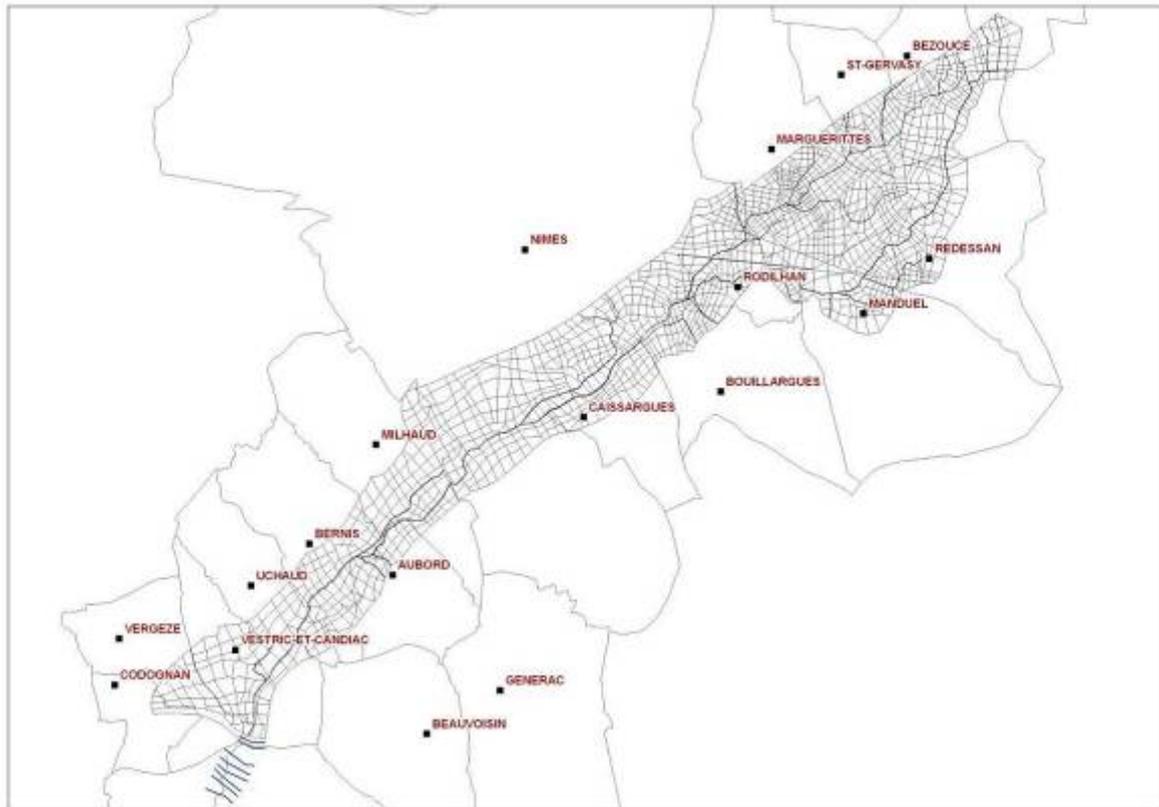


Sur l'ensemble des sous-bassins versants du Vistre dont l'exutoire correspond à un point d'injection dans le « modèle plaine » du Vistre (57 au total), le modèle GR3H a été calé de manière à reproduire les mêmes hydrogrammes que le modèle SCS sur les affluents. Par défaut le paramètre B de vidange a été réglé de manière à conserver un écoulement continu entre les deux pointes pour le double évènement de septembre 2005.

Les hydrogrammes obtenus injectés dans le modèle « plaine » du Vistre et du Buffalon sont fournis en annexe 2 (les points d'injection sont localisés sur la carte des bassins versant fournie en pièce jointe).

**2.4.2 Structure du modèle**

Le modèle de la plaine du Vistre et du Buffalon comporte 1735 casiers et 86 km de lits mineurs :



Les casiers sont reliés entre eux par des lois de rugosité (cas d'une délimitation au niveau du terrain naturel), de seuil (cas d'une route en remblai) et/ou d'orifice (cas d'ouvrage de décharge). Les lits mineurs, décrits par des profils en travers sur lesquels sont résolus les équations de Barré de Saint Venant, sont reliés aux casiers par des lois de déversement de type seuil ayant pour géométrie le profil en long des berges.

### 2.4.3 Condition limite aval

#### Condition limite aval pour la crue centennale du Vistre

Concernant la condition limite aval du modèle Vistre, les résultats de l'étude en cours menée par le SMBVV sur la commune du Cailar (SAFEGE 2010-2012) ont été intégrés. En effet cette étude prend en compte tous les écoulements et les conditions susceptibles d'influer sur les niveaux du Vistre en crue : crues du Rhône, crues du Vidourle, fermeture des portes du Vidourle, influence du niveau marin, crues du Rhône.

L'analyse des concomitances de ces phénomènes réalisée dans cette étude montre que :

- ▶ Les réponses du Vistre, du Rhône et du Vidourle font apparaître des décalages temporels mais sont en phase à l'échelle de la journée ; les comportements hydrologiques de ces bassins versant ne sont donc pas déconnectés,
- ▶ Les crues des cours d'eau sont souvent concomitantes avec un niveau marin supérieur à 0,8 mNGF,
- ▶ La surcote marine à 2.5mNGF a une très faible influence sur l'inondabilité de la commune du Cailar (ainsi que les crues du Rhône).

Plusieurs scénarios de crue ont été d'ores et déjà étudiés (résultats présentés sur les cartes ci-après).

L'aléa qui est retenu pour le PPRi est, en chaque point, le maximum des résultats entre les scénarios de crue suivants :

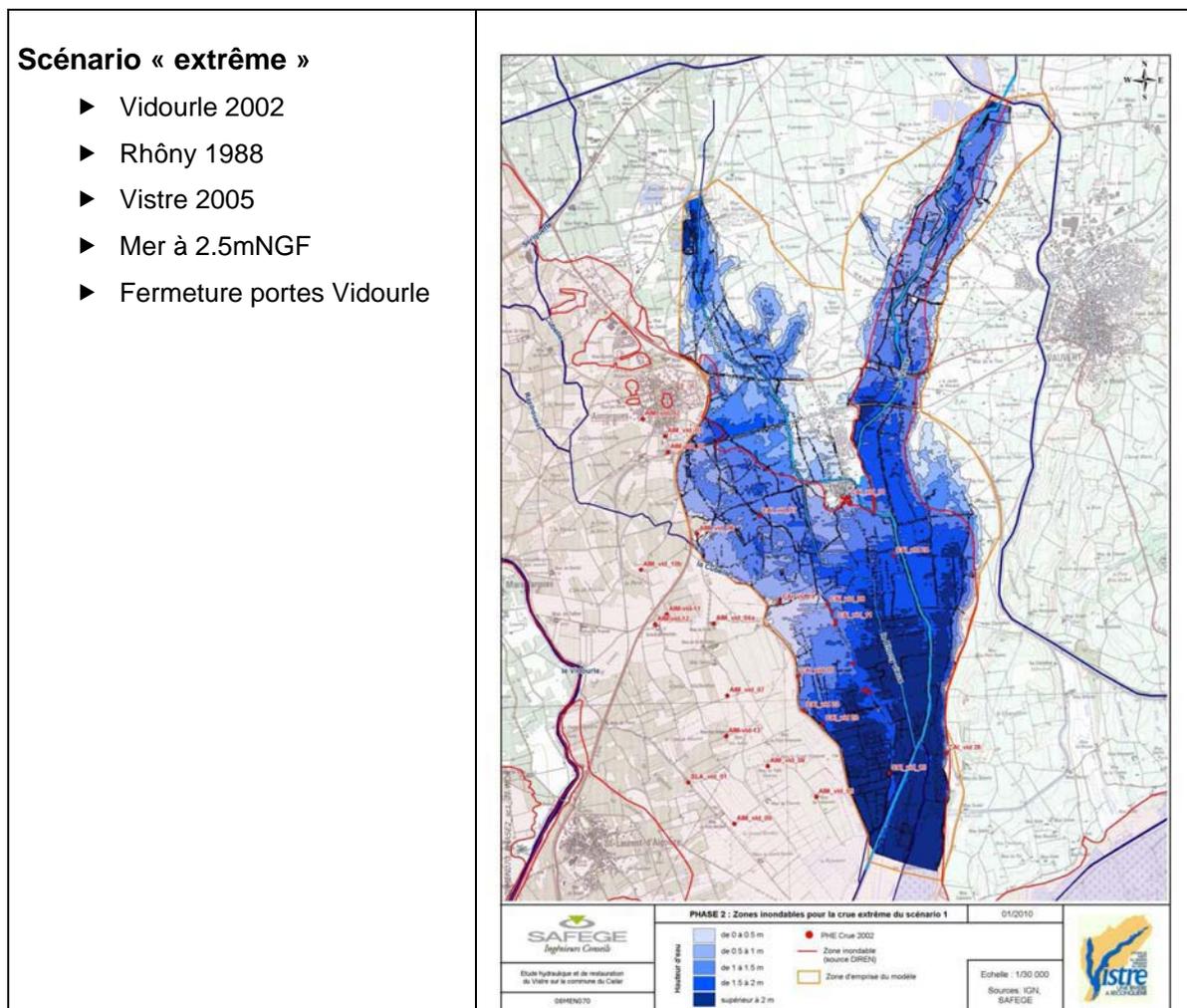
- ▶ Octobre 1988 sur le Rhony
- ▶ Septembre 2002 sur le Vidourle
- ▶ Crue centennale du Vistre.

Chaque scénario hydrologique est modélisé avec une influence marine calée à 1mNGF.

En ce qui concerne les digues de protection des lieux habités, deux cas de figure sont examinés:

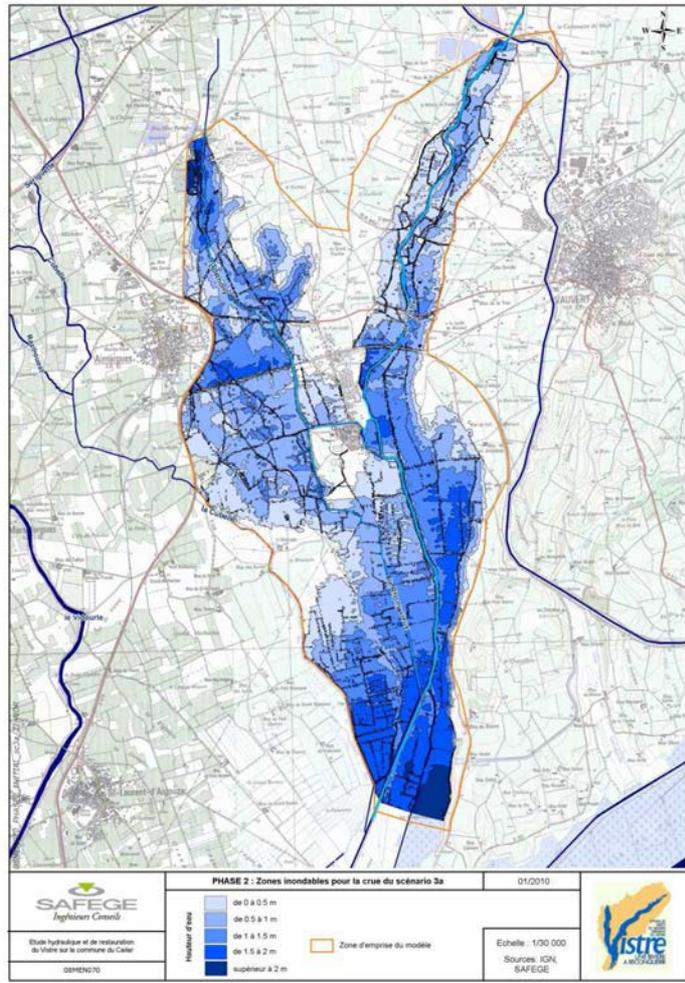
- ▶ cas 1 : digues actuelles prises en compte,
- ▶ cas 2 : digues du centre ville résistantes, effacement des digues du Vistre, ruptures et surverses sur tout le linéaire des digues du Rhony.

La figure ci-après présente à titre indicatif un des scénario



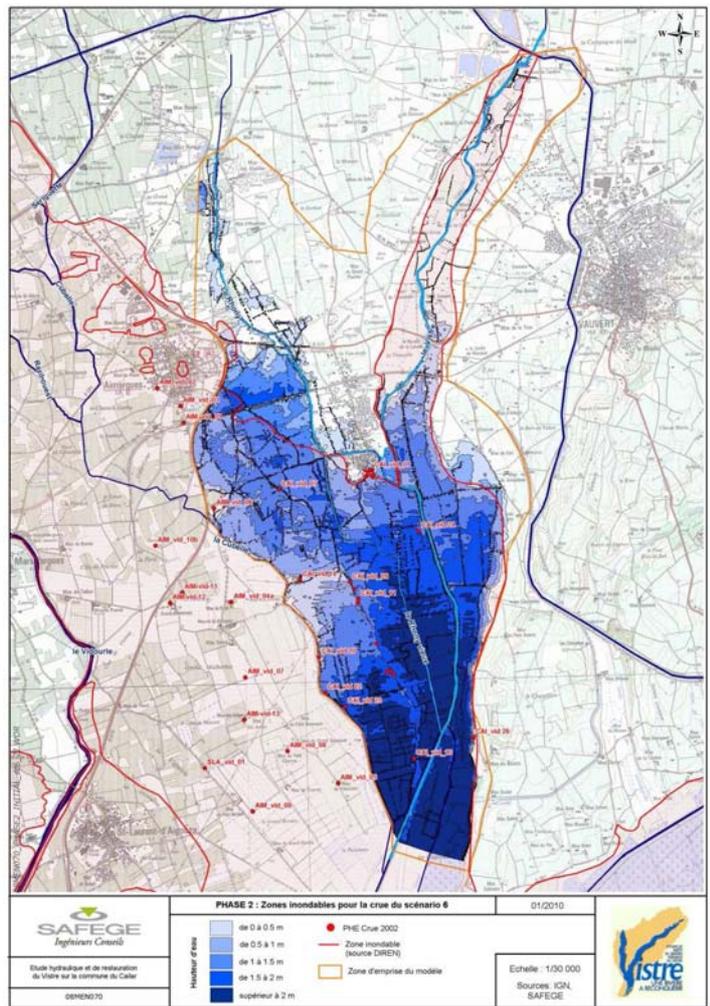
**Scénario « 1988 »**

- ▶ Rhône 1988
- ▶ Vistre à 200 m<sup>3</sup>/s
- ▶ Mer à 2.5mNGF



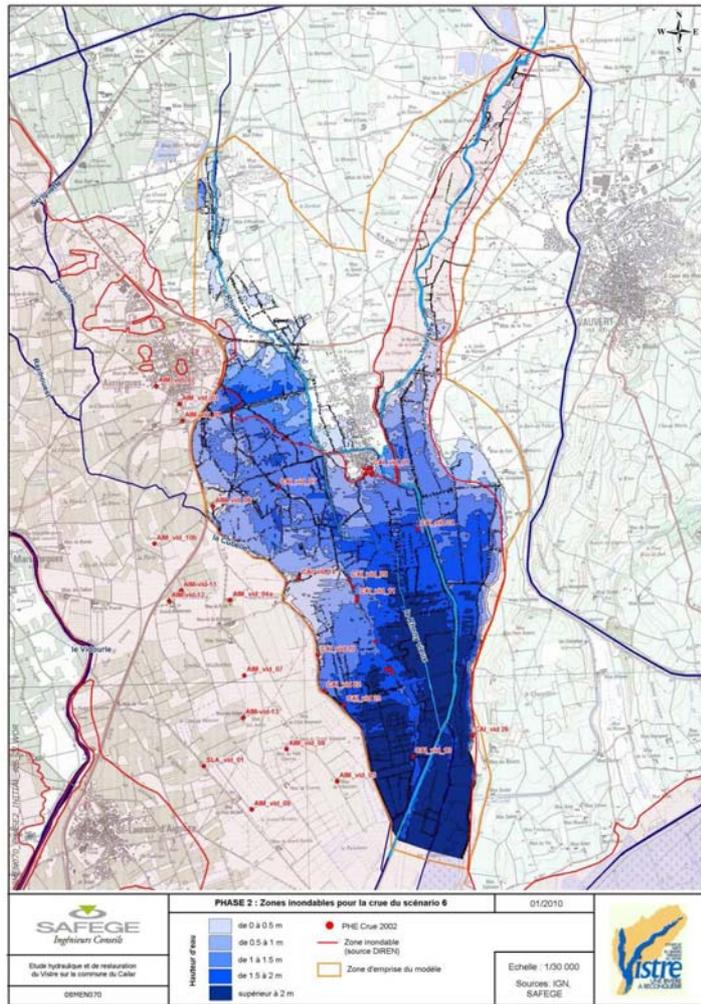
**Scénario « 2002 »**

- ▶ Vidourle 2002
- ▶ Rhône Q100
- ▶ Vistre Q10
- ▶ Mer à 1mNGF
- ▶ Fermeture portes Vidourle



**Scénario « Vistre 400 m<sup>3</sup>/s »**

- ▶ Rhône Q100
- ▶ Vistre 400m<sup>3</sup>/s
- ▶ Mer à 2.5mNGF

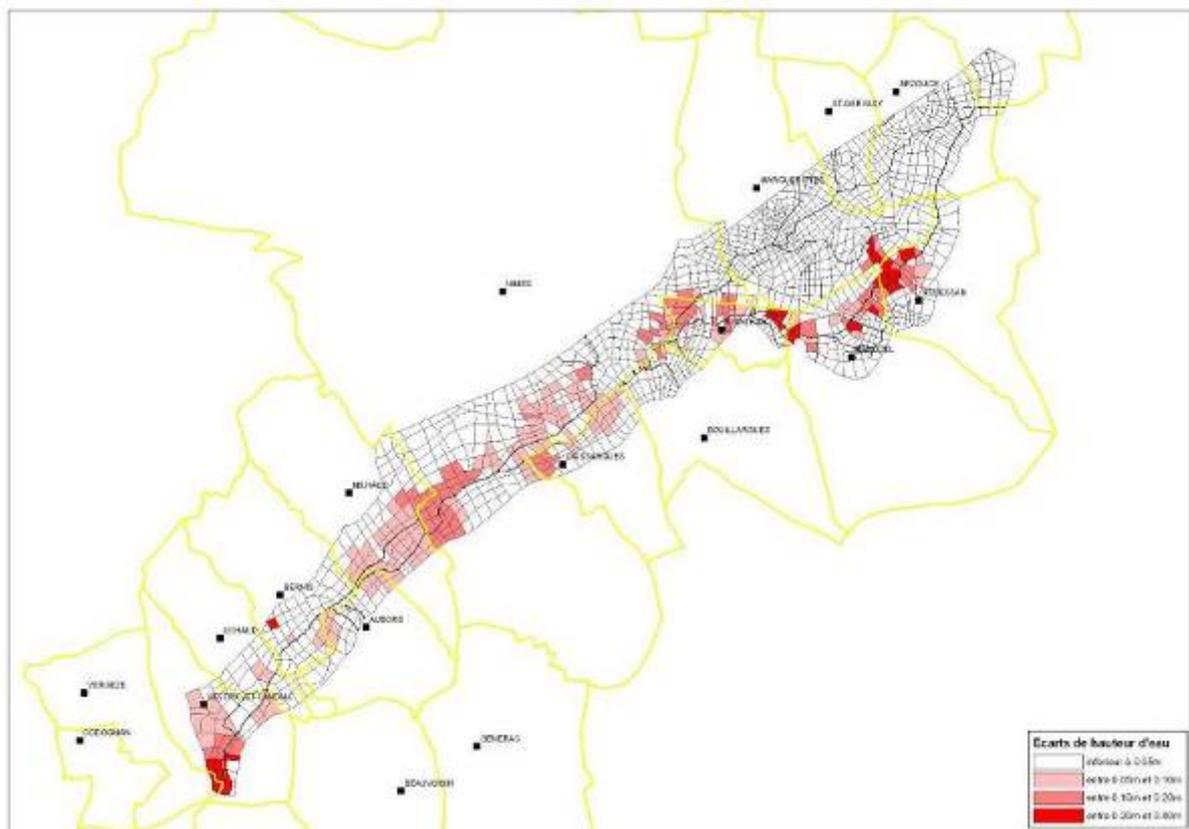


## 2.4.4 Calage sur la crue de 2005

L'analyse préalable des PHE permet d'écartier les repères « douteux » pour le calage de la crue de septembre 2005. Le calage repose ensuite sur deux catégories de PHE : les « validées », qui sont jugées fiables et qu'on analysera en priorité, et les « incertaines », pour lesquelles un doute est permis et un regard plus critique sera porté lors de la comparaison avec les cotes d'eau calculées.

### *Test de sensibilité sur les coefficients de rugosité*

**En lit mineur :** la rugosité initialement fixée à 20 a été remontée à 30, ce qui est relativement élevé pour ce type de lit mineur. Les variations obtenues sur les hauteurs d'eau calculées sont cartographiées ci-dessous et montrent que le réglage de ce paramètre affecte peu les résultats (variations généralement inférieures à 20cm).

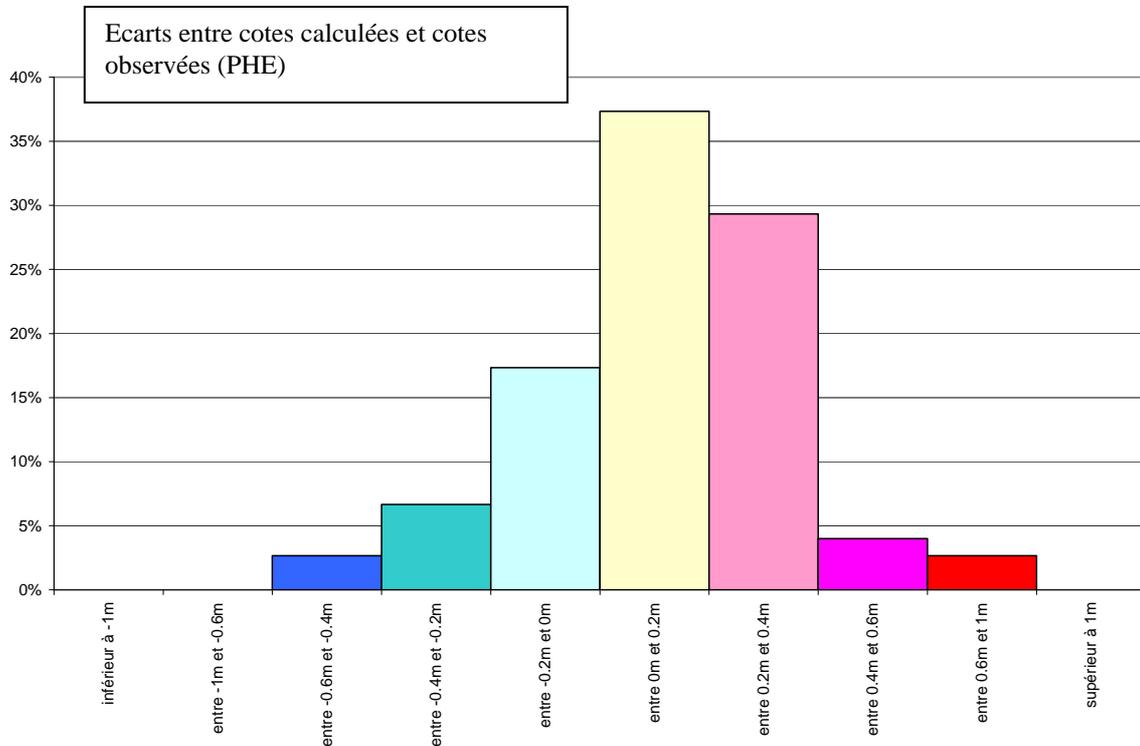




### Résultats du calage

Les tests de calage ont principalement portés sur des paramètres hydrologiques (réglage des hydrogrammes).

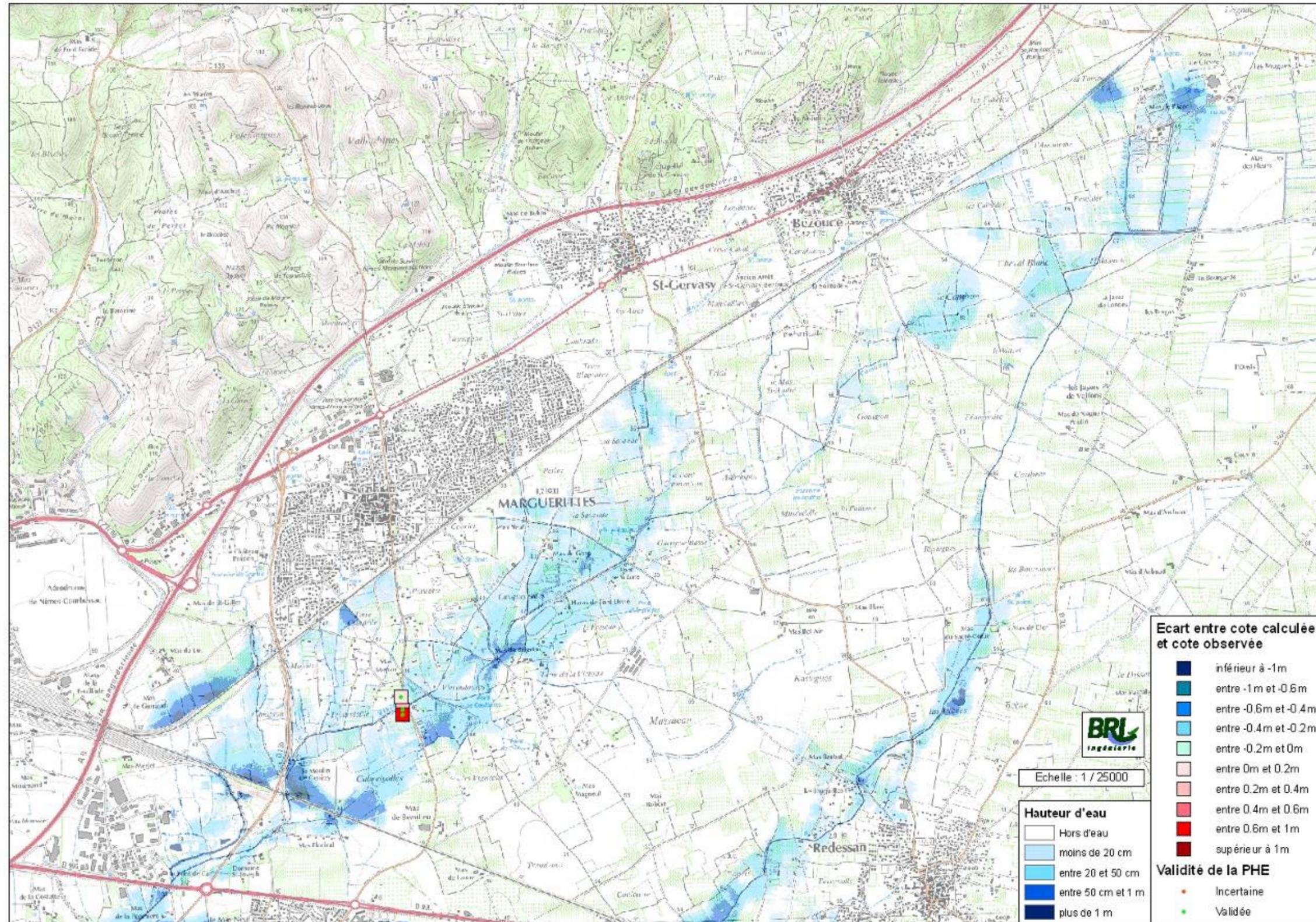
Après avoir écarté les écarts entre cote calculées et cote observée (PHE) expliqués (26), les écarts restants (75) peuvent être classés de la manière suivante :

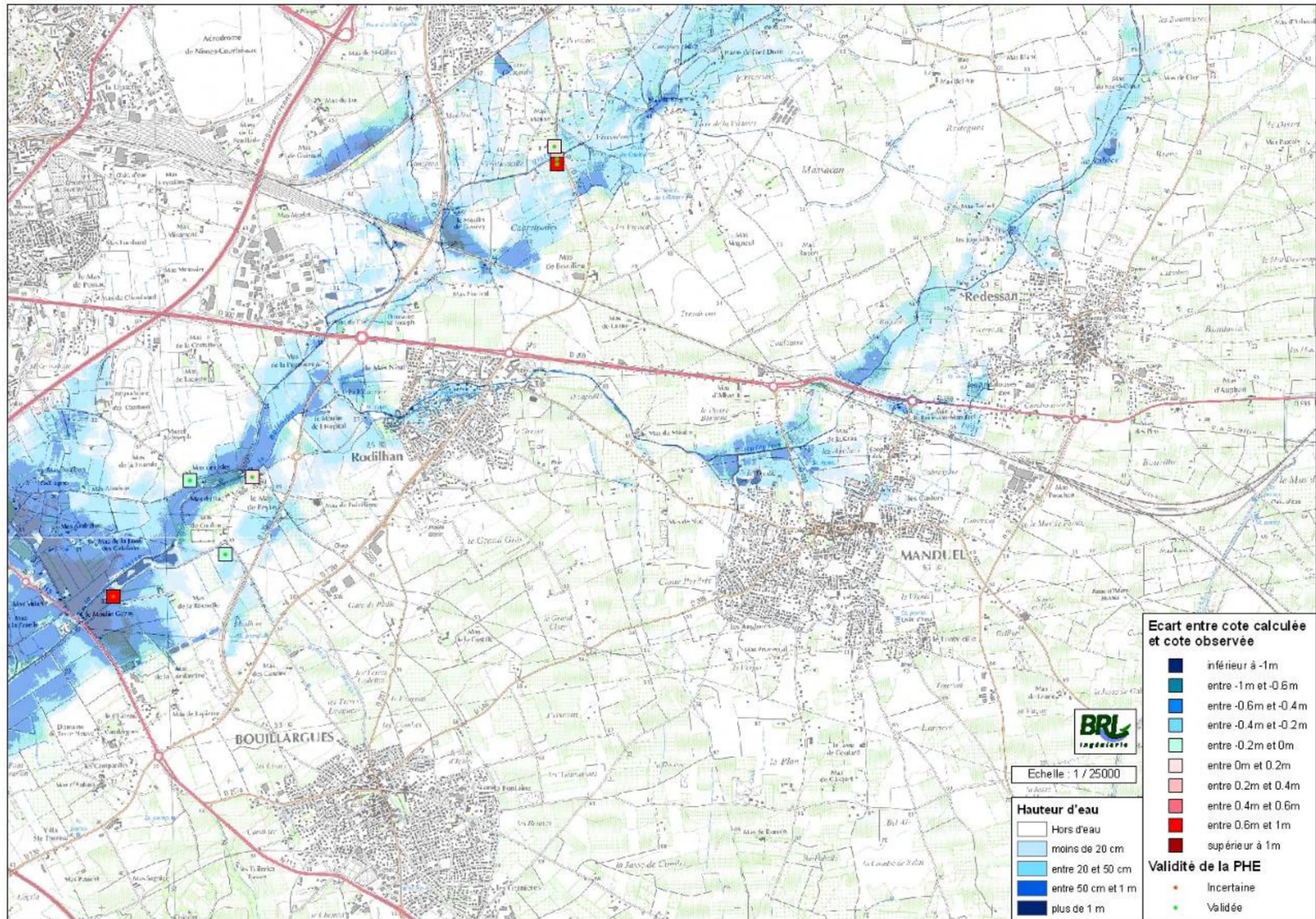


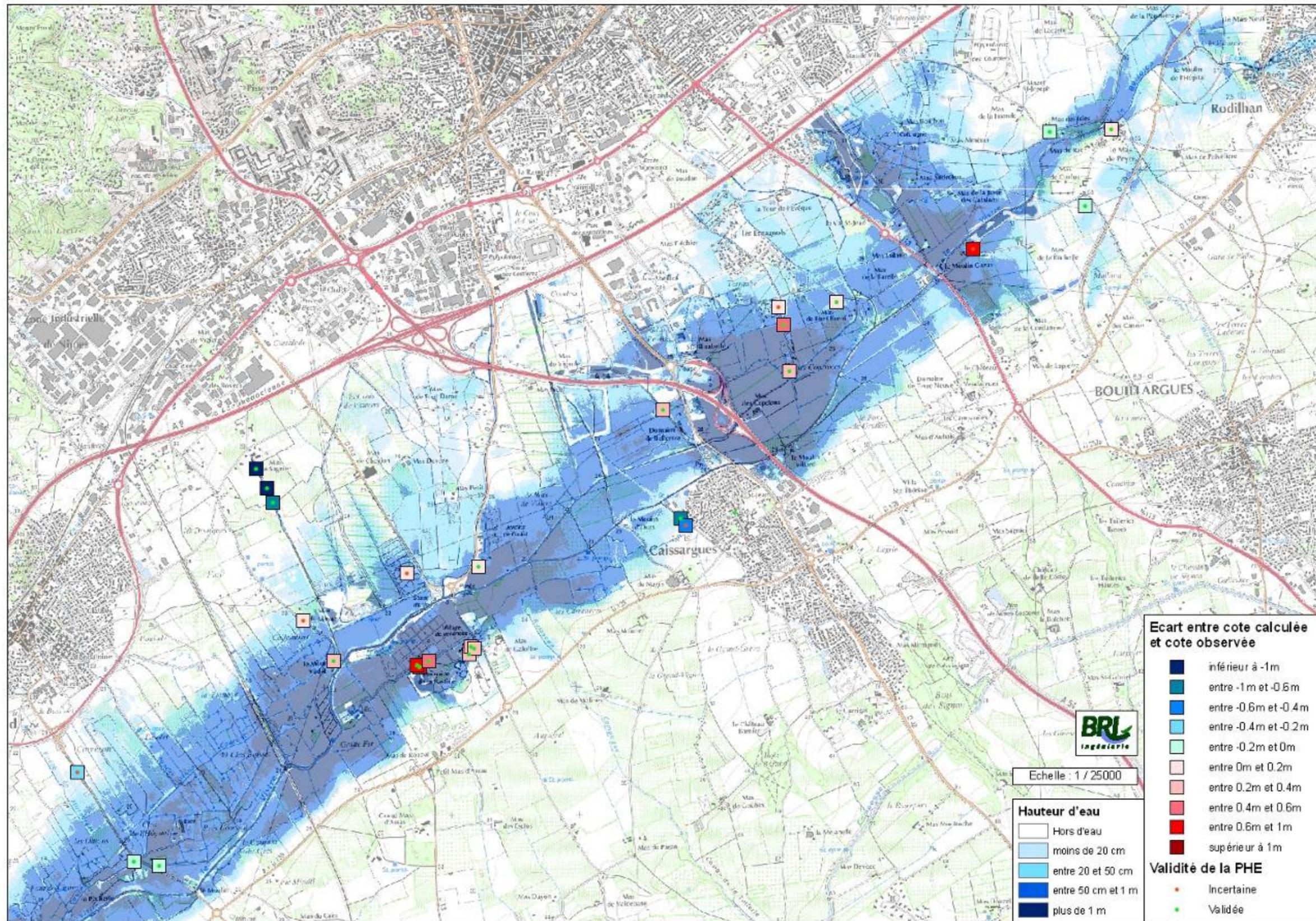
### Analyse spatiale des écarts observés

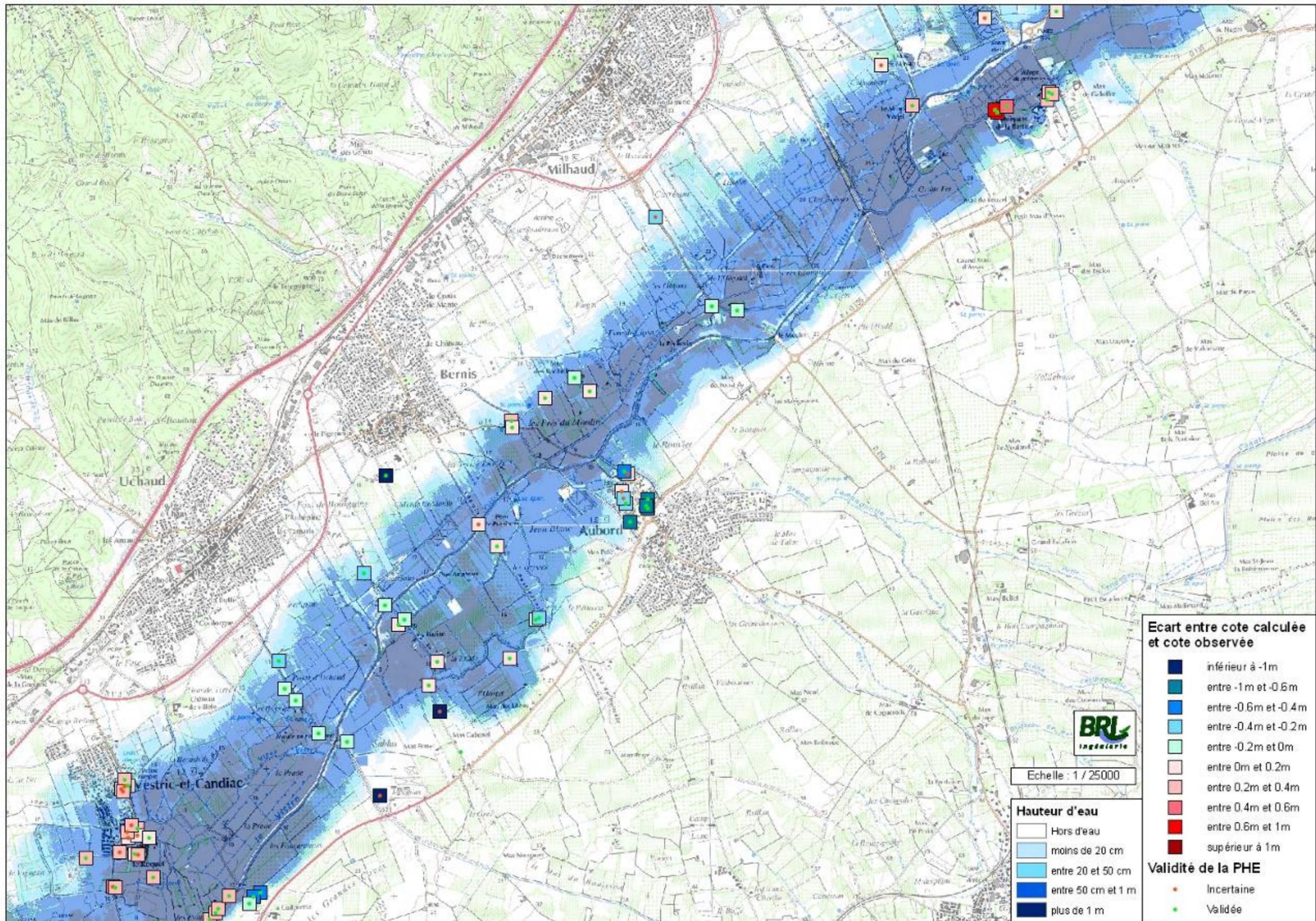
Les vues ci-après permettent de visualiser la zone inondable obtenue pour la crue 2005 calée, ainsi que les écarts obtenus entre les cotes observées et les cotes calculées. (Les écarts importants expliqués, notamment par la présence d'écoulements latéraux à la plaine du Vistre et non modélisés dans le modèle plaine, ont été conservés dans cette analyse).

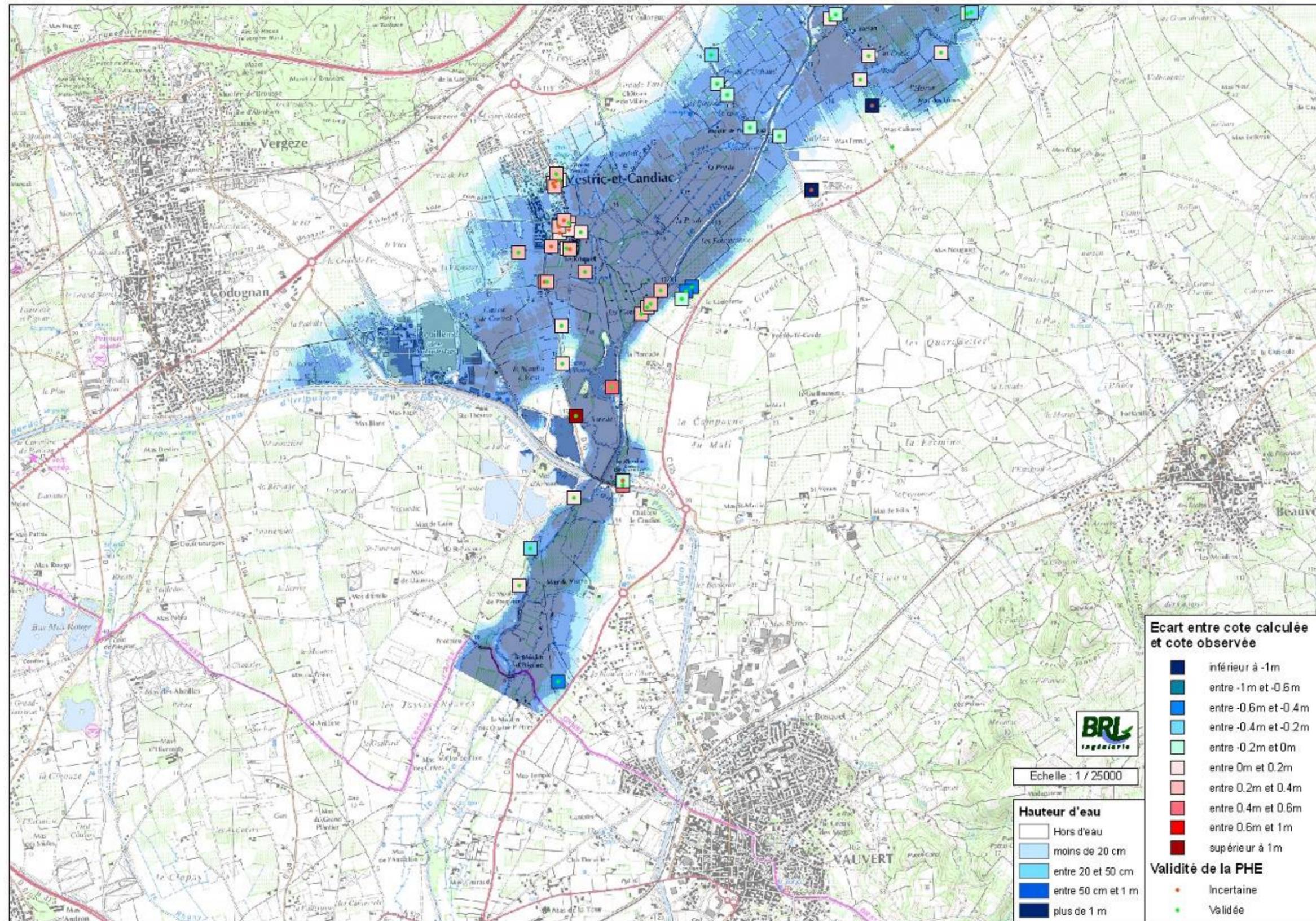












## CONCLUSION SUR LE CALAGE

Le calage sur les repères de la crue du 8 septembre 2005 est considéré comme satisfaisant.

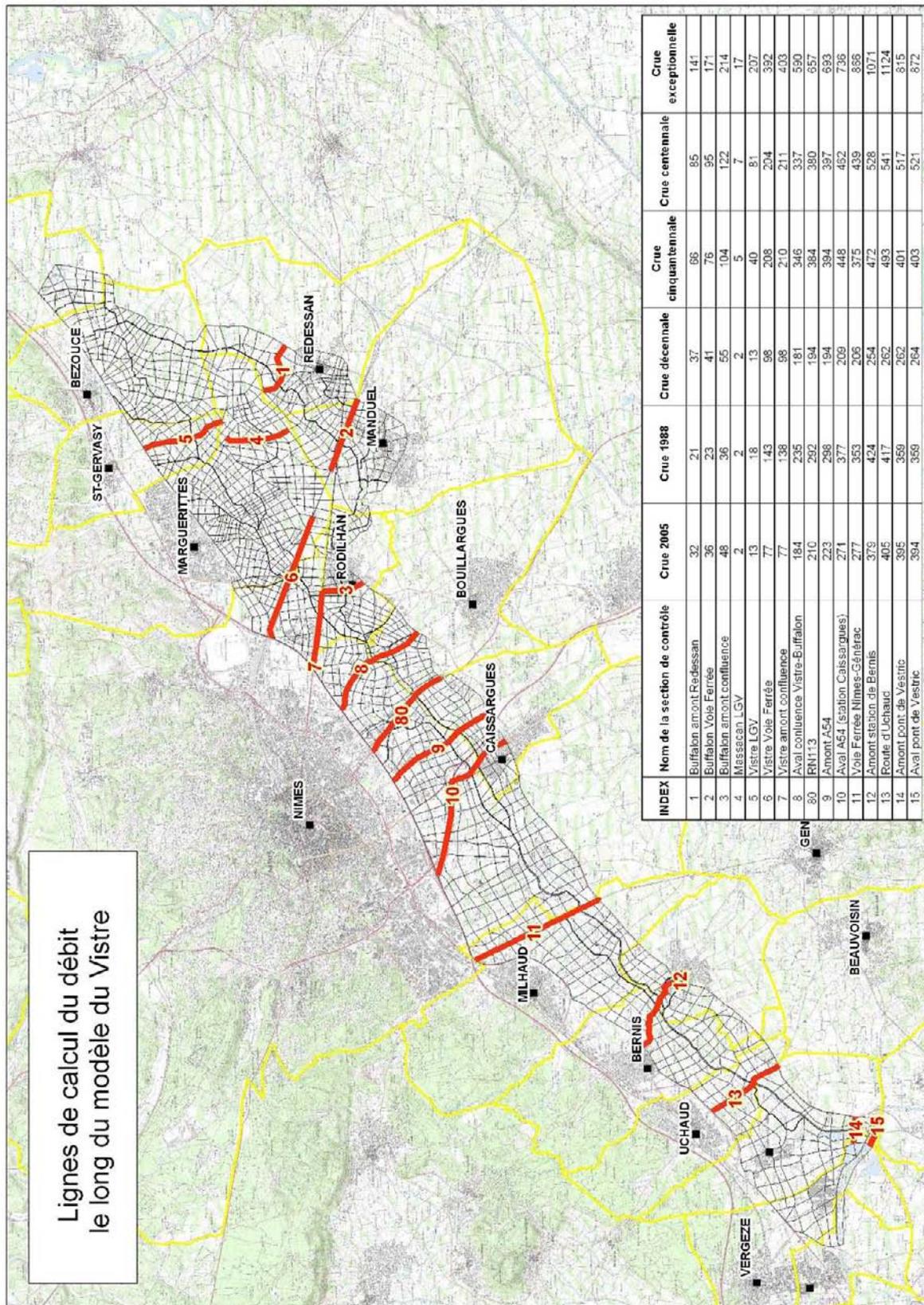
Les repères de PHE pour les crues de 1988, 2002 et 2003 sont trop peu nombreux (Cf. tableau § 221) pour envisager un calage complémentaire.

### 2.4.5 Résultats des simulations

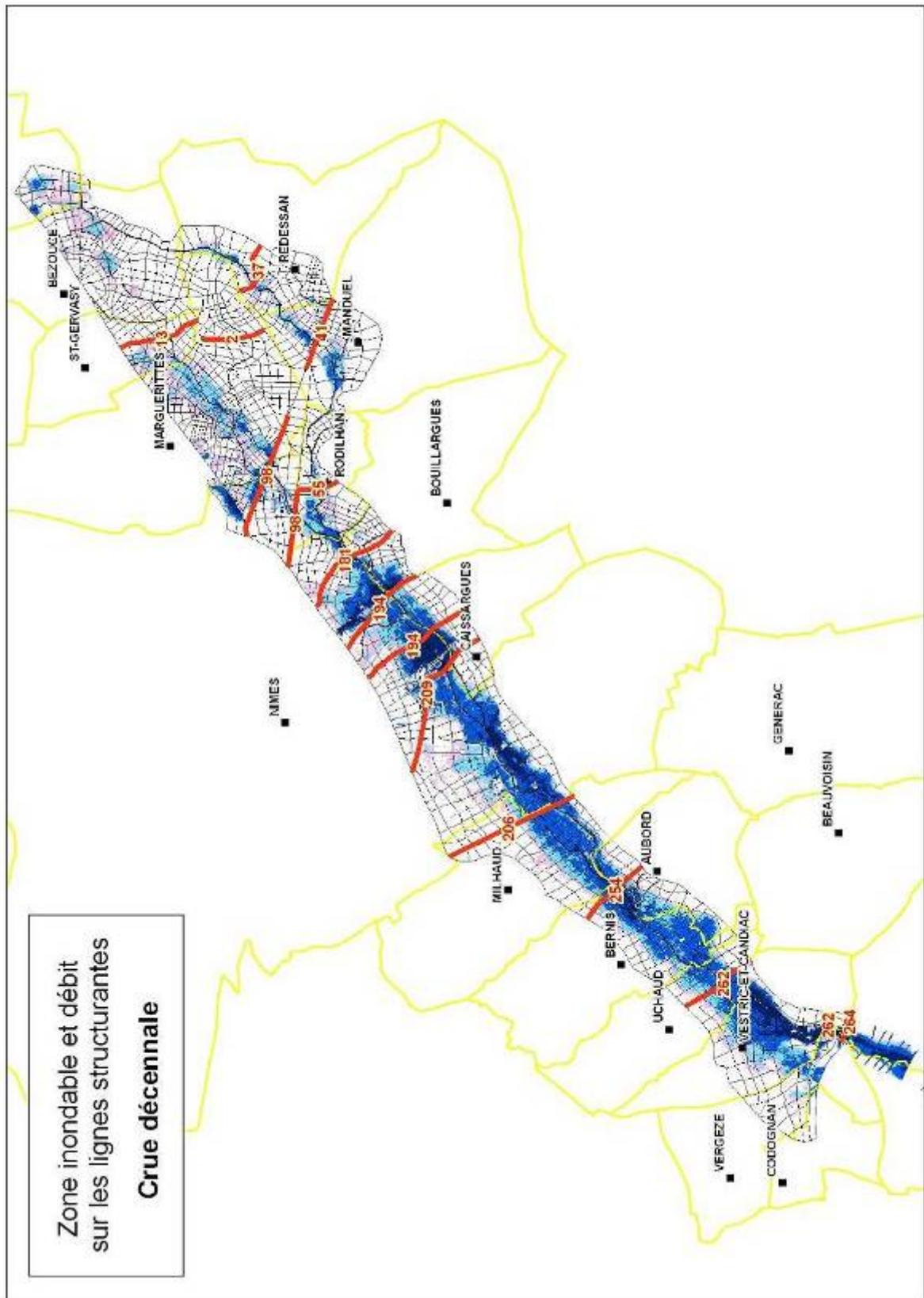
Les débits transitant le long du Vistre et du Buffalon sont présentés en différents points au droit de lignes de calcul correspondant généralement aux lignes structurantes (routes et voies ferrées).

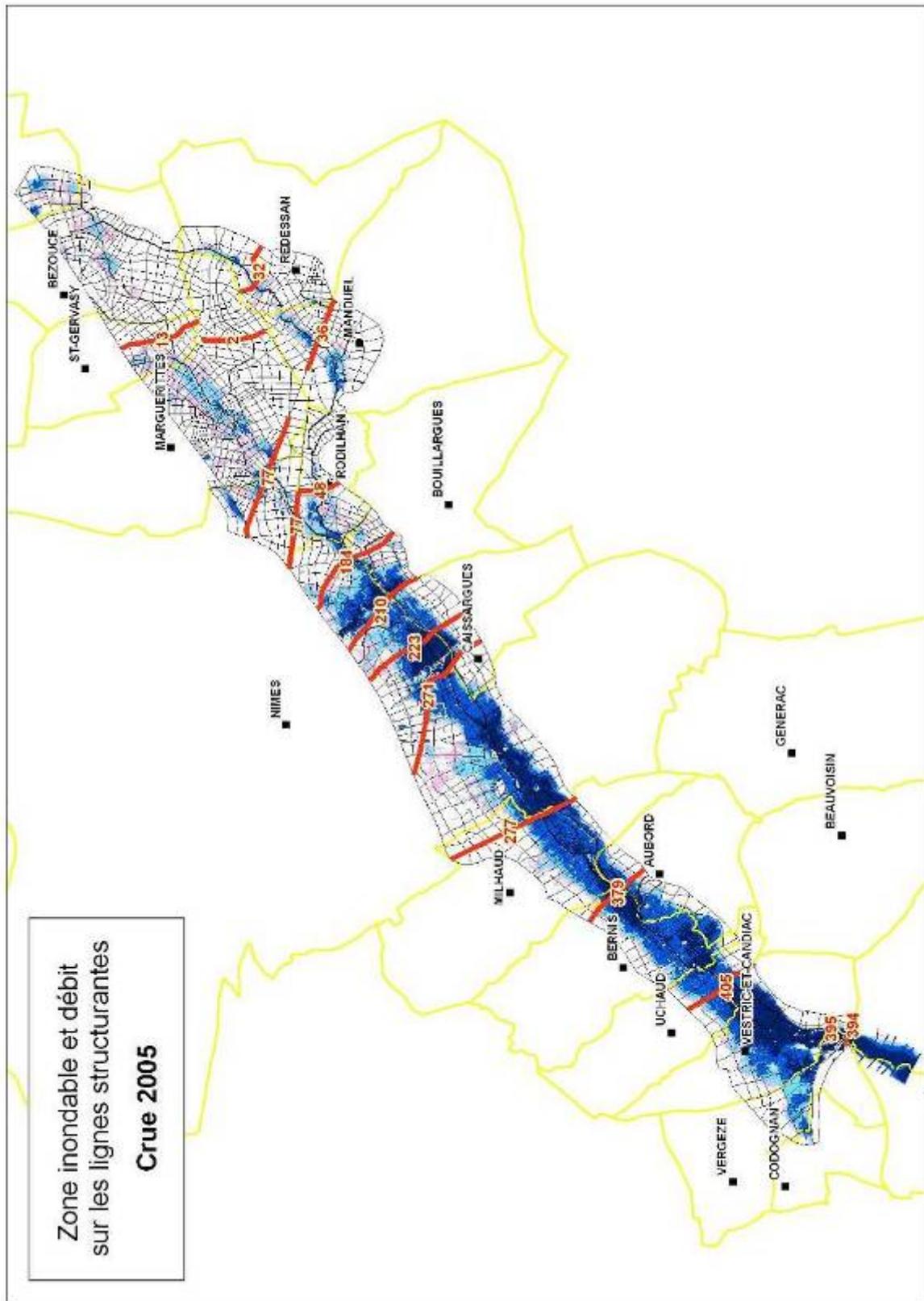
Les débits et zones inondées obtenus sont figurés et synthétisés sur les cartes ci-après.

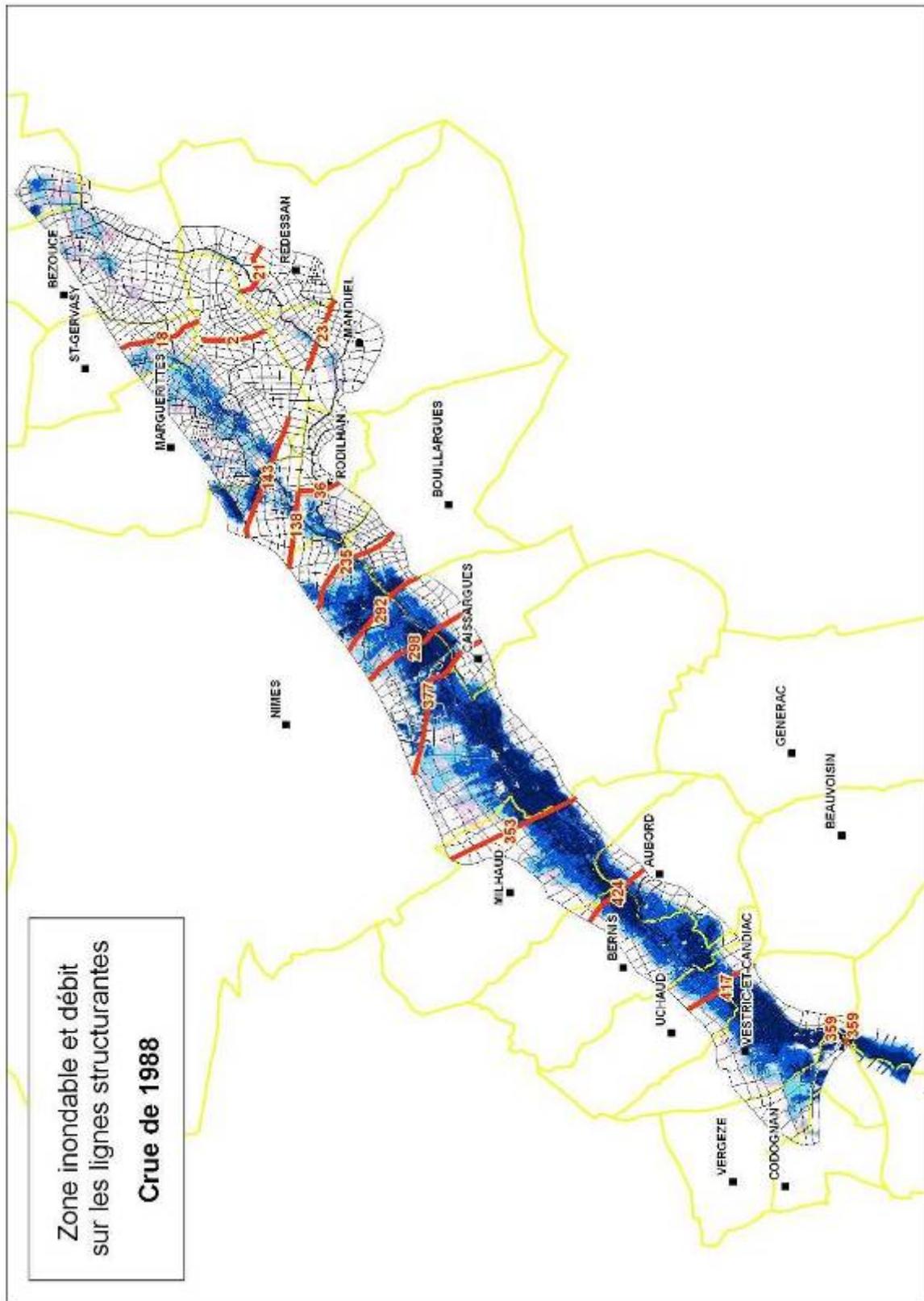
Les hydrogrammes correspondants sont fournis en annexe 3.

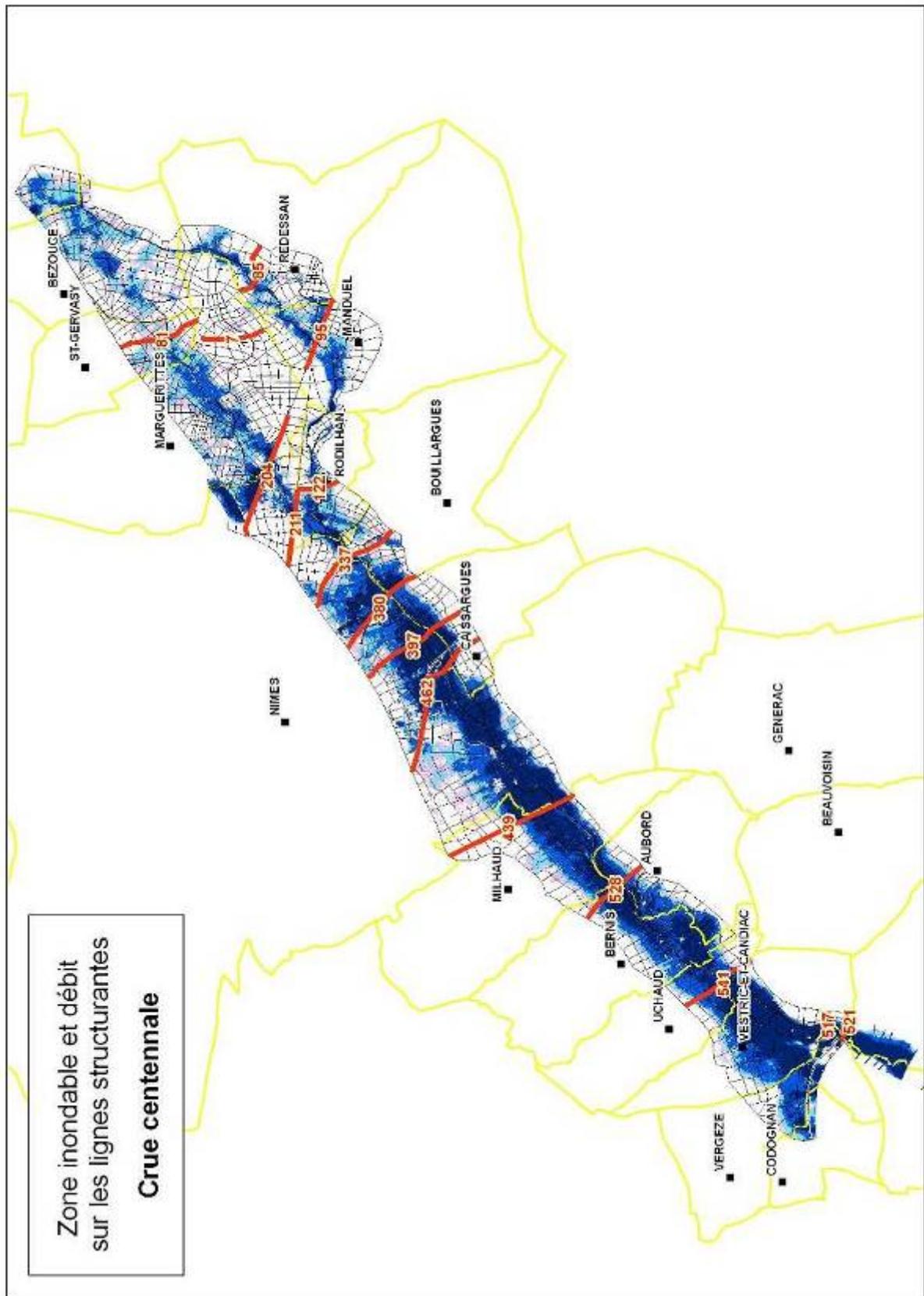


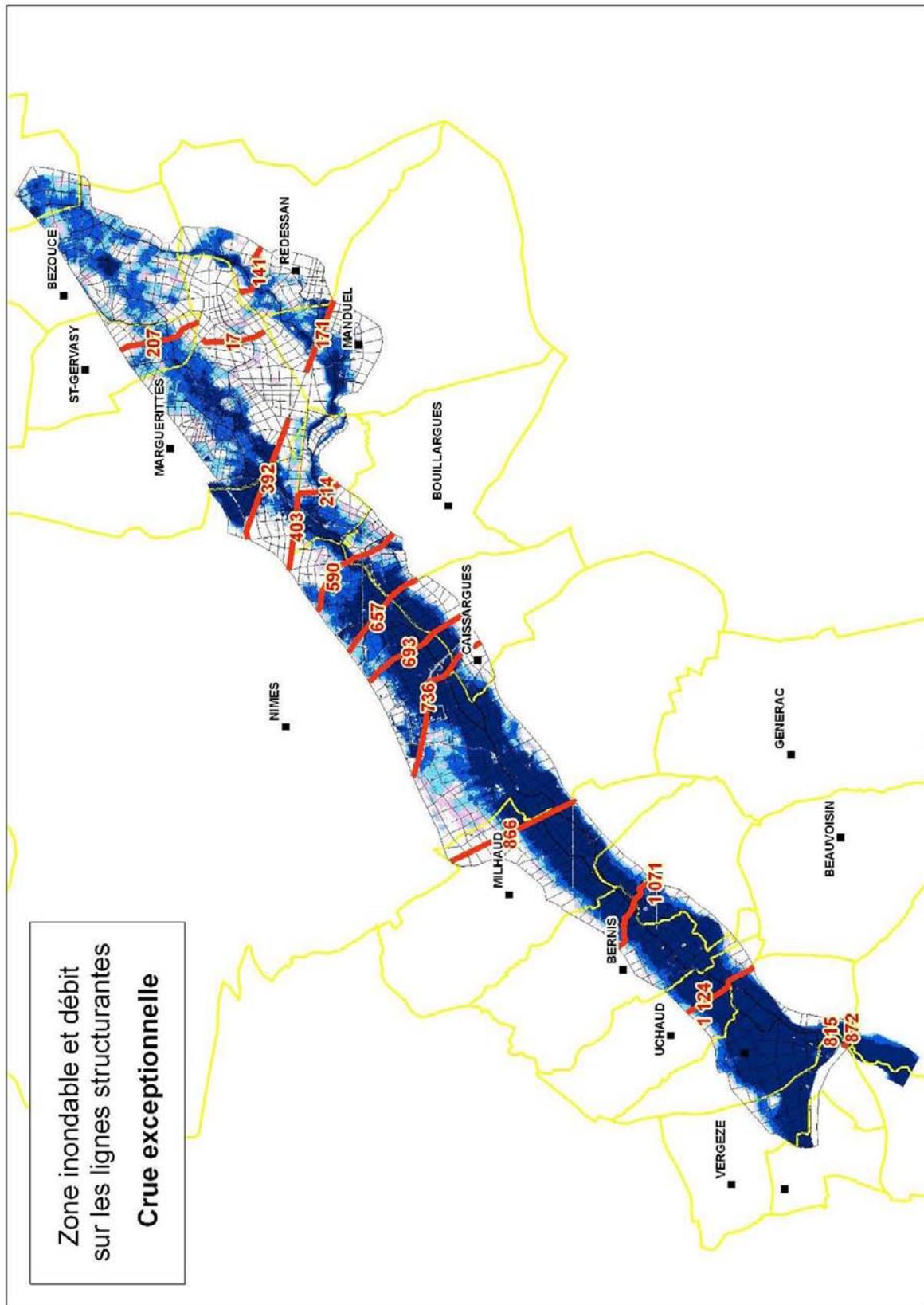
| INDEX | Nom de la section de contrôle  | Crue 2005 | Crue 1988 | Crue décennale | Crue cinquantennale | Crue centennale | Crue exceptionnelle |
|-------|--------------------------------|-----------|-----------|----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| 1     | Buffalon amont Redessan        | 32        | 21        | 37             | 66                  | 85              | 141                 |
| 2     | Buffalon Voie Ferrée           | 36        | 23        | 41             | 76                  | 95              | 171                 |
| 3     | Buffalon amont confluence      | 48        | 36        | 55             | 104                 | 122             | 214                 |
| 4     | Massacaa LGSV                  | 2         | 2         | 2              | 5                   | 7               | 17                  |
| 5     | Vistre LGSV                    | 13        | 18        | 13             | 40                  | 81              | 207                 |
| 6     | Vistre Voie Ferrée             | 77        | 143       | 98             | 208                 | 204             | 352                 |
| 7     | Vistre amont confluence        | 77        | 138       | 98             | 210                 | 211             | 403                 |
| 8     | Aval confluence Vistre-uffalon | 184       | 235       | 181            | 346                 | 337             | 590                 |
| 9     | Amont A54                      | 223       | 292       | 194            | 384                 | 390             | 657                 |
| 10    | Aval A54 (station Caissargues) | 271       | 377       | 269            | 448                 | 462             | 736                 |
| 11    | Voie Ferrée Nîmes-Générac      | 277       | 353       | 206            | 375                 | 439             | 855                 |
| 12    | Amont station de Bernis        | 379       | 424       | 254            | 472                 | 528             | 1071                |
| 13    | Route d'Uchaud                 | 405       | 417       | 262            | 493                 | 541             | 1124                |
| 14    | Amont pont de Vestric          | 395       | 359       | 262            | 401                 | 517             | 815                 |
| 15    | Aval pont de Vestric           | 394       | 359       | 264            | 403                 | 521             | 872                 |











La crue centennale est donc plus débordante que les crues historiques majeures récentes de 1988 et 2005, qui ont sensiblement les mêmes niveaux d'aléa entre elles à partir de l'aval de Nîmes.

La crue de 2005 peut être qualifiée en termes d'occurrence de la manière suivante :

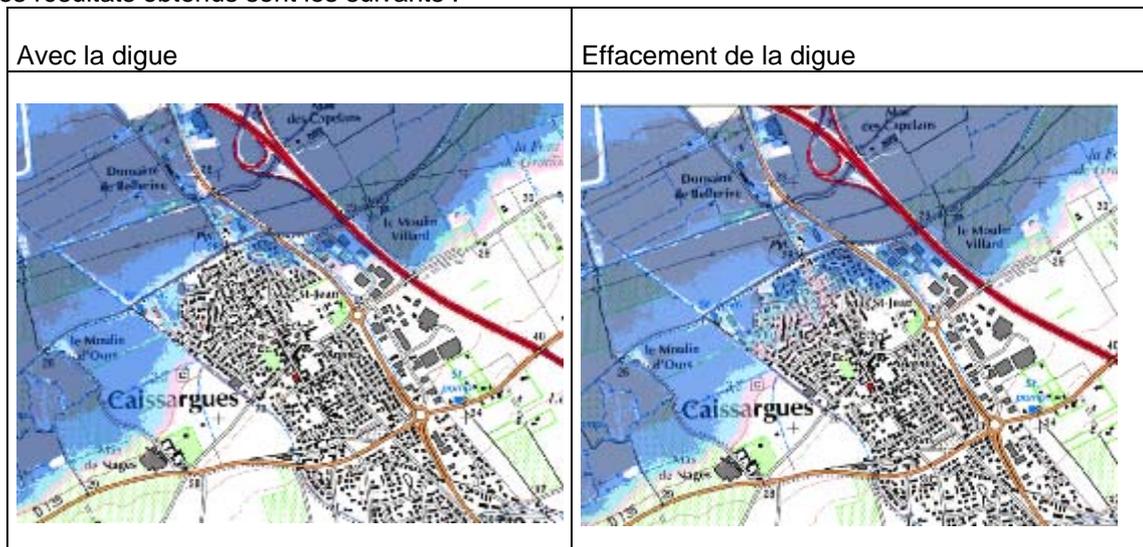
- ▶ Légèrement inférieure à la crue décennale sur le Buffalon et le Haut Vistre jusqu'à la confluence avec le Buffalon-Haut Vistre,
- ▶ Comprise entre 10 et 50 ans de la confluence Buffalon-Haut Vistre jusqu'à Uchaud
- ▶ D'occurrence 50 ans à partir de Vestric.

La crue décennale aboutit à un débit du Vistre à l'aval du modèle, au pont de Vestric, de 264 m<sup>3</sup>/s, la crue 2005 à 394 m<sup>3</sup>/s, la crue 1988 à 359 m<sup>3</sup>/s, la crue centennale à 521 m<sup>3</sup>/s.

### Scénario complémentaire d'effacement de la digue de protection de Caissargues

L'effacement de la digue de Caissargues pour la crue centennale du Vistre a été simulé en ramenant la cote du terrain naturel au droit de la digue à celle des terrains limitrophes, sur tout le linéaire de la digue, depuis l'A54 à l'amont jusqu'à la confluence avec le Mirman.

Les résultats obtenus sont les suivants :

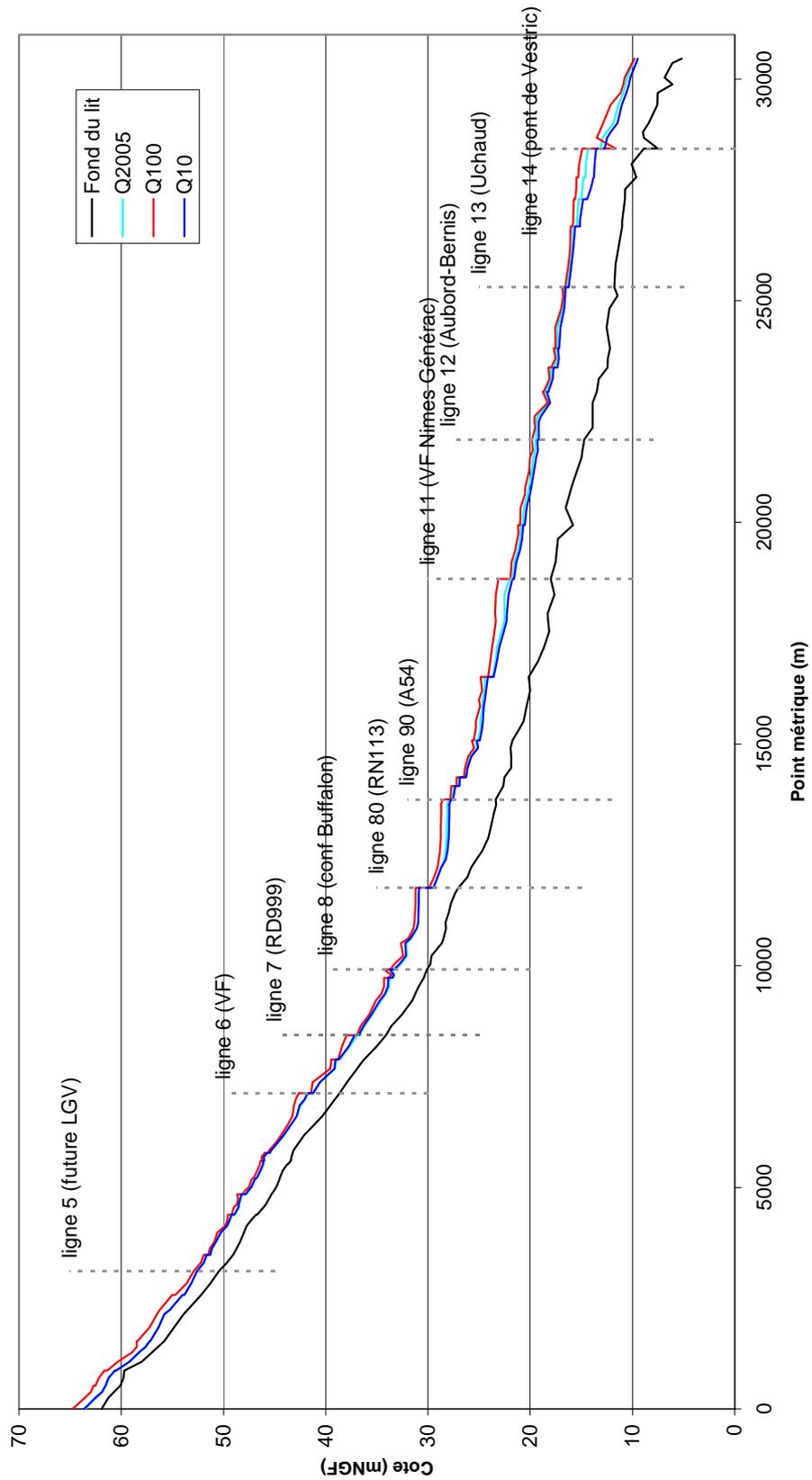


L'aléa de référence retenu sur Caissargues est le plus fort entre les 3 configurations de crue suivantes : crue centennale du Mirman, crue centennale du Vistre avec la digue, crue centennale du Vistre avec effacement de la digue.

### Analyse de l'impact des lignes structurantes

La ligne d'eau maximum du Vistre pour différentes crues modélisées est présentée sur le graphe ci-après.

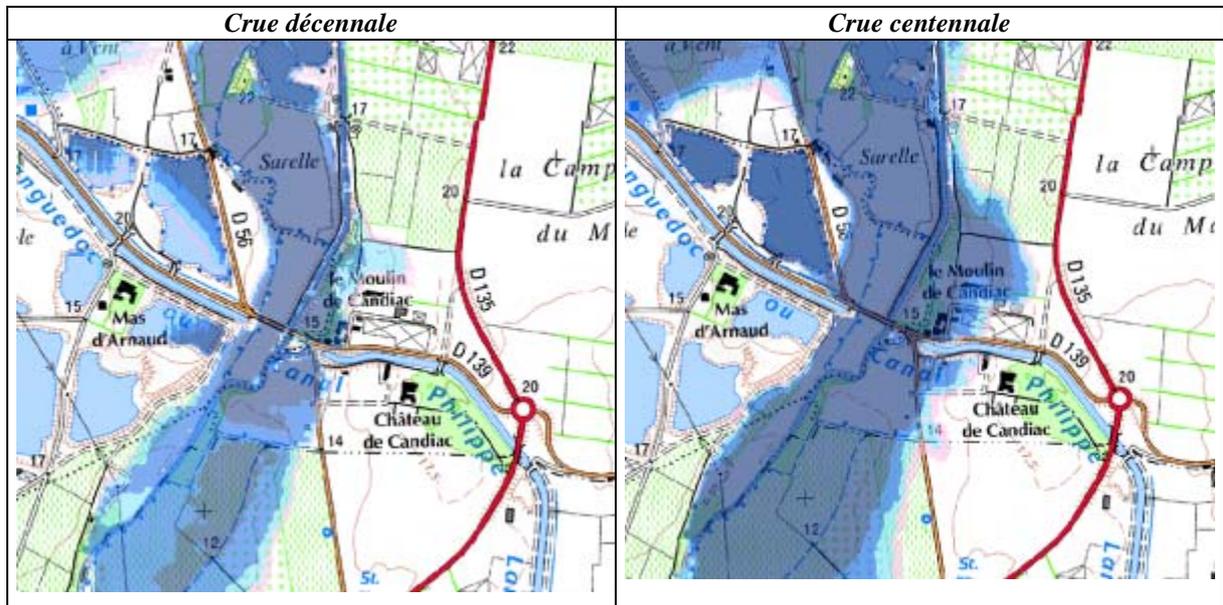
**Profil en long du Vistre**  
**Ligne d'eau maximum des différentes crues**



Le fonctionnement hydraulique des principaux ouvrages structurants est analysé ci-après.

### Pont de Vestric (ligne 14)

La totalité du débit du Vistre du secteur (limite communale de Vestric et du Cailar) passe par cet ouvrage ancien, qui comprend une section principale, 8 arches de décharge en rive droite, et 1 rive en rive gauche (bras du Moulin de Candiac).



Le pont a été modélisé pour les crues de 2005 et 1988 dans sa configuration antérieure à la crue de 2005 qui a provoqué une déstabilisation générale de l'ouvrage et une brèche.

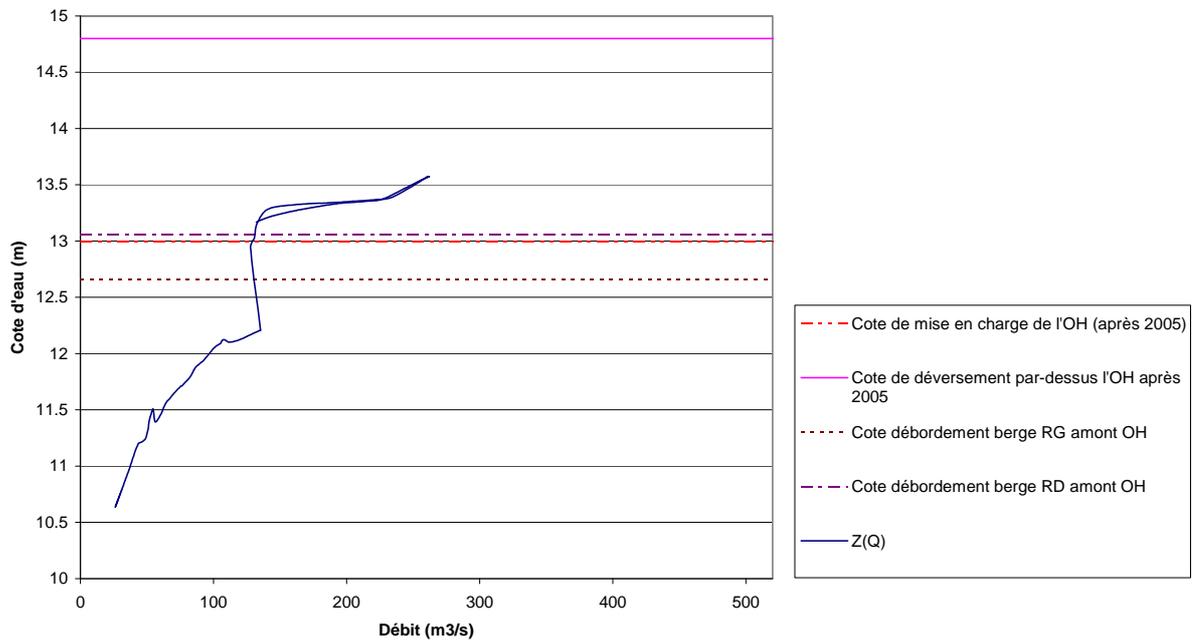
Le pont a été modélisé pour les crues 10 et 100 ans en situation actuelle, après les travaux de réparation et de confortement. La section d'écoulement du pont a été globalement assez peu modifiée lors des travaux, mais la cote de mise en charge est passée de 12,3 à 13,0 mNGF, et la cote de déversement de 13,4 à 14,8 mNGF. Le parti de modélisation du nouveau pont (qui présente un parapet pour moitié transparent) a été de prendre en compte une obstruction totale vis-à-vis des écoulements.

Les courbes présentant la cote à l'amont du pont en fonction du débit total transitant par la ligne de calcul permettent de mieux comprendre son fonctionnement.

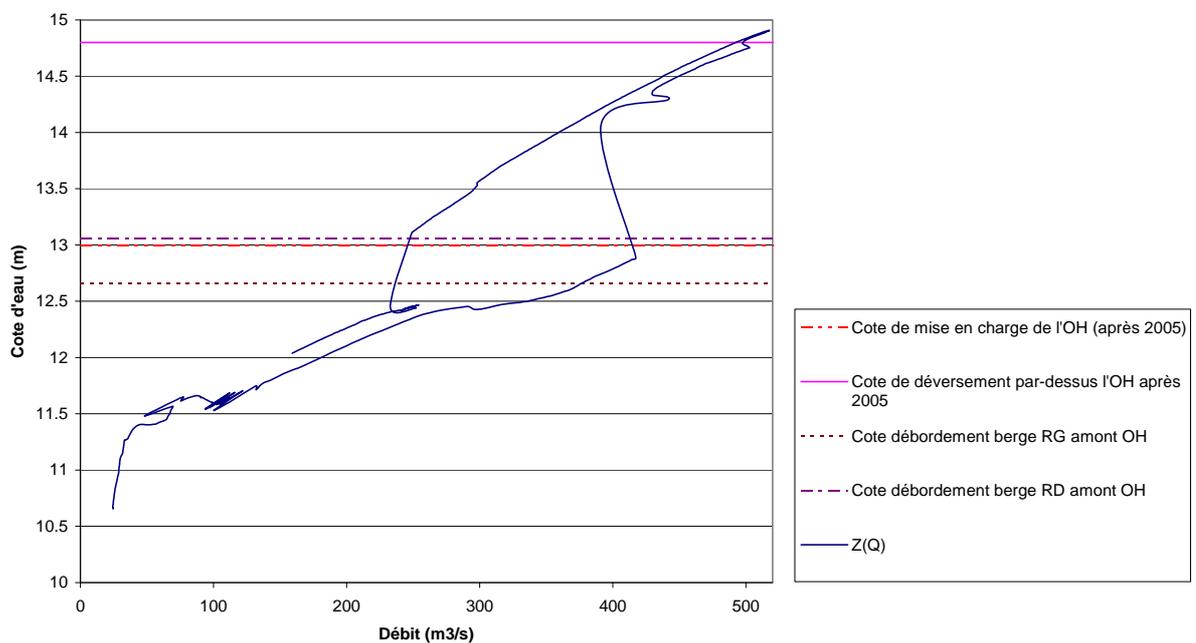
Le pont se met en charge rapidement et déverse pour la crue centennale, aux environ de  $500\text{m}^3/\text{s}$ .

Le remous en lit mineur induit par le pont de Vestric pour la crue centennale est d'environ 3.24 m.

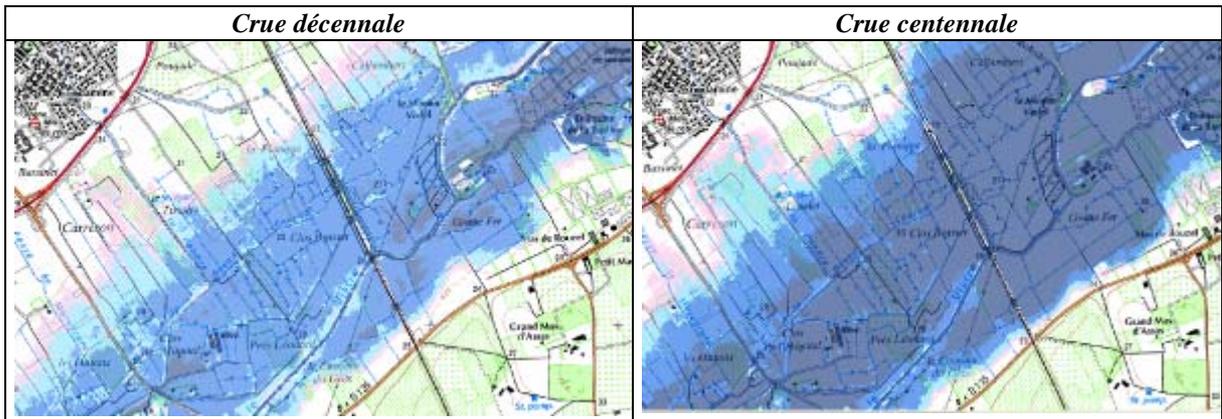
**Courbe Z(Q) 10ans amont du pont de Vestric (ligne 14)**



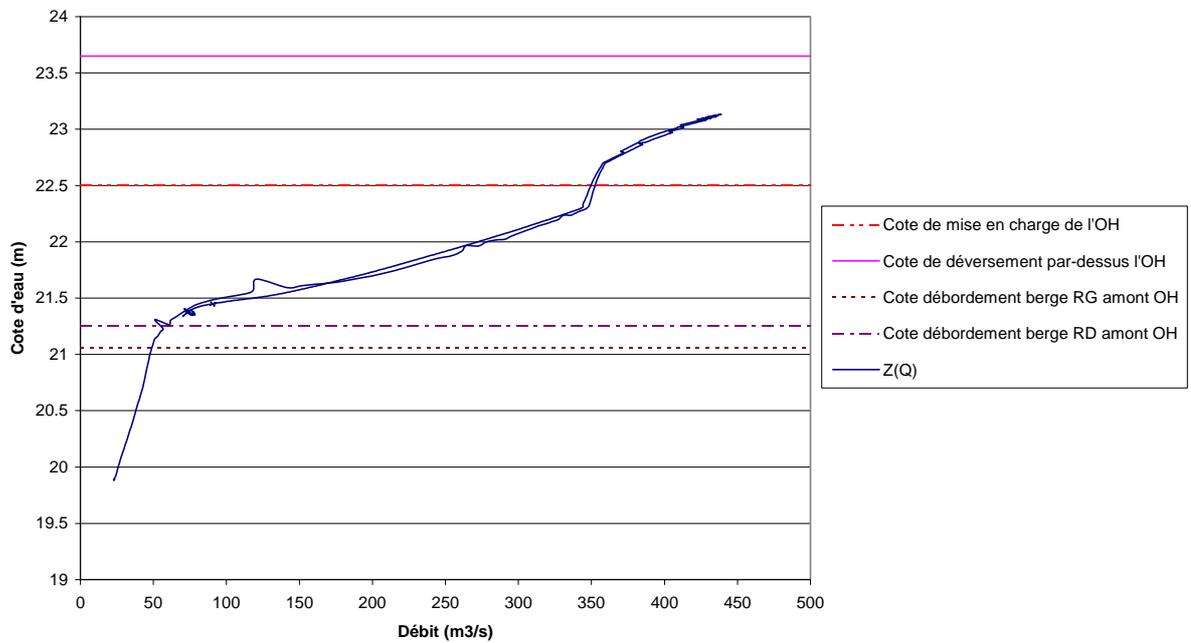
**Courbe Z(Q) 100ans amont du pont de Vestric (ligne 14)**



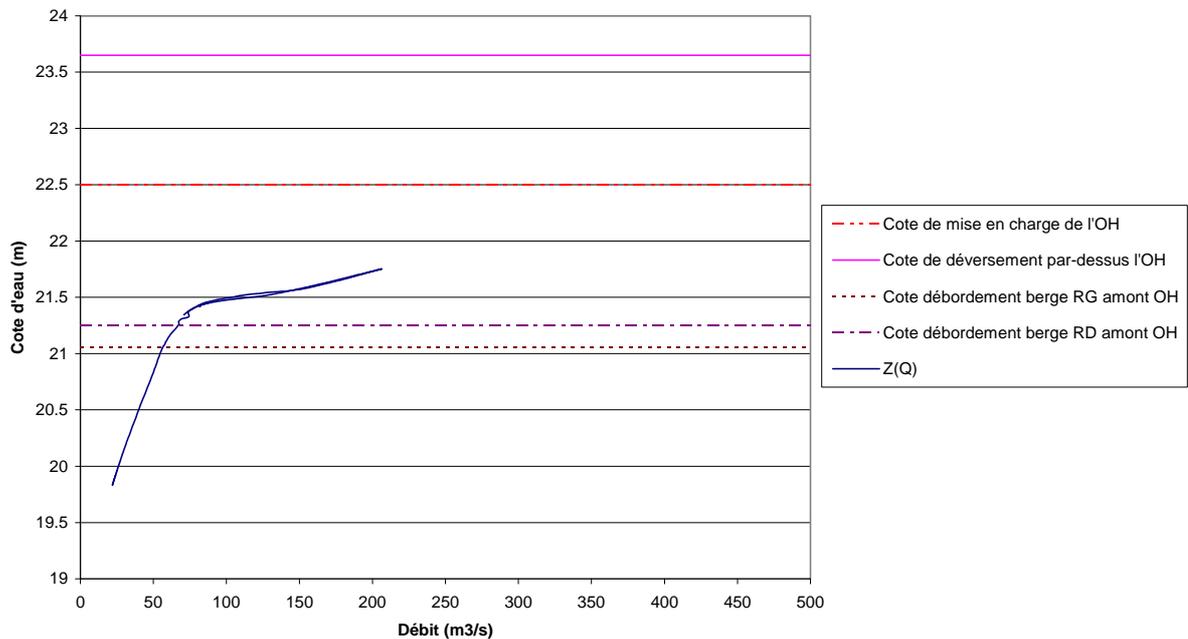
Voie ferrée Nîmes-Générac (ligne 11)



Courbe Z(Q) 100 ans Voie ferrée Nîmes Générac (ligne11)



Courbe Z(Q) 10 ans Voie ferrée Nîmes Générac (ligne11)

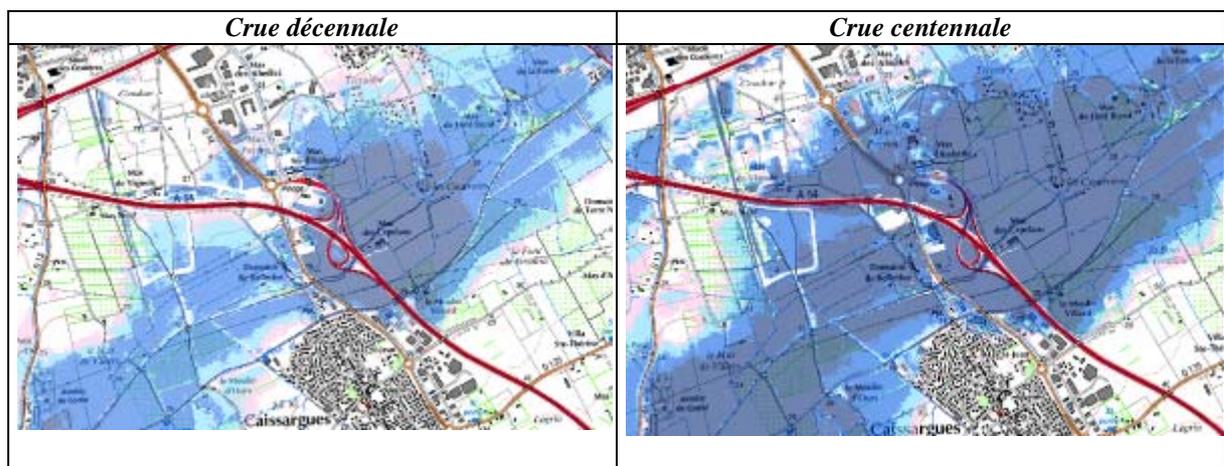


Les crues franchissent la voie ferrée en remblai par le pont principal sur le lit mineur et par 6 ouvrages de décharge répartis sur une largeur de champ majeur d'1 km (arches de plusieurs m<sup>2</sup> de section, 5 en rive droite, 1 en rive gauche).

La voie ferrée n'est jamais déversante, mais l'ouvrage principal passe en charge à partir de 350 m<sup>3</sup>/s.

Le remous en lit mineur induit par la voie ferrée Nîmes-Générac pour la crue centennale est d'environ 1.18 m.

**Autoroute A54**



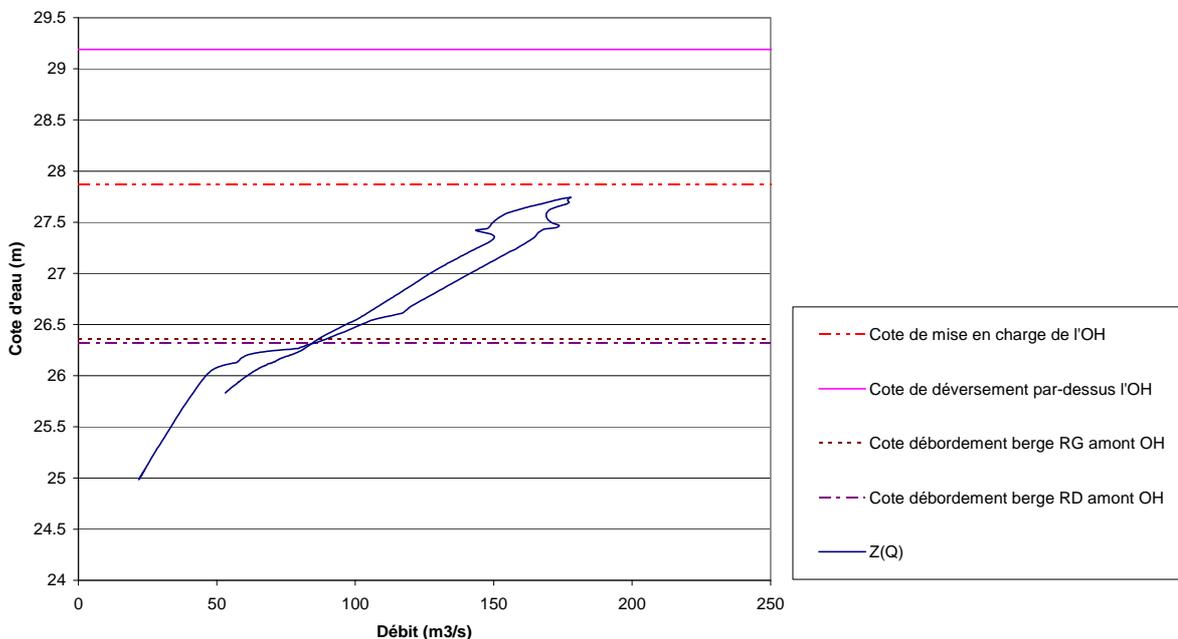
L'autoroute A54 située environ 300 m à l'amont de la RD42 n'est pas inondée par la crue centennale sur tout son linéaire. Elle est successivement franchie de l'ouest vers l'est par : 2 ouvrages reprenant les apports pluviaux de Ville Active, le cadereau d'Alès, 2 ouvrages situés à proximité du giratoire du péage, le passage routier de la RD42, puis les 2 ouvrages des 2 bras du Vistre.

La RD 42 n'est pas submergée par les crues du Vistre au sud de l'autoroute, mais est inondée par la crue centennale plus loin en rive droite, dans le secteur du giratoire du péage de l'autoroute.

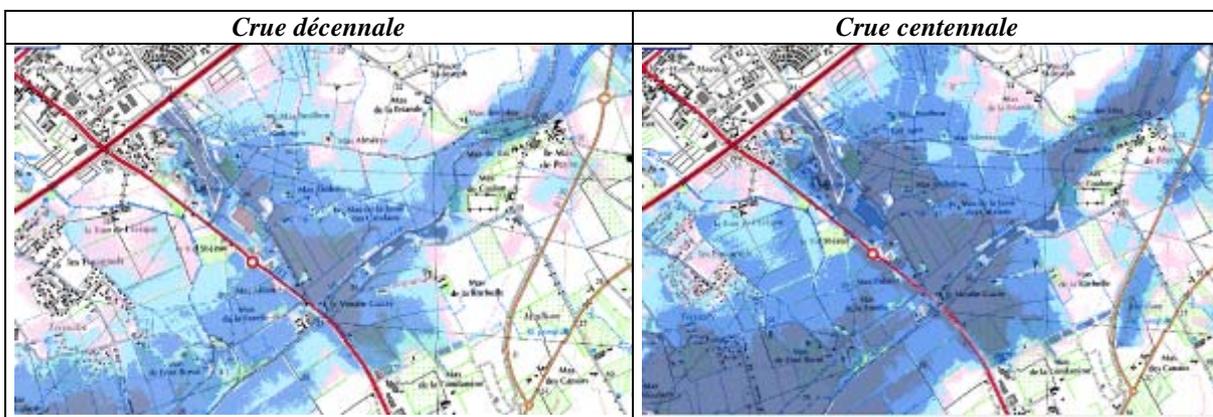
Le remous en lit mineur induit par l'A54 pour la crue centennale est d'environ 0.67 m.

Le fonctionnement hydraulique du secteur est complexe, du fait de la présence de l'A54 et de la RD42 en remblais, de l'endiguement important des lits mineurs, de la multitude des ouvrages et des apports provenant des cadereaux de Nîmes qui se répartissent de manière complexe en rive droite.

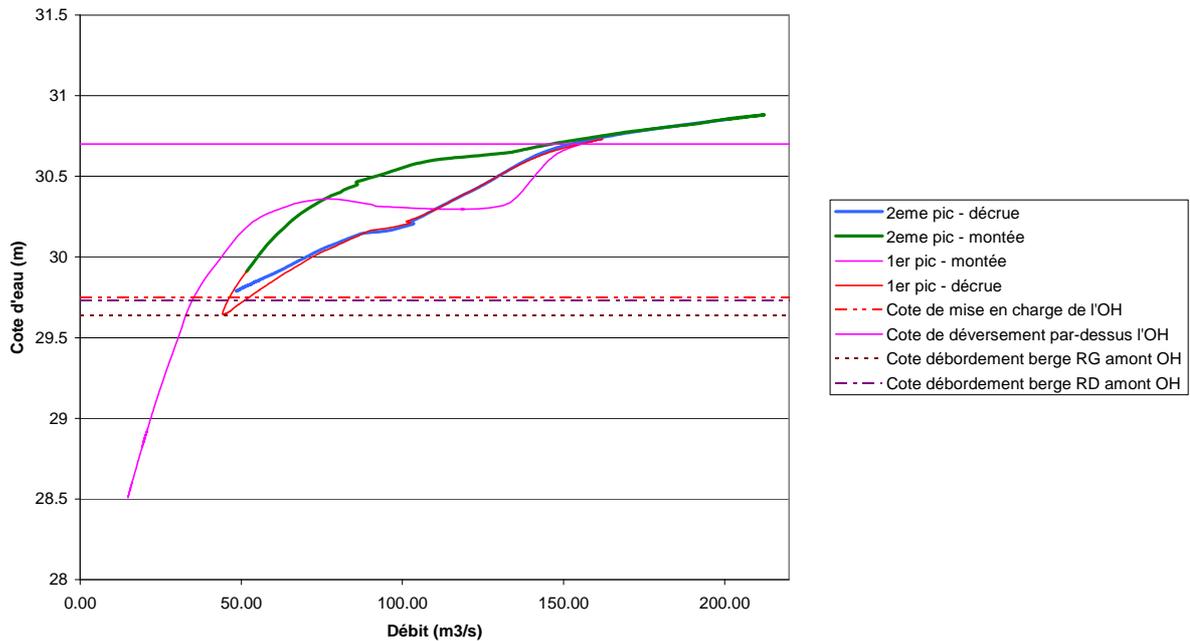
Courbe Z(Q)10 ans amont A54



Route d'Arles – RN113 (ligne 80)



Courbe Z(Q) 2005 RN113 / route d'Arles (ligne 80)

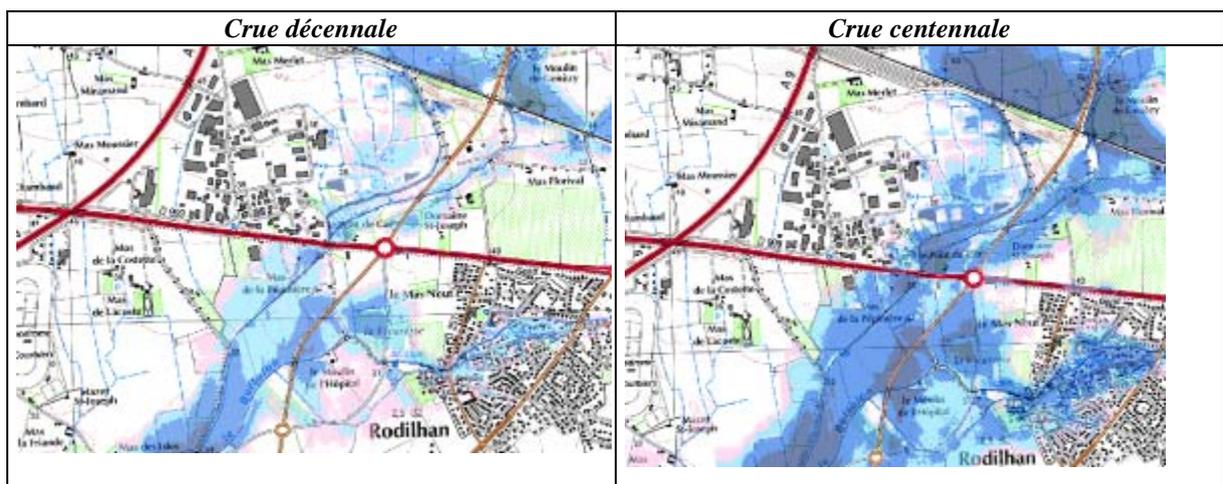


Il existe également sur ce secteur un deuxième bras du Vistre qui franchit la RN113 en rive droite et qui reprend la part des apports du cadereau d'Uzès qui n'a pas débordée vers le Vistre entre l'A9 et la route d'Arles.

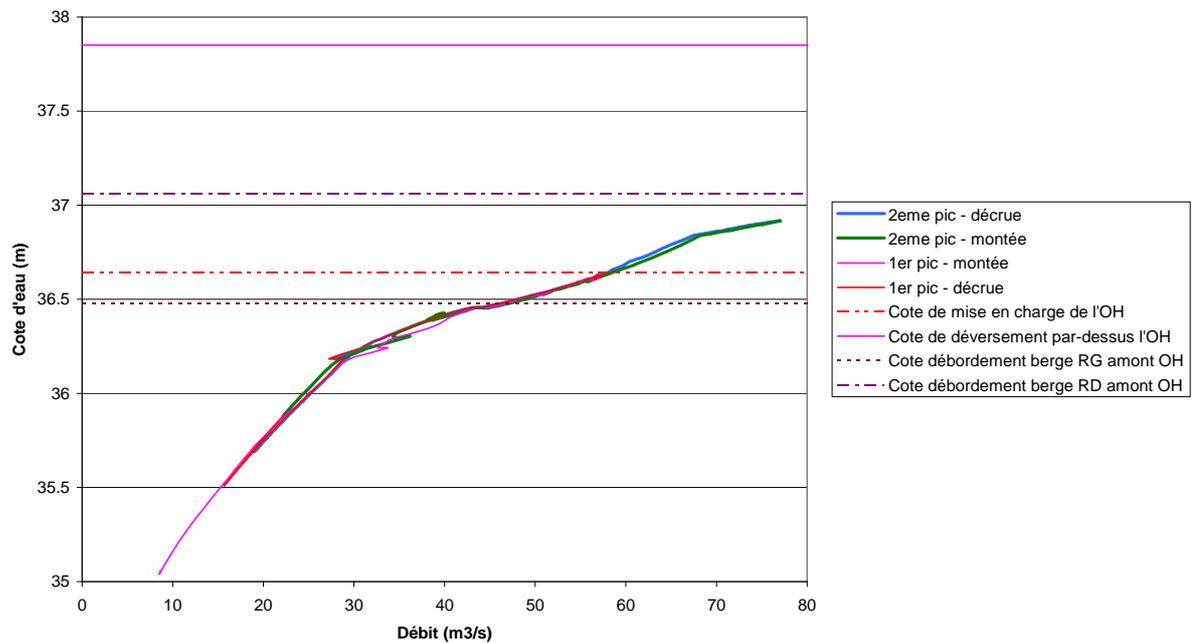
Le pont du Vistre sur la RN113 est mis en charge très rapidement, avant 50 m<sup>3</sup>/s, et déverse à partir de 150 m<sup>3</sup>/s (crue décennale : 194 m<sup>3</sup>/s, crue centennale : 380 m<sup>3</sup>/s).

Le remous en lit mineur induit par la RN113 pour la crue centennale est d'environ 1.31 m

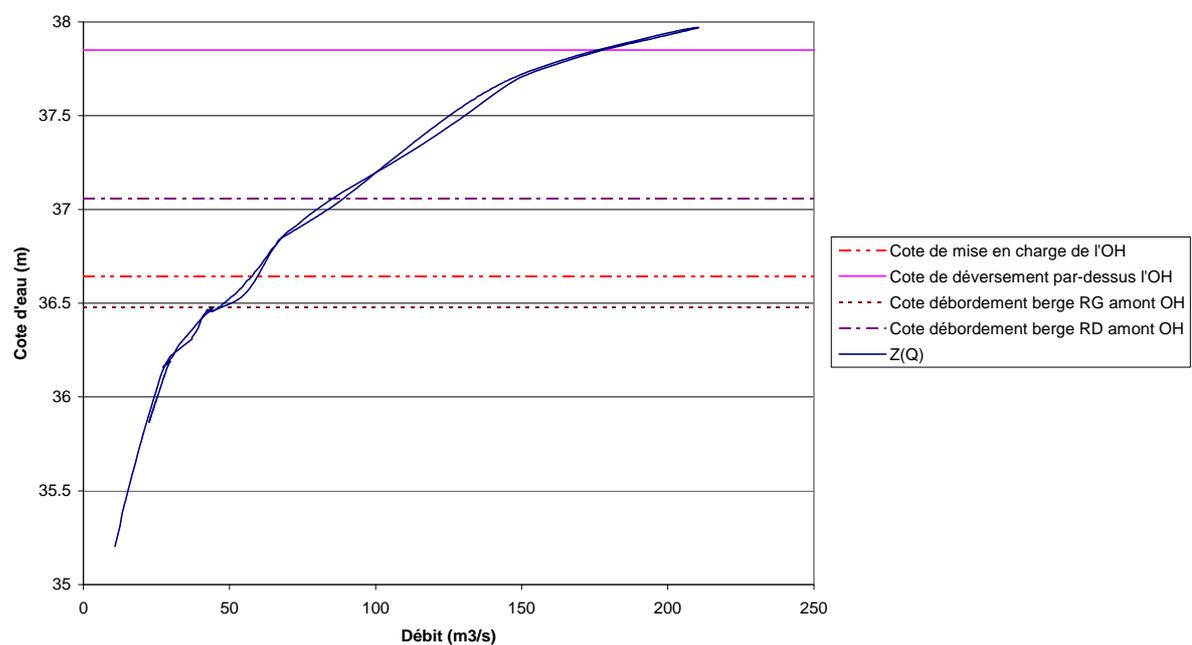
Haut Vistre au droit de la RD999 (ligne 7)



Courbe Z(Q) 2005 amont confluence Buffalon RD999 (ligne 7)



Courbe Z(Q) 100 ans amont confluence Buffalon RD999 (ligne 7)

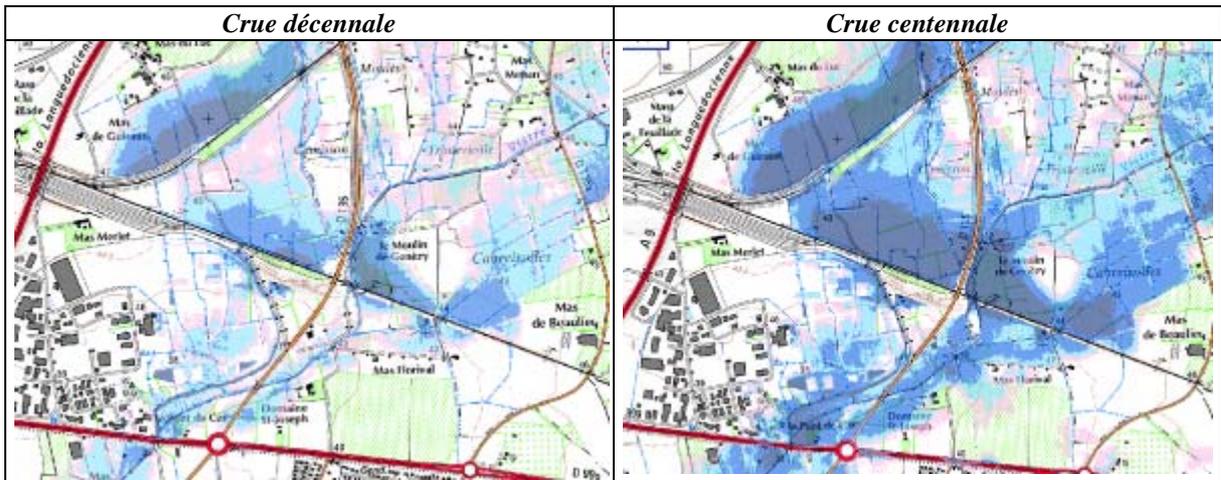


Le pont de la RD999 sur le Vistre à l'amont de la confluence avec le Buffalon contrôle tous les apports du Haut Vistre à l'amont des apports de Courbessac.

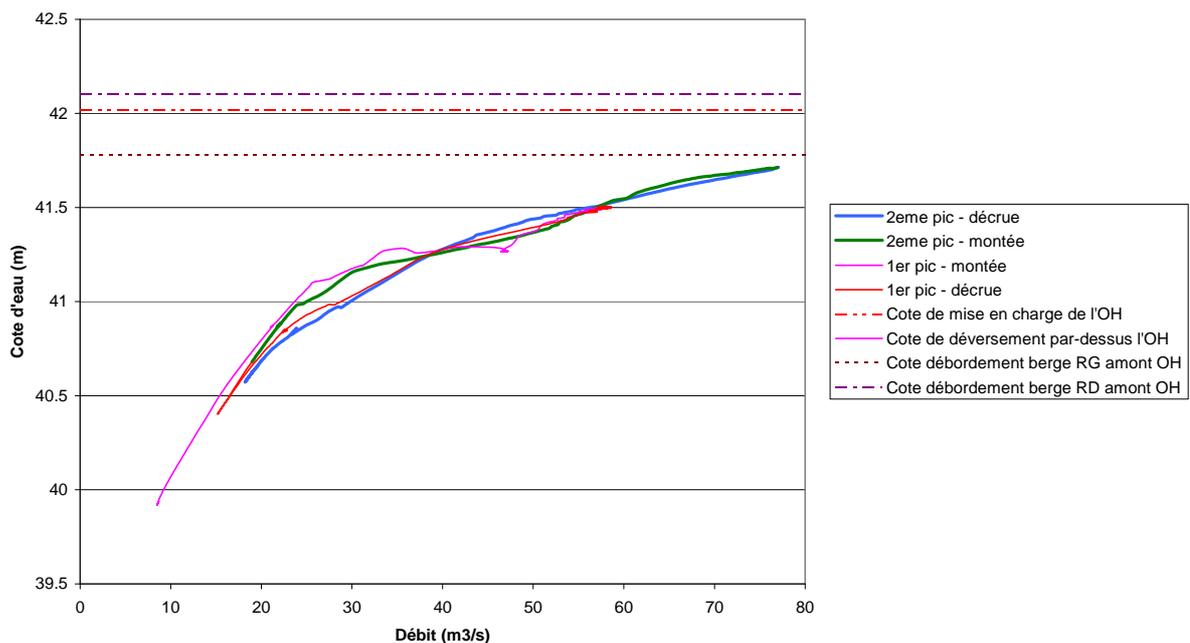
L'ouvrage est mis en charge à partir de 60 m<sup>3</sup>/s environ, et il commence à déverser pour la crue centennale à environ 175 m<sup>3</sup>/s.

Le remous en lit mineur induit par la RD999 pour la crue centennale est d'environ 0.99 m.

Haut Vistre – voie ferrée (ligne 6)



courbe Z(Q) 2005 Vistre Voie ferrée (ligne 6)



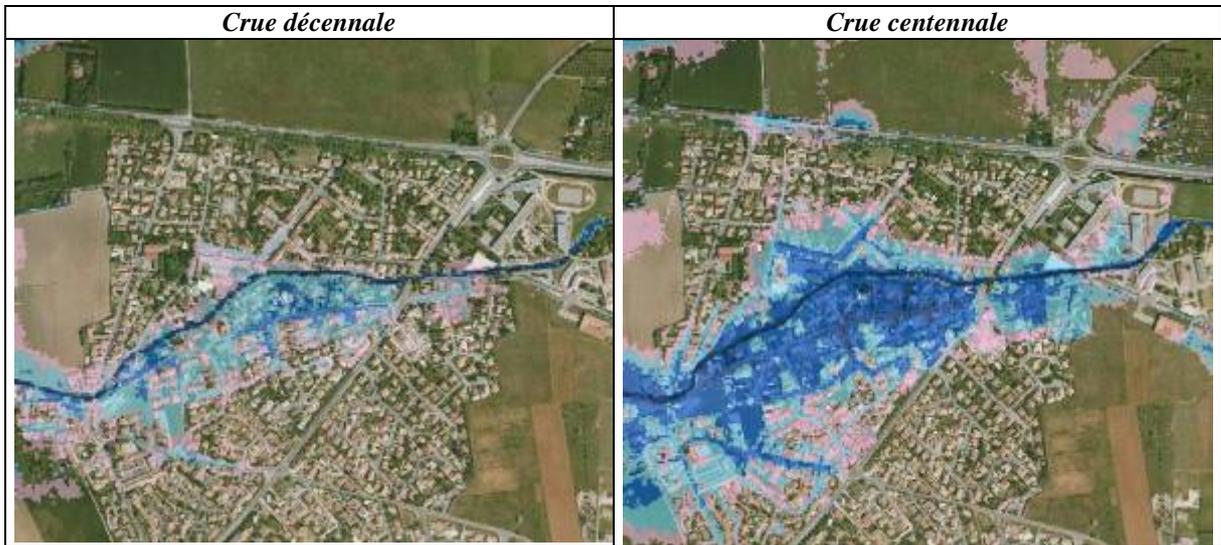
Les crues franchissent la voie ferrée par deux ouvrages hydrauliques principaux, celui du Vistre et celui du bras de Cabreirolles, 2 passages routiers et une décharge mineure.

Le fonctionnement hydraulique du secteur est très perturbé par la présence des infrastructures en remblai et des nombreux bras du Vistre.

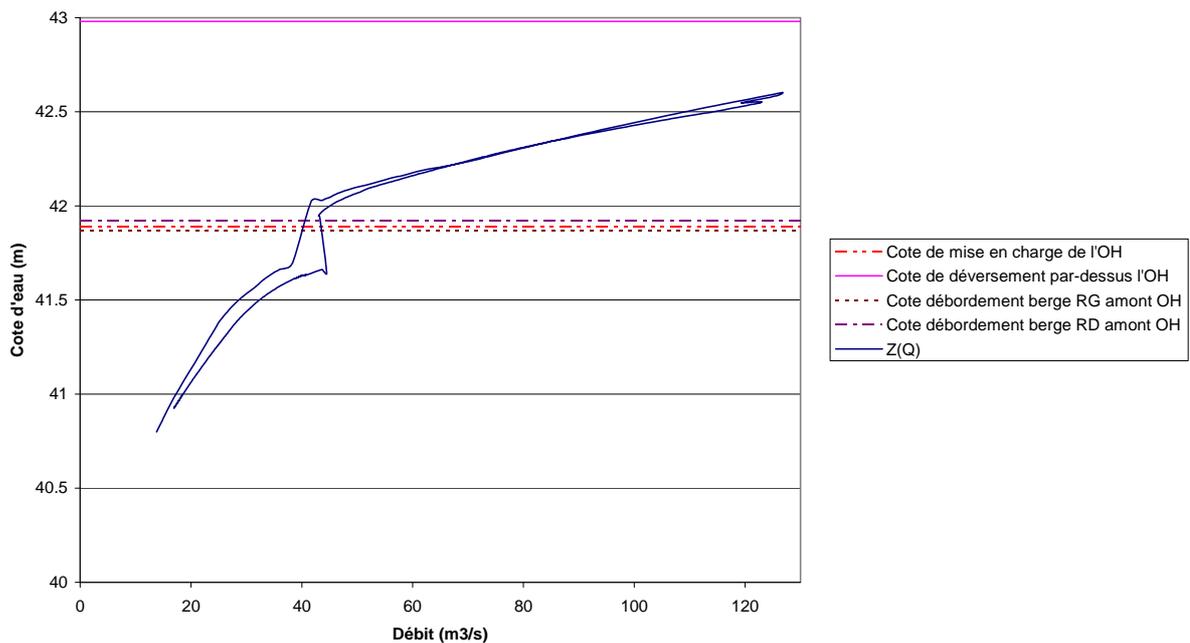
L'ouvrage n'a pas été mis en charge en 2005, mais le débit n'a pas atteint la crue décennale (98 m<sup>3</sup>/s).

Le remous en lit mineur induit par la voie ferrée (Haut Vistre) pour la crue centennale est d'environ 1.20 m.

La RD135a sur le Buffalon à Rodilhan



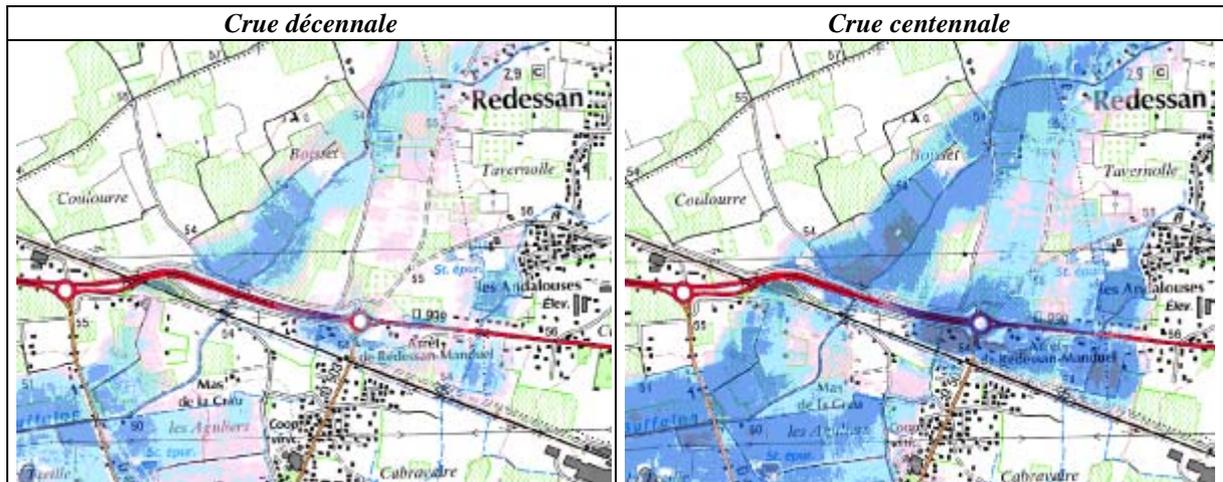
Courbe Z(Q) 100 ans RD135a / Buffalon à Rodilhan



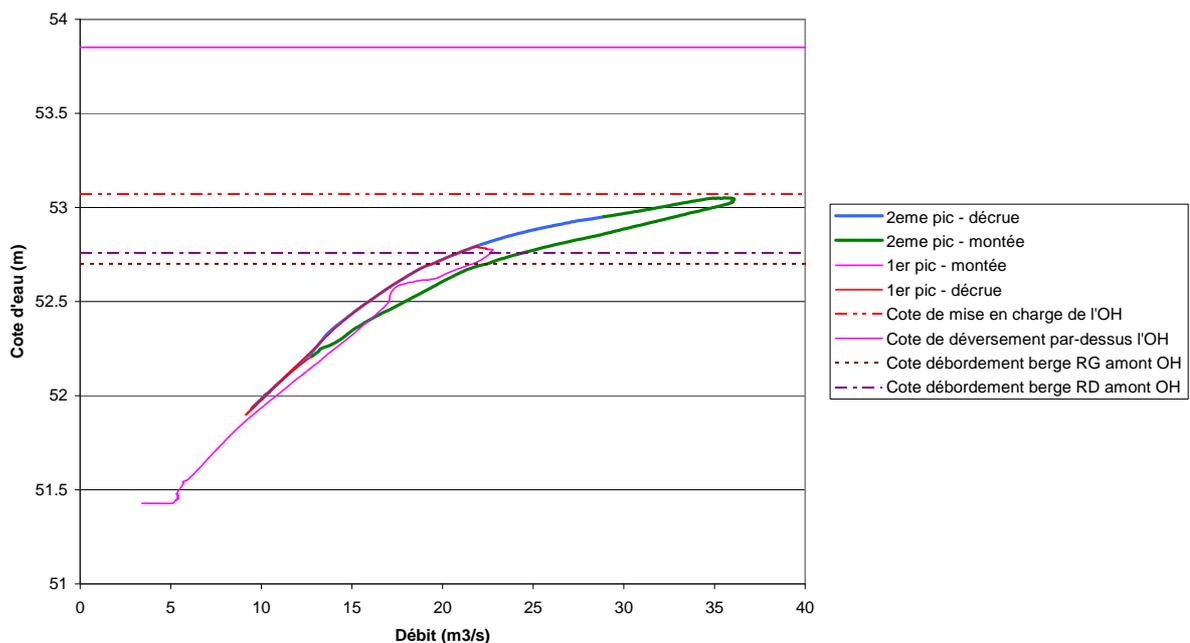
Le pont est mis en charge dès 40 m<sup>3</sup>/s (crue décennale à 55 m<sup>3</sup>/s) ; il est contourné pour les crues majeures type centennale en rive gauche par des débordements qui ont lieu en zone urbanisée dense au droit du giratoire.

Le remous en lit mineur du Buffalon induit par la RD135a pour la crue centennale est d'environ 0.55 m.

Le Buffalon à la voie ferrée



Courbe Z(Q) 2005 Buffalon voie ferrée (ligne 2)



Le Buffalon est franchi par la voie ferrée entre Redessan et Manduel dans un secteur complexe, avec des franchissements hydrauliques multiples Vistre et Tavernolle (affluent rive gauche), voie ferrée et RD999.

L'ouvrage a été en limite de mise en charge en 2005, mais le débit en ce point est resté inférieur à la crue décennale de 41 m<sup>3</sup>/s. Pour la crue de 2005, le débit du Buffalon est relativement bien contrôlé, mais pour la crue centennale, les champs d'inondation amont du Vistre et du Tavernolle se confondent.

Le remous en lit mineur du Buffalon induit par la voie ferrée pour la crue centennale est d'environ 1.06 m.

## SYNTHESE

**Le synoptique fourni en pièce jointe permet de synthétiser le fonctionnement hydraulique du bassin versant du Vistre en crue.**

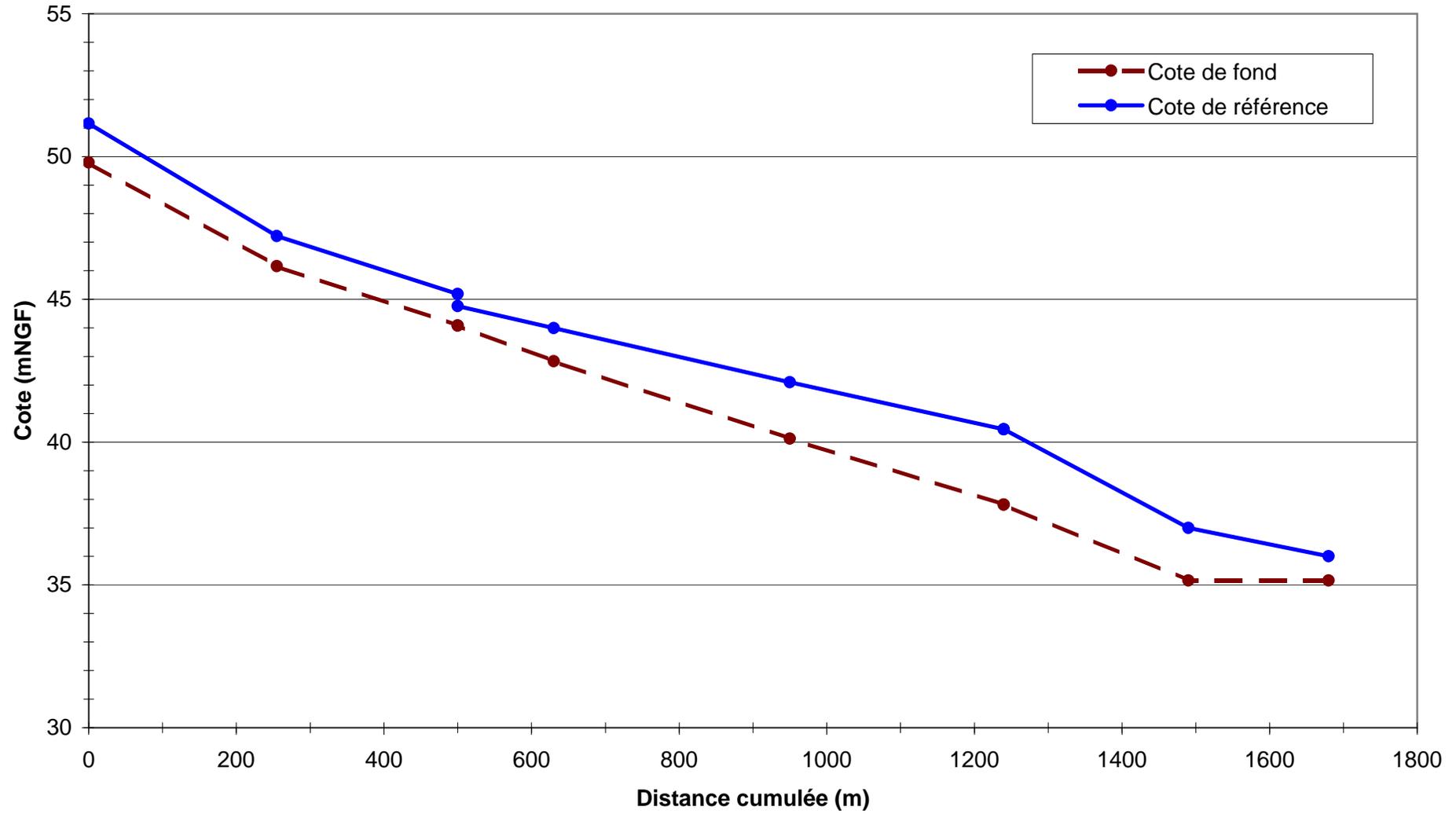
## LISTE DES SIGLES ET DES ACRONYMES

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

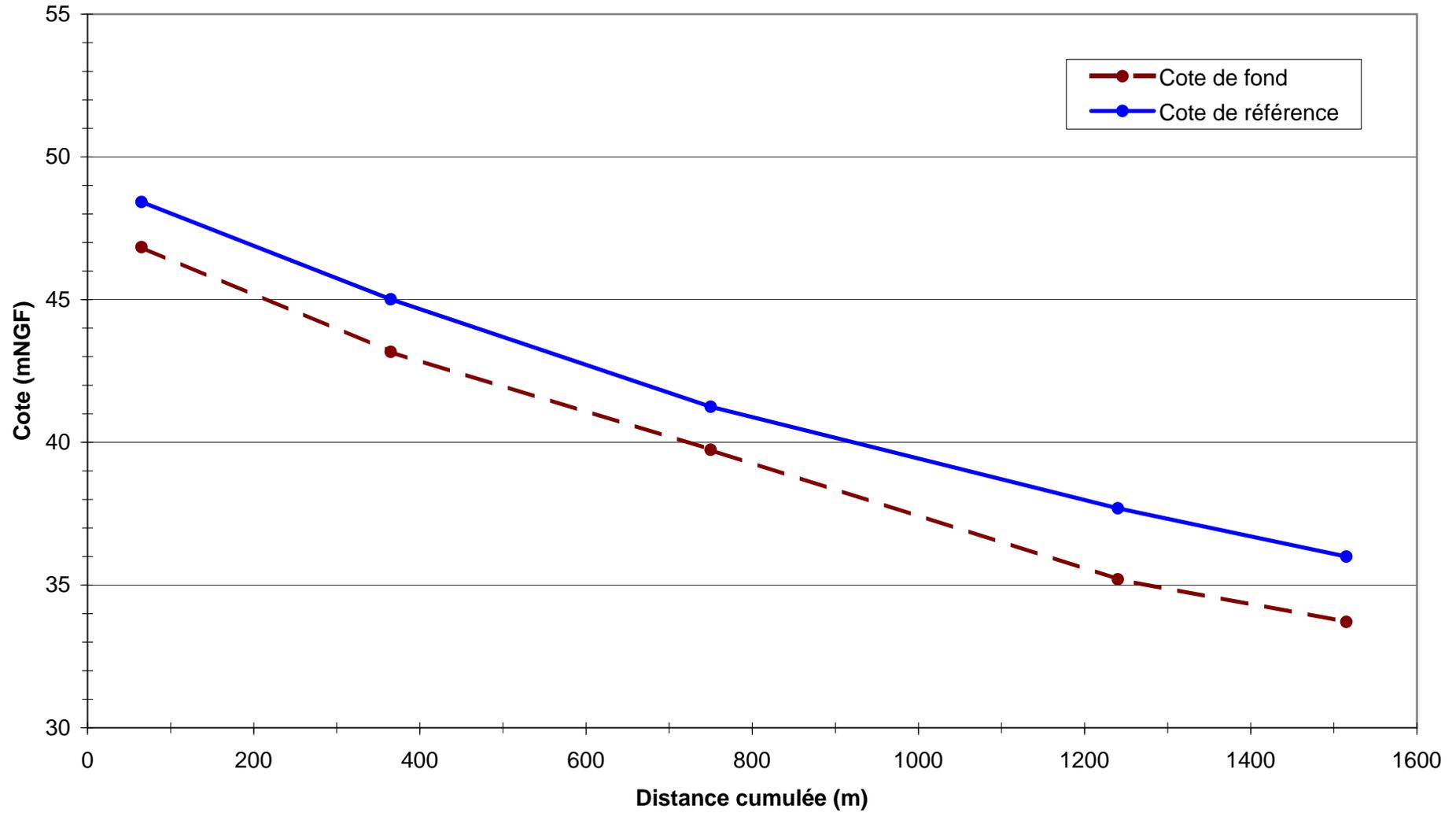
**ANNEXE**

# Annexe 1 : résultats des modèles filaires des affluents

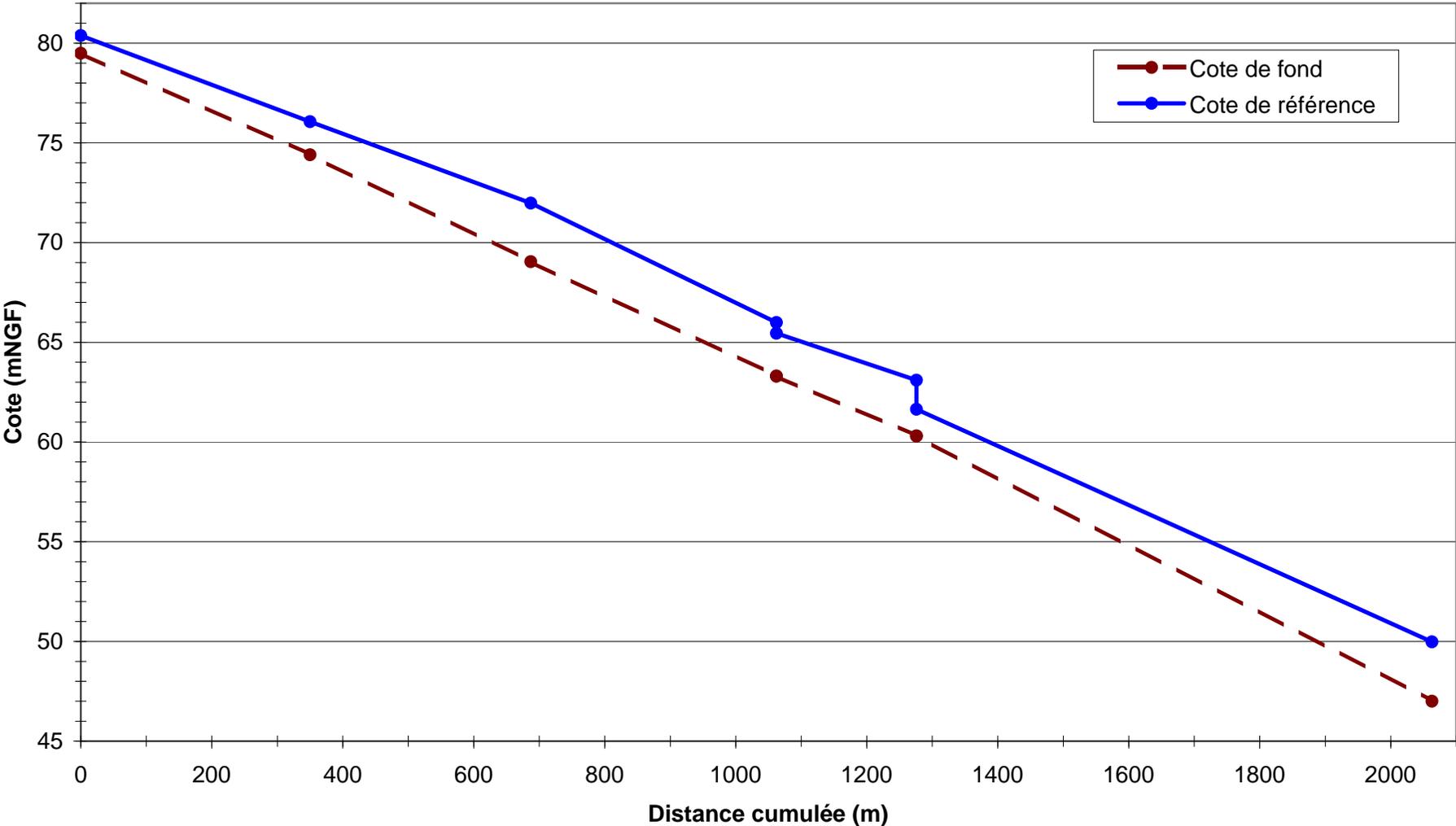
### Profil en long du Gara de Paille



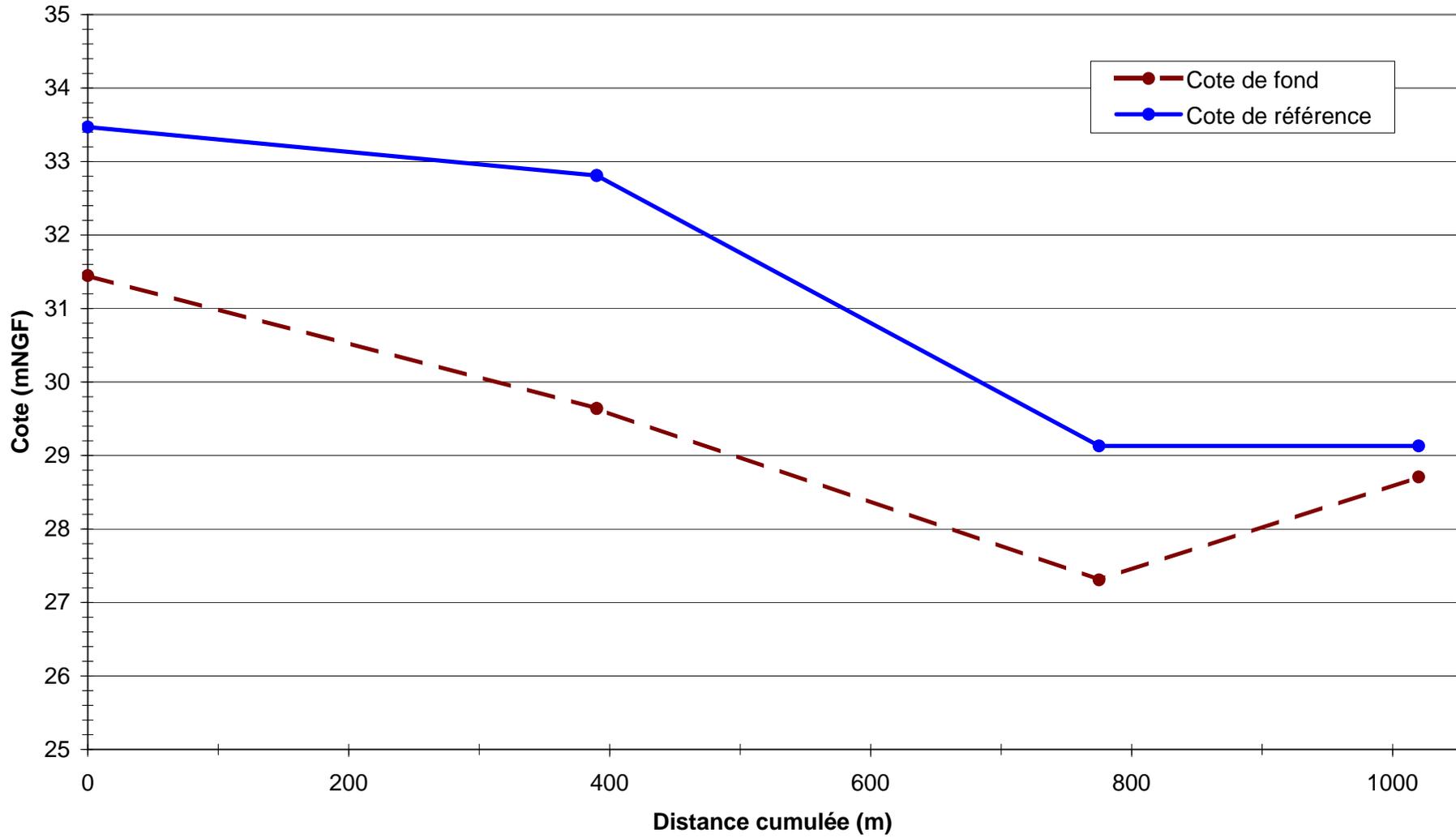
### Profil en long du Grand Michel



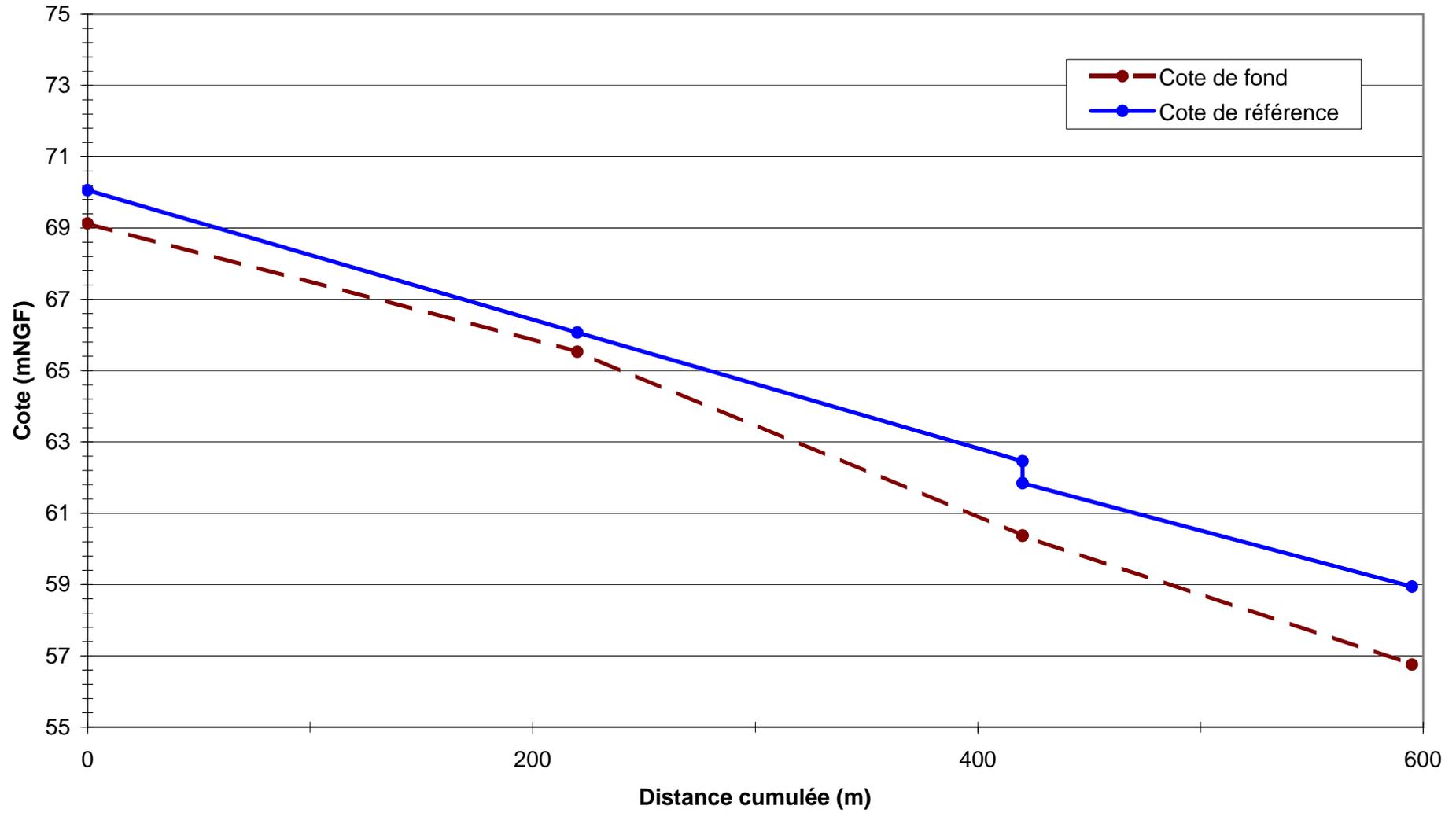
### Profil en long du Campagne



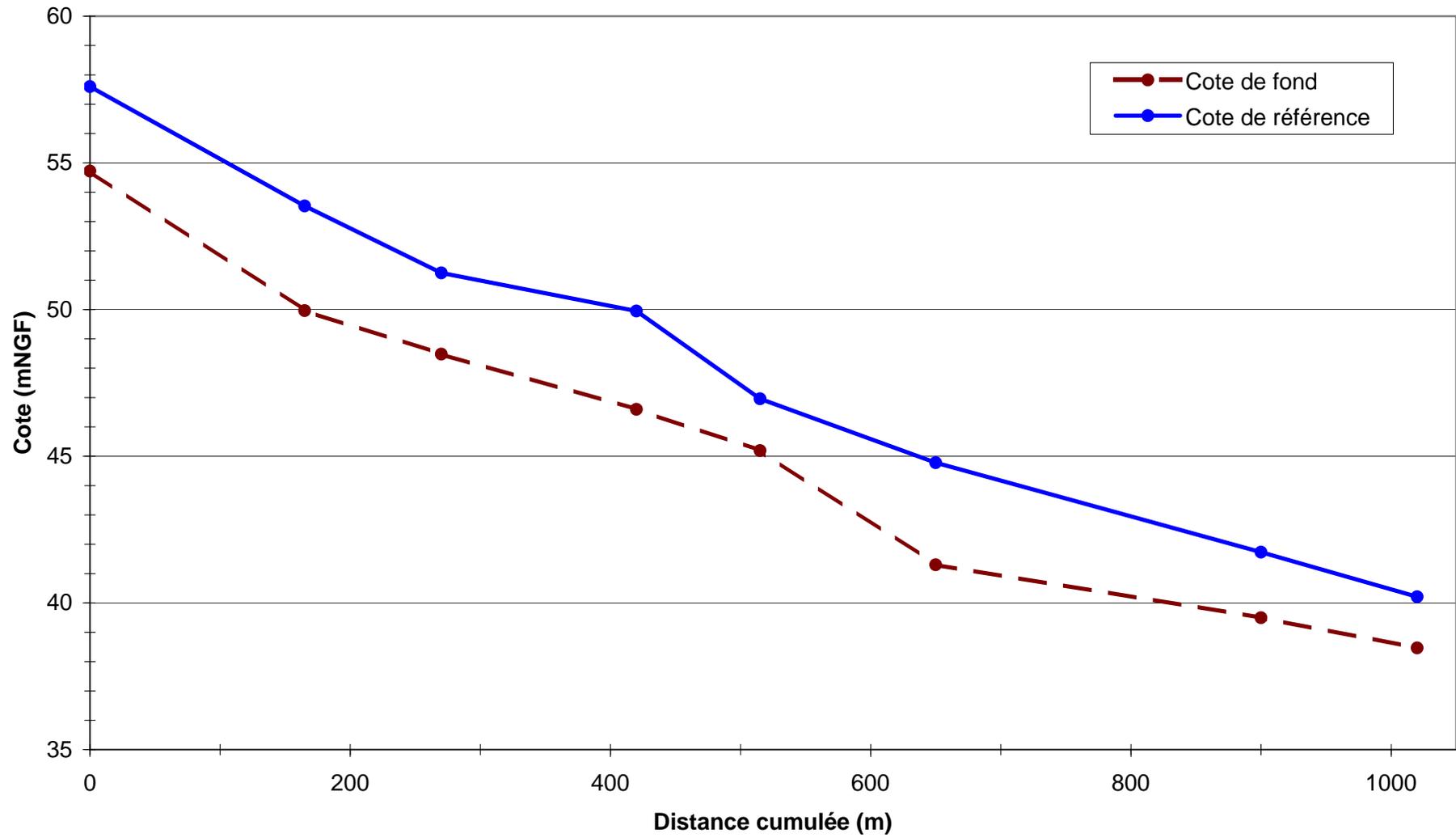
### Profil en long du Valdebane



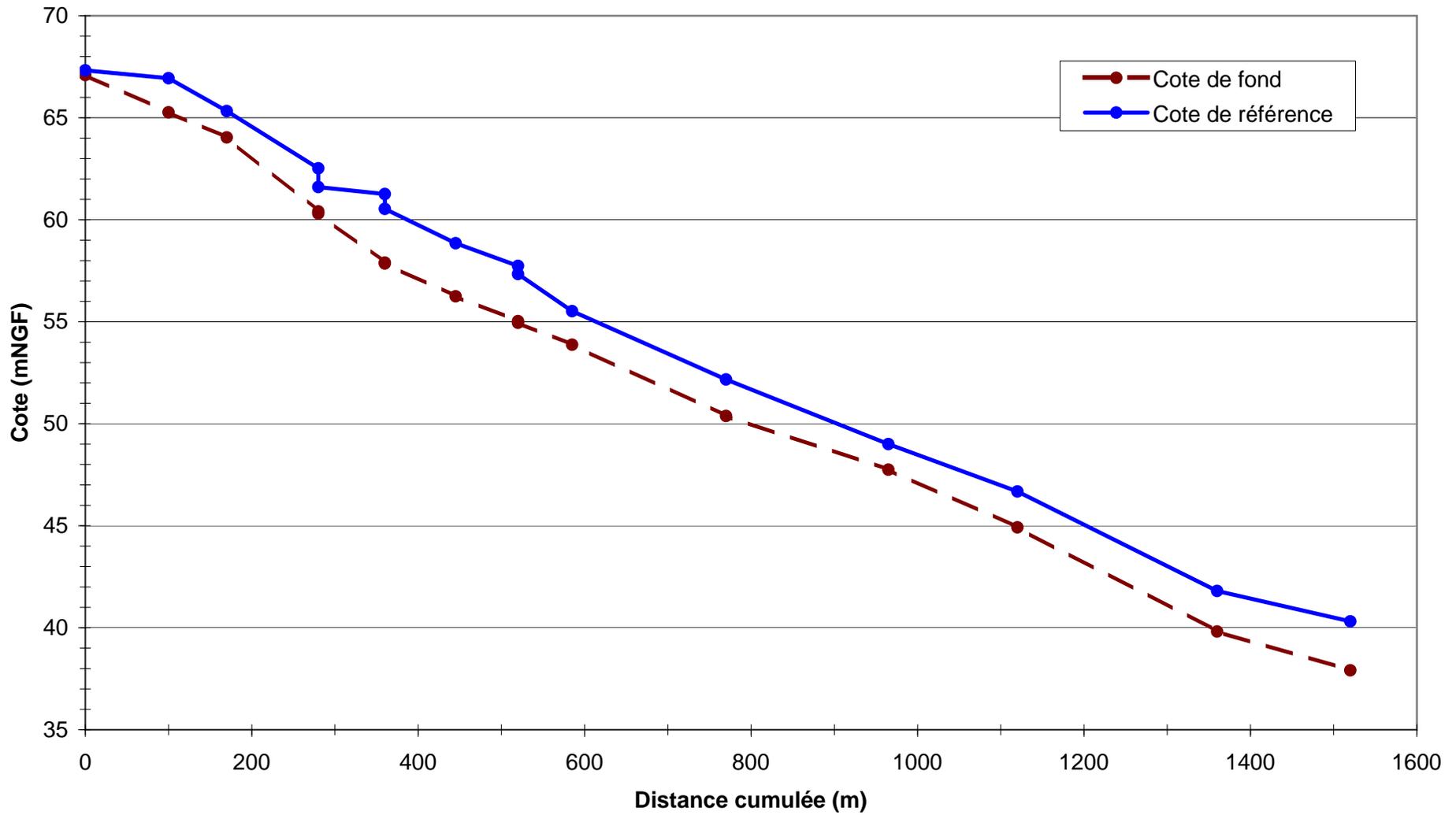
### Profil en long du Cabassan



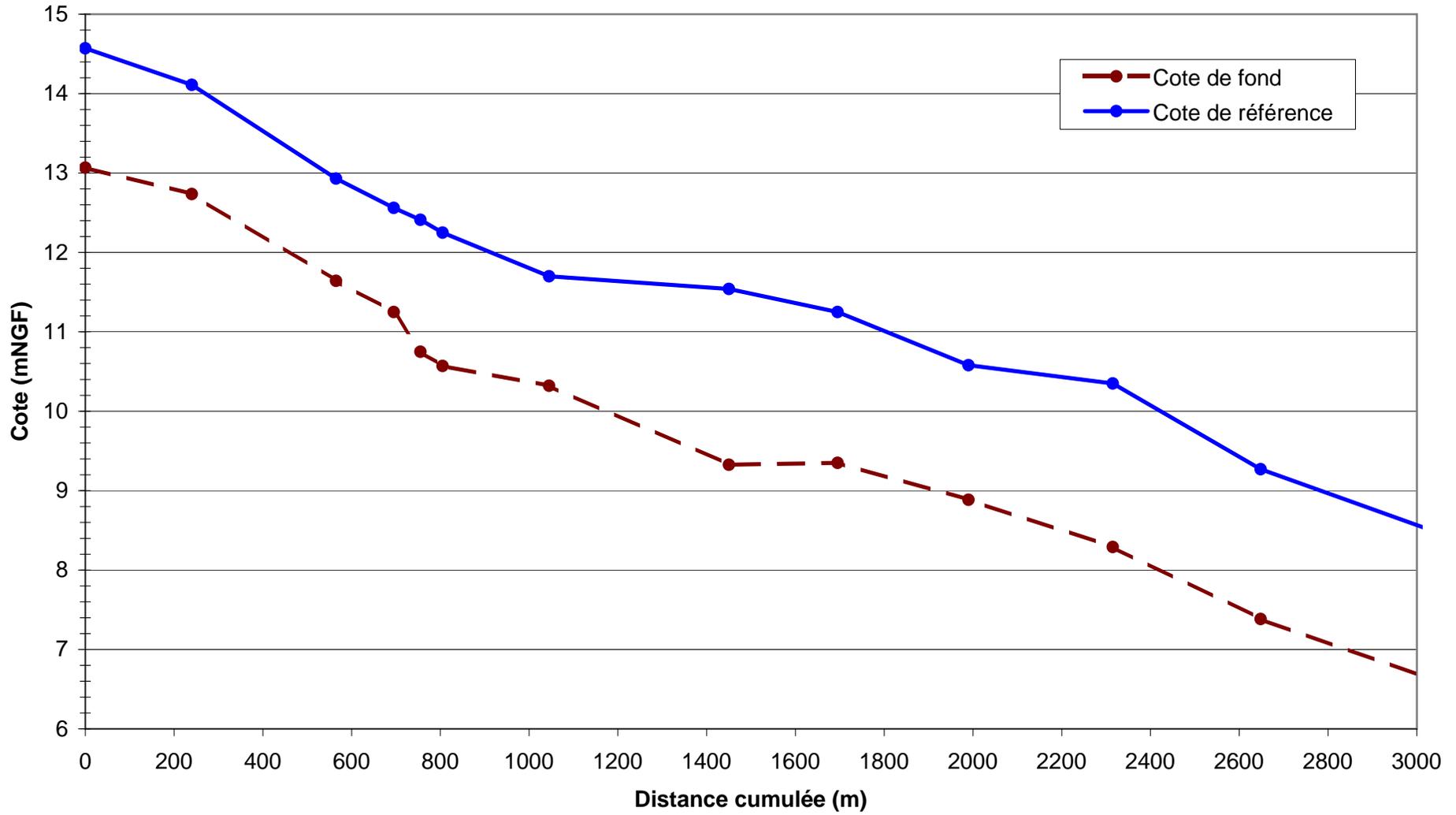
### Profil en long du Gour



### Profil en long de l'Arriasse



### Profil en long de la Lone



## **Annexe 2 : hydrogrammes d'apports injectés dans le modèle « plaine »**









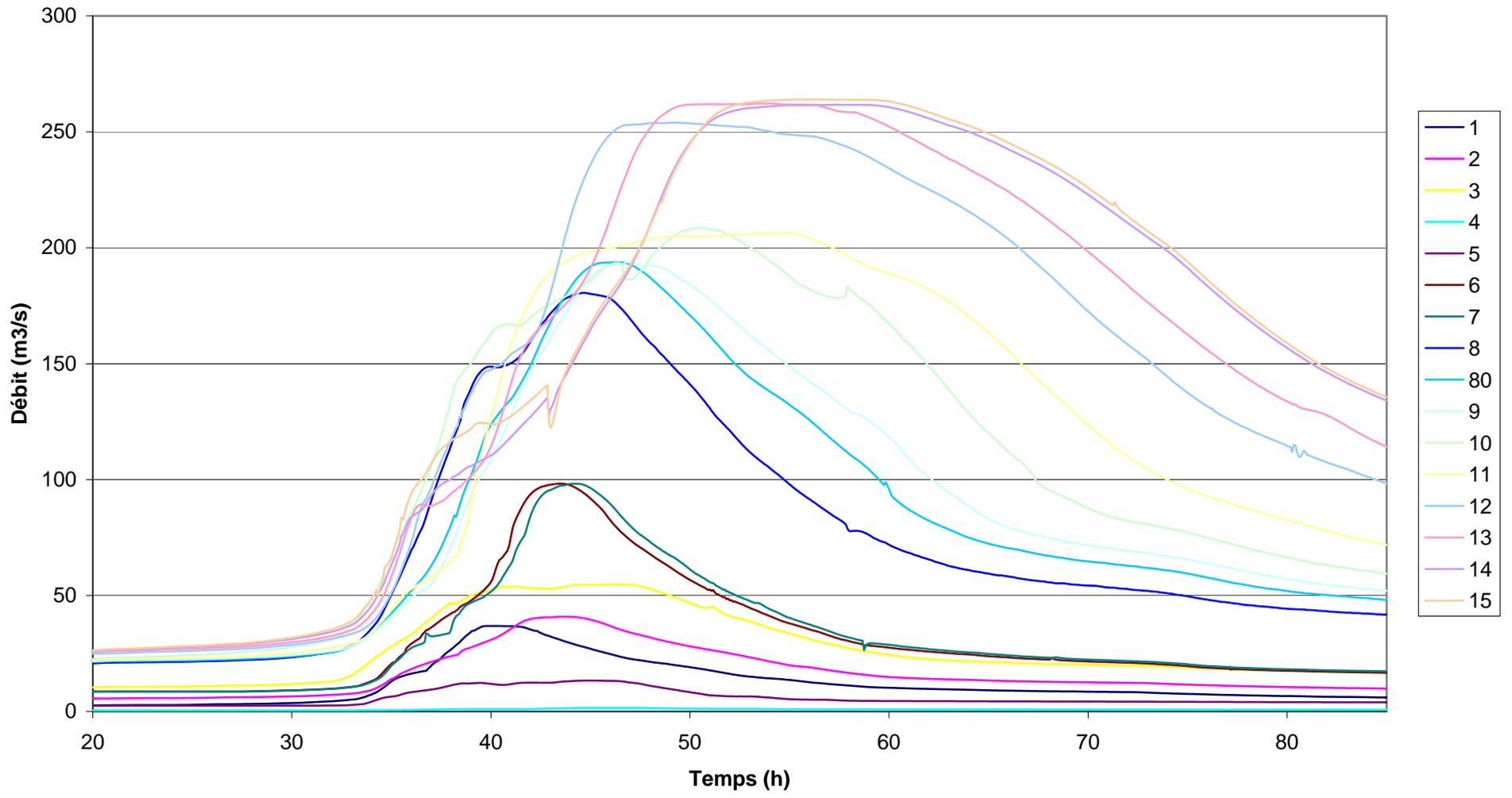


## **Annexe 3 : hydrogrammes calculés sur le Vistre et le Buffalon**





### Hydrogrammes aux lignes de contrôles crue 10 ans



### Hydrogrammes aux lignes de contrôles crue 1988

