Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DU GARD

Direction Départementale
des Territoires et de la Mer

Service Observation Territoriale Urbanisme et Risques
Unité Risque Inondation
Affaire suivie par : Mathieu Bourgoin
☎ 04 66 62 63 70
Mél : mathieu.bourgoin@gard.gouv.fr

Nîmes, le - 4 AVR. 2014

ARRETE N° 2014- 094 - 0009

Portant approbation du Plan de Prévention des Risques d'inondation (PPRi)
sur la Commune de BEZOUCE

Le Préfet du Gard
Chevalier de l'ordre national du Mérite,

Vu le Code de l'Environnement et notamment ses articles L.562-1 à L.562-9 et R.562-1 à R.562-10 relatifs aux Plans de Prévention des Risques Naturels,

Vu le Code de l'Urbanisme et notamment son article L.126-1,

Vu l'arrêté préfectoral n° 2010-349-0039 du 15 décembre 2010 portant élaboration d'un Plan de Prévention des Risques sur la commune de BEZOUCE,

Vu l'arrêté préfectoral 2013-196-0025 du 17 juillet 2013 prescrivant l'ouverture et organisation d'une enquête publique du projet de Plan de Prévention des Risques d'Inondation de la Commune de BEZOUCE,

Vu l'avis du Conseil Municipal de la Commune de BEZOUCE en date du 9 juillet 2013,

Vu l'avis de la Chambre d'Agriculture du Gard en date du 8 août 2013,

Vu l'avis réputé favorable du Conseil Général du Gard,

Vu l'avis réputé favorable du Conseil Régional Languedoc-Roussillon,

Vu l'avis du Centre Régional de la Propriété Forestière Languedoc-Roussillon en date du 6 août 2013,

Vu le rapport et les conclusions de la commission d'enquête en date du 27 janvier 2014,

Vu le rapport du Directeur Départemental des Territoires et de la Mer du Gard du 2 avril 2014,

SUR proposition de Monsieur le Secrétaire Général de la Préfecture du Gard,

ARRETE

Article 1er :

Le Plan de Prévention des Risques d'inondation (PPRi) de la Commune de BEZOUCE est approuvé, tel qu'il est annexé au présent arrêté.

Article 2 :

Le dossier comprend :

-un rapport de présentation
-un résumé non technique
-un règlement
-le zonage réglementaire
-des annexes cartographiques : cartes d'aléa

Il est tenu à la disposition du public dans les locaux :

-de la Mairie de BEZOUCE,
-de la Préfecture du département du GARD,
-de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer du Gard :
89, rue Weber 30907 NÎMES.

Article 3 :

Une copie du présent arrêté sera adressée :

-Monsieur le Maire de la Commune de BEZOUCE,
-Monsieur le Directeur Régional de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Languedoc-Roussillon,
-Madame la Directrice Générale de la Prévention des Risques du Ministère en charge de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie.

Article 4 :

Une copie du présent arrêté sera affichée en Mairie de BEZOUCE pendant au moins un mois à partir de la date de réception de la notification du présent arrêté et mention en sera faite en caractères apparents dans le journal MIDI LIBRE.

Article 5 :

Le présent arrêté sera publié au Recueil des Actes Administratifs de la Préfecture.

Article 6 :

En application de l'article L.562-4 du Code de l'Environnement, le Plan de Prévention des Risques d'inondation approuvé vaut servitude d'utilité publique. A ce titre, le Maire devra annexer le présent PPRi au document d'urbanisme de la Commune, conformément à l'article L.126-1 du Code de l'Urbanisme.

Article 7 :

Le présent arrêté peut faire l'objet d'un recours gracieux ou d'un recours contentieux auprès du Tribunal Administratif de Nîmes, dans un délai de 2 mois à compter de l'exécution des formalités de publicité.

Article 8 :

Monsieur le Secrétaire Général de la Préfecture du Gard, Monsieur le Directeur Départemental des Territoires et de la Mer du Gard et Monsieur le Maire de BEZOUCE sont chargés, chacun en ce qui les concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Le Préfet,

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PREFET DU GARD

Direction départementale des Territoires et de la Mer
du Gard

Service Observation Territoriale Urbanisme et Risques
Unité Risques Inondations

PLAN DE PREVENTION
DES RISQUES INONDATION
COMMUNE DE BEZOUCE

Rapport
de Présentation

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES INONDATION DES COMMUNES DU BASSIN VERSANT DU VISTRE

Rapport de présentation

1. OBJECTIFS ET DÉMARCHE 1

1.1 Préambule 1

1.2 Le risque inondation dans le Gard 2

1.3 Les objectifs de la politique de prévention des risques 5

1.4 La démarche PPRi 6

1.5 La raison de la prescription du PPRi et le périmètre concerné 10

1.6 L'approche méthodologique (études techniques préalables) 12

2. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET HYDROLOGIQUE 14

2.1 Hydrographie et morphologie 15

2.2 Nature et occupation du sol 20

2.2.1 Entités géologiques 20

2.2.2 Entités hydrogéologiques 22

2.2.3 Occupation du sol 24

2.3 Climat et pluviométrie 25

2.4 Aménagements structurants et ouvrages hydrauliques 26

2.4.1 Historique des aménagements 26

2.4.2 Ouvrages hydrauliques actuels 29

2.5 Les crues historiques 30

2.5.1 Les crues du Vistre depuis plus d'un siècle 30

2.5.2 Les crues majeures récentes 32

2.5.3 Repères de crue 38

3. CARTOGRAPHIE DU RISQUE 39

3.1 Cartographie de l'aléa du Vistre et de ses affluents 39

3.1.1 Analyse hydrogéomorphologique 39

3.1.2 Description générale du fonctionnement hydraulique 41

3.1.3 Modélisation hydrologique et hydraulique des crues 42

3.1.4 Intégration des résultats des études existantes 45

3.2 Cartographie de l'aléa du Rhone (Vauvert et Beauvoisin) 46

3.3 Cartographie et analyse des enjeux urbains 49

3.3.1 Méthodologie 49

3.3.2 Typologie des enjeux urbains 49

3.3.3 Analyse des enjeux urbains 50

4. DISPOSITIONS RÈGLEMENTAIRES 56

4.1 Règles d'urbanisme 56

4.2 Zonage réglementaire 58

4.3 Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde et règles de construction et mesures sur l'existant 62

4.3.1 Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde 62

4.3.2 Règles de construction et mesure sur l'existant 63

5. DÉROULEMENT DE LA PROCÉDURE 64

5.1 Concertation avec les communes 64

5.2 Consultations administratives 65

5.3 Enquête publique 65

1. OBJECTIFS ET DEMARCHE

1.1 PREAMBULE

La répétition d'évènements catastrophiques au cours des dix dernières années sur l'ensemble du Territoire national a conduit l'État à renforcer la politique de prévention des inondations.

Cette politique s'est concrétisée par la mise en place de Plans de Prévention des Risques d'Inondation (P.P.R.i.), dont le cadre législatif est fixé par les lois n° 95-101 du 2 février 1995, 2003-699 du 30 juillet 2003, et les décrets n° 95-1089 du 5 octobre 1995 et 2005-3 du 4 janvier 2005. L'ensemble est codifié aux articles L562-1 et suivants du code de l'Environnement.

L'objet d'un PPR est, sur un territoire identifié, de :

- **délimiter les zones exposées aux risques** en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, **d'y interdire tout type de construction**, d'ouvrage, d'aménagement, ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle **ou**, pour le cas où ces aménagements pourraient y être autorisés, **prescrire les conditions dans lesquels ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités,**
- **délimiter les zones qui ne sont pas directement exposées au risque mais où des aménagements pourraient aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux**, et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions,
- **définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde** qui doivent être prises par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers,
- **définir des mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation, ou l'exploitation des constructions, ouvrages, espaces existants** à la date d'approbation du plan, qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

Pour chaque commune, le dossier de PPR comprend :

- **un rapport de présentation,** qui explique l'analyse des phénomènes pris en compte, ainsi que l'étude de leur impact sur les personnes et sur les biens, existants et futurs. Ce rapport justifie les choix retenus en matière de prévention en indiquant les principes d'élaboration du PPR et en commentant la réglementation mise en place.
- **un ou plusieurs documents graphiques** distinguant les zones exposées à des risques et celles qui n'y sont pas directement exposées mais où l'utilisation du sol pourrait provoquer ou aggraver des risques ; ils visualisent les zones de dispositions réglementaires homogènes ;
- **un règlement** qui précise les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune des ces zones. Le règlement précise aussi les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui incombent aux particuliers ou aux collectivités. Le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour celles-ci.

1.2 LE RISQUE INONDATION DANS LE GARD

Les inondations constituent le risque majeur à prendre en compte prioritairement dans la région.

Les inondations méditerranéennes sont particulièrement violentes, en raison de l'intensité des pluies qui les génèrent et de la géographie particulière de la région. En 50 ans de mesures, on a noté sur la région plus de 200 pluies diluviennes de plus de 200 mm en 24 heures. L'équinoxe d'automne est la période la plus critique avec près de 75% des débordements, mais ces pluies peuvent survenir toute l'année. Lors de ces épisodes qui frappent aussi bien en plaine ou piémont qu'en montagne, il peut tomber en quelques heures plus de 30 % de la pluviométrie annuelle.

Ces épisodes pluvieux intenses appelés pluies cévenoles peuvent provoquer des cumuls de pluie de plusieurs centaines de millimètres en quelques heures. Les pluies cévenoles sont des précipitations durables qui se produisent par vent de sud, sud-est ou est sur les massifs des Cévennes, des pré-Alpes et des Corbières. Elles ont généralement lieu en automne dans des conditions météorologiques bien particulières :

- près du sol : un vent de sud ou sud-est apporte de l'air humide et chaud en provenance de la mer Méditerranée,
- en altitude : de l'air froid ou frais.

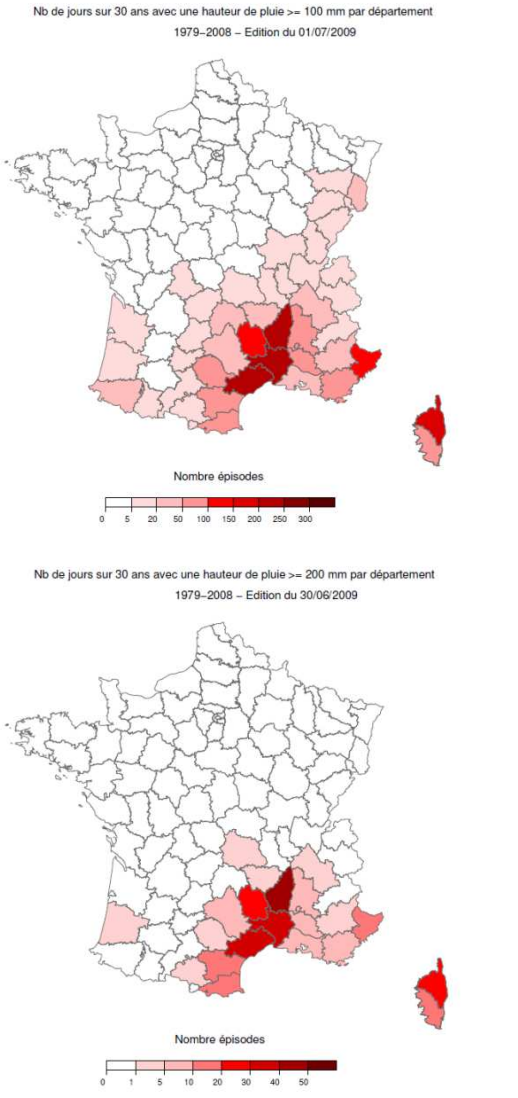
La rencontre entre le courant froid d'altitude et le courant chaud et humide venant de Méditerranée rend l'atmosphère instable et provoque souvent le développement d'orages. Le relief joue également un rôle déterminant : il accentue le soulèvement de cet air méditerranéen et bloque les nuages.

Les orages de ce type, bloqués par le relief et alimentés en air chaud et humide, se régénèrent : ils durent plusieurs heures et les pluies parfois plusieurs jours. Ils apportent ainsi des quantités d'eau considérables.

Des précipitations intenses sont observées en toutes saisons. Mais les deux périodes les plus propices sont :

- mai à septembre, quand se produisent la plupart des orages sur l'ensemble du pays,
- l'automne, saison particulièrement favorable aux fortes précipitations dans les régions méditerranéennes, quand l'air en altitude se refroidit plus vite que la Méditerranée encore chaude.

Les départements concernés par le risque de pluies diluviennes en France.



Source : Météo France, 2009.

Les temps de réaction des bassins versants sont généralement extrêmement brefs, parfois de l'ordre de l'heure pour des petits bassins versants de quelques dizaines de kilomètres carrés, toujours inférieurs à 12h sauf dans les basses plaines. La gestion de l'alerte et la préparation à la crise sont donc à la fois primordiales et délicates à mettre en œuvre.

Le département du Gard est ainsi sujet à différents types de crues :

- **les crues rapides**, souvent à caractère torrentiel, qui se produisent à la suite de précipitations intenses, courtes et le plus souvent localisées sur de petits bassins versants. L'eau peut monter de plusieurs mètres en quelques heures et le débit de la rivière peut être plusieurs milliers de fois plus important que d'habitude : c'est le cas des crues du Vidourle « Vidourlades », comme de celles du Gardon « Gardonnades ». La rapidité de montée des eaux, tout comme les phénomènes d'embâcles ou de débâcles expliquent la grande dangerosité de ces crues.
- **les phénomènes de ruissellement** correspondant à l'écoulement des eaux de pluies sur le sol lors de pluies intenses, aggravés par l'imperméabilisation des sols et l'artificialisation des milieux. Ces inondations peuvent causer des dégâts importants indépendants des débordements de cours d'eau.
- **les crues lentes du Rhône** qui, si elles arrivent plus progressivement, peuvent être dommageables par leur ampleur et la durée des submersions qu'elles engendrent.

L'aggravation et la répétition des crues catastrophiques sont liées fortement au développement d'activités exposées dans l'occupation du sol dans les zones à risques (habitations, activités économiques et enjeux associés). Ceci a deux conséquences : d'une part, une augmentation de la vulnérabilité des secteurs exposés et d'autre part, pour les événements les plus localisés, une aggravation des écoulements. Ceci explique pour partie la multiplication des inondations liées à des orages intenses et localisés.

Le Gard est particulièrement exposé au risque inondation :

- 353 communes en partie ou totalement soumises au risque d'inondation,
- 18.5% du territoire situé en zone inondable,
- 37% de la population gardoise vivant de manière permanente en zone inondable,
- une augmentation de la population habitant dans les lits majeurs des cours d'eau de 6.5% de 2000 à 2005.

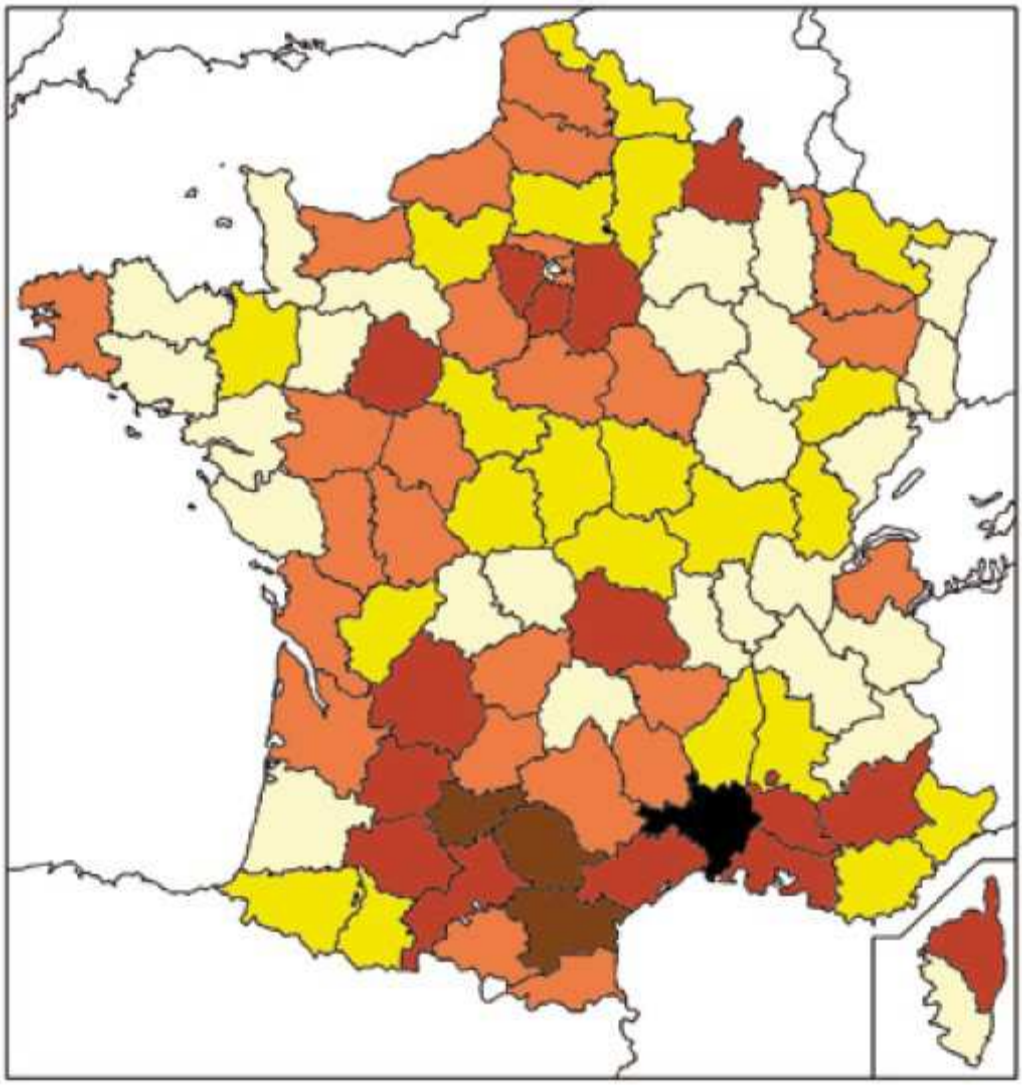
Depuis la moitié du 13^{e} siècle, le département a connu plus de 480 crues. Lors des évènements majeurs, tels que les inondations de 1958 et 2002 (Vidourle, Gardon, Cèze), de 1988 (Nîmes), de 2003 (Rhône) ou de 2005 (Vistre), les pluies dépassent 400 mm/jour sur plusieurs centaines de km², voire près de 2000 km² comme en septembre 2002. Les dégâts sont toujours très impressionnants et le nombre de tués reste significatif.

La forte vulnérabilité s'est ainsi traduite par plusieurs sinistres majeurs :

- en 1958 : 36 morts,
- en 1988 : 11 morts, 45000 sinistrés, 610 millions d'euros de dégâts,
- en 2002 : 25 morts, 299 communes sinistrées, 830 millions d'euros de dégâts, 7200 logements et 3000 entreprises sinistrées,
- en 2003 : 7 morts dont 1 dans le Gard, 37 communes sinistrées, 300 millions d'euros de dégâts sur le Gard,
- en 2005 : 86 communes sinistrées, 27 millions d'euros de dégâts.

Sur la période 1995-2005, le département du Gard est le département qui a le plus bénéficié des dédommagements permis par la solidarité nationale du système cat-nat, par rapport à sa contribution à ce même système.

Sinistrabilité des départements pour les contrats multirisques habitations et entreprises sur la période 1995-2005 (ratio sinistre sur primes)



Classe	0	1	2	3	4	5
Ratio S/P	[0 - 0,25]	]0,25 - 0,5]	]0,5 - 1]	]1 - 3]	]3 - 5]	>5

Lecture : Jusqu'à un ratio S/P de 1 (classes 0, 1 et 2), le département est un contributeur au système CatNat. Au-delà (classes 3, 4 et 5), le département est un bénéficiaire du système CatNat.
Source : Caisse Centrale de Réassurance, calculs : MEEDDM/CGDD

1.3 LES OBJECTIFS DE LA POLITIQUE DE PREVENTION DES RISQUES

Face à ce constat, la nécessité de réduire durablement la vulnérabilité du territoire départemental implique une action coordonnée des pouvoirs publics pour permettre un développement durable des territoires à même d'assurer la sécurité des personnes et des biens au regard des phénomènes naturels.

La politique publique de prévention du risque inondations repose ainsi sur les principes suivants :

- mieux connaître les phénomènes et leurs incidences ;
- assurer, lorsque cela est possible, une surveillance des phénomènes naturels ;
- sensibiliser et informer les populations sur les risques les concernant et sur les moyens de s'en protéger ;
- prendre en compte les risques dans les décisions d'aménagement ;
- protéger et adapter les installations actuelles et futures ;
- tirer des leçons des évènements naturels dommageables lorsqu'ils se produisent.

Les 7 composantes de la prévention des risques.

Source : CETE Sud-Ouest, 2008.

Cette politique globale est déclinée à l'échelle départementale, au travers du **Schéma Directeur d'Aménagement pour la Prévention des Inondations (SDAPI) du Gard,** adopté fin 2003, et qui s'articule autour de six axes majeurs d'interventions :

- adapter l'occupation des sols en zone inondable,
- améliorer l'information et l'alerte en temps de crise,
- préparer les communes et les services publics,
- sensibiliser et informer les populations,
- privilégier la rétention, l'expansion des eaux et la réduction des vitesses,
- recourir si besoin réel à des ouvrages de protection rapprochée.

Cette politique globale est également déclinée localement dans le cadre d'un **Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI Vistre)** qui constitue un programme d'action publique à long terme sur l'ensemble du bassin versant du Vistre, visant à l'atténuation du risque lié aux inondations pour les personnes et les biens.

Le programme d'actions soutenu conjointement par les partenaires territoriaux et l'Etat, signé en janvier 2007, comporte plusieurs volets :

- amélioration des connaissances et renforcement de la conscience du risque par des actions de formation et d'information,
- amélioration de la surveillance et des dispositifs de prévision et d'alerte,
- **élaboration et amélioration des plans de prévention des risques d'inondation**, et mise en œuvre de mesures de réduction de la vulnérabilité des bâtiments et activités implantées en zone à risque,
- restauration des champs d'expansion de crue et amélioration de la gestion dynamique des cours d'eau,
- amélioration et développement des aménagements collectifs de protection localisée des lieux habités.

Les PPRi menés par l'Etat sur le bassin versant du Vistre se situent ainsi au cœur de cette politique globale de prévention du risque.

1.4 LA DEMARCHE PPRI

OBJECTIFS

Pour les territoires exposés aux risques les plus forts, le plan de prévention des risques naturels prévisibles est un document réalisé par l'État qui **fait connaître les zones à risques** aux populations et aux aménageurs.

Le PPR est une **procédure qui réglemente l'utilisation des sols** en prenant en compte les risques naturels identifiés sur cette zone et de la non-aggravation des risques. Cette réglementation va de la possibilité de construire sous certaines conditions à l'interdiction de construire dans les cas où l'intensité prévisible des risques ou la non-aggravation des risques existants le justifie. Elle permet ainsi d'orienter les choix d'aménagement dans les territoires les moins exposés pour réduire les dommages aux personnes et aux biens.

Le PPR répond à trois objectifs principaux :

- **interdire les implantations nouvelles dans les zones les plus dangereuses** afin de préserver les vies humaines,
- **réduire le coût des dommages liés aux inondations** en réduisant notamment la vulnérabilité des biens existants dans les zones à risques,
- **interdire le développement de nouveaux enjeux** afin de limiter le risque dans les secteurs situés en amont et en aval. Ceci dans l'objectif de préserver les zones non urbanisées dédiées à l'écoulement des crues et au stockage des eaux.

Le PPR a également un objectif de **sensibilisation et d'information de la population** sur les risques encourus et les moyens de s'en prémunir en apportant une meilleure connaissance des phénomènes et de leurs incidences.

Les biens et activités existants antérieurement à la publication de ce plan de prévention des risques naturels continuent de bénéficier du régime général de garantie prévu par la loi.

Au delà de ces mesures sur les projets nouveaux, dans le cadre de l'urbanisme, le PPRi peut, en tant que de besoin, imposer des mesures destinées à **réduire la vulnérabilité des biens existants et de leurs occupants**, construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme et avant l'approbation du présent PPRi.

Ces dispositions ne s'imposent que dans la limite de 10% de la valeur vénale du bien considéré à la date d'approbation du plan.

Les travaux de protection réalisés peuvent alors être subventionnés par l'État (FPRNM) à hauteur de :

 40 % de leur montant pour les biens à usage d'habitation ou à usage mixte,

 20 % de leur montant pour les biens à usage professionnel (personnes morales ou physique employant moins de 20 salariés).

Les PPRi sont les **outils privilégiés de la politique de prévention**. Sur certains territoires, ils sont accompagnés de démarches et de financement adaptés à une politique de protection et de prévention (PAPI).

EFFETS DU PPR

Le PPR vaut **servitude d'utilité publique** en application de l'article L 562-4 du code de l'environnement.

Il doit à ce titre être annexé au document d'urbanisme, lorsqu'il existe. Dès lors, le règlement du PPRi est opposable à toute personne publique ou privée qui désire entreprendre des constructions, installations, travaux ou activités, sans préjudice des autres dispositions législatives ou réglementaires.

Au delà, il appartient ensuite aux communes et Établissements Publics de Coopération Intercommunale compétents de prendre en compte ses dispositions pour les intégrer dans leurs politiques d'aménagement du territoire.

Le non respect de ses dispositions peut se traduire par des sanctions au titre du code de l'urbanisme, du code pénal ou du code des assurances. Par ailleurs, les assurances ne sont pas tenues d'indemniser ou d'assurer les biens construits et les activités exercées en violation des règles du PPR en vigueur lors de leur mise en place.

Le règlement du PPR s'impose :

- aux projets, assimilés par l'article L 562-1 du code de l'environnement, aux "*constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles "* susceptibles d'être réalisés,
- aux collectivités publiques ou aux particuliers, qui doivent prendre des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde,
- aux biens existants à la date de l'approbation du plan qui peuvent faire l'objet de mesures obligatoires relatives à leur utilisation ou aménagement.

PPRi et information préventive

Depuis la loi «Risque» du 30 juillet 2003 (renforcement de l'information et de la concertation autour des risques majeurs), les Maires dont les communes sont couvertes par un PPRN prescrit ou approuvé doivent délivrer au moins une fois tous les deux ans auprès de la population une information sur les risques naturels.

PPRi et Plan Communal de Sauvegarde (PCS)

L'approbation du PPRi rend **obligatoire** l'élaboration par le maire de la commune concernée d'un Plan Communal de Sauvegarde (PCS), conformément à l'article 13 de la loi n°2004-811 du 13 août 2004 relative à la modernisation de la sécurité civile.

En application de l'article 8 du décret n°2005-1156 du 13 septembre 2005 relatif au plan communal de sauvegarde et pris en application de l'article 13 de la loi n° 2004-811, la commune doit réaliser son PCS **dans un délai de deux ans** à compter de la date d'approbation du PPRi par le préfet du département.

PPRi et financement

L'existence d'un plan de prévention des risques prescrit depuis moins de 5 ans ou approuvé permet d'affranchir les assurés de toute modulation de franchise d'assurance en cas de sinistre lié au risque naturel majeur concerné (arrêté ministériel du 5/09/2000 modifiés en 2003).

L'existence d'un plan de prévention des risques prescrit ou approuvé sur une commune peut ouvrir le droit à des financements de l'État au titre **du Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs** (FPRNM), créé par la loi du 2 février 1995.

Ce fonds a vocation à assurer la sécurité des personnes et à réduire les dommages aux biens exposés à un risque naturel majeur. Sauf exceptions (expropriations), il bénéficie aux personnes qui ont assuré leurs biens et qui sont donc elles mêmes engagées dans une démarche de prévention.

Le lien aux assurances est fondamental. Il repose sur le principe que des mesures de prévention permettent de réduire les dommages et donc notamment les coûts supportés par la solidarité nationale et le système CAT-NAT (Catastrophes Naturelles).

Ces financements concernent :

- les études et travaux de prévention entrepris par les collectivités territoriales,
- les études et travaux de réduction de la vulnérabilité imposés par un PPR aux personnes physiques ou morales propriétaires, exploitants ou utilisateurs des biens concernés, sous réserve, lorsqu'il s'agit de biens à usage professionnel, d'employer moins de 20 salariés,
- les mesures d'acquisition de biens exposés ou sinistrés, lorsque les vies humaines sont menacées (acquisitions amiables, évacuation temporaire et relogement, expropriations dans les cas extrêmes),
- les actions d'information préventive sur les risques majeurs.

L'ensemble de ces aides doit permettre de construire un projet de développement local au niveau de la ou des communes qui intègre et prévient les risques et qui va au-delà de la seule mise en œuvre de la servitude PPR. Ces aides peuvent être selon les cas complétées par des subventions d'autres collectivités voire d'organismes telle l'ANAH dans le cadre d'opérations programmées d'amélioration de l'habitat (OPAH).

PHASES D'ELABORATION D'UN PPR

L'élaboration des PPR est **conduite sous l'autorité du préfet** de département conformément au décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995 modifié par le décret 2005-3 du 4 janvier 2005.

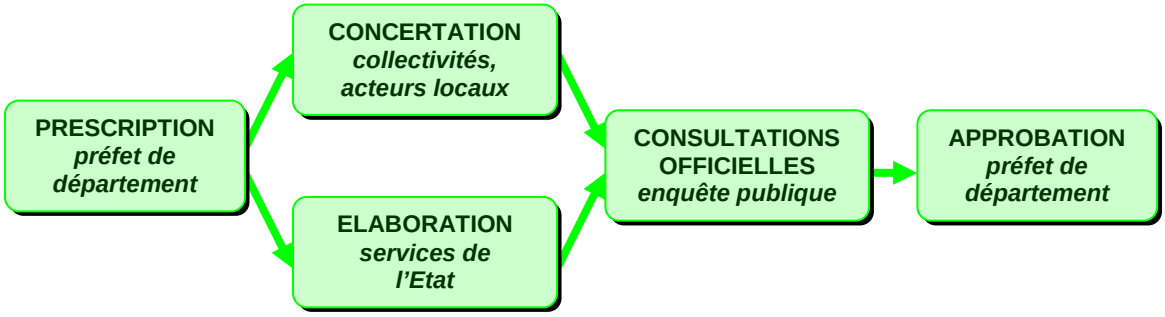
L'arrêté prescrivant l'établissement d'un PPR détermine le périmètre mis à l'étude et la nature des risques pris en compte; il désigne le service déconcentré de l'État qui sera chargé d'instruire le projet. Cet arrêté définit également les modalités de la concertation relative à l'élaboration du projet.

Après une phase d'élaboration technique et un travail de concertation étroit avec les collectivités concernées, le PPR est alors transmis pour avis aux communes et organismes associés.

Il fait ensuite l'objet d'une enquête publique à l'issue de laquelle, après prise en compte éventuelle des observations formulées, il est approuvé par arrêté préfectoral.

Un PPRi est donc élaboré dans le cadre d'une **démarche concertée** entre les acteurs et les entités de la prévention des risques.

La démarche concertée du PPRi.



Source : DDTM 30.

1.5 LA RAISON DE LA PRESCRIPTION DU PPRI ET LE PERIMETRE CONCERNE

En 2005, la crue du Vistre a rappelé la vulnérabilité des territoires riverains du cours d'eau.

19 communes ont été identifiées comme devant faire l'objet de l'élaboration d'un PPRi ; les arrêtés préfectoraux datent du 15 décembre 2010 et du 17 mai 2010.

▶ Aubord, ▶ Beauvoisin, ▶ Bernis, ▶ Bezouce, ▶ Bouillargues, ▶ Cabrières, ▶ Caissargues, ▶ Générac, ▶ Lédenon, ▶ Manduel	▶ Marguerittes, ▶ Milhaud, ▶ Poulx, ▶ Redessan, ▶ Rodilhan, ▶ Saint-Gervasy, ▶ Uchaud, ▶ Vauvert, ▶ Vestric-et-Candiac.

Sur le territoire communal des communes de Rodilhan, Bouillargues, Caissargues, Milhaud, Aubord, Bernis, Uchaud, Vestric-et-Candiac et Vauvert, les PPRI, une fois approuvés, emporteront révision partielle du Périmètre d'Application de l'Article R-111.3 du Code de l'Urbanisme, valant Plan de Prévention des Risques, sur le secteur " Moyen Vistre ".

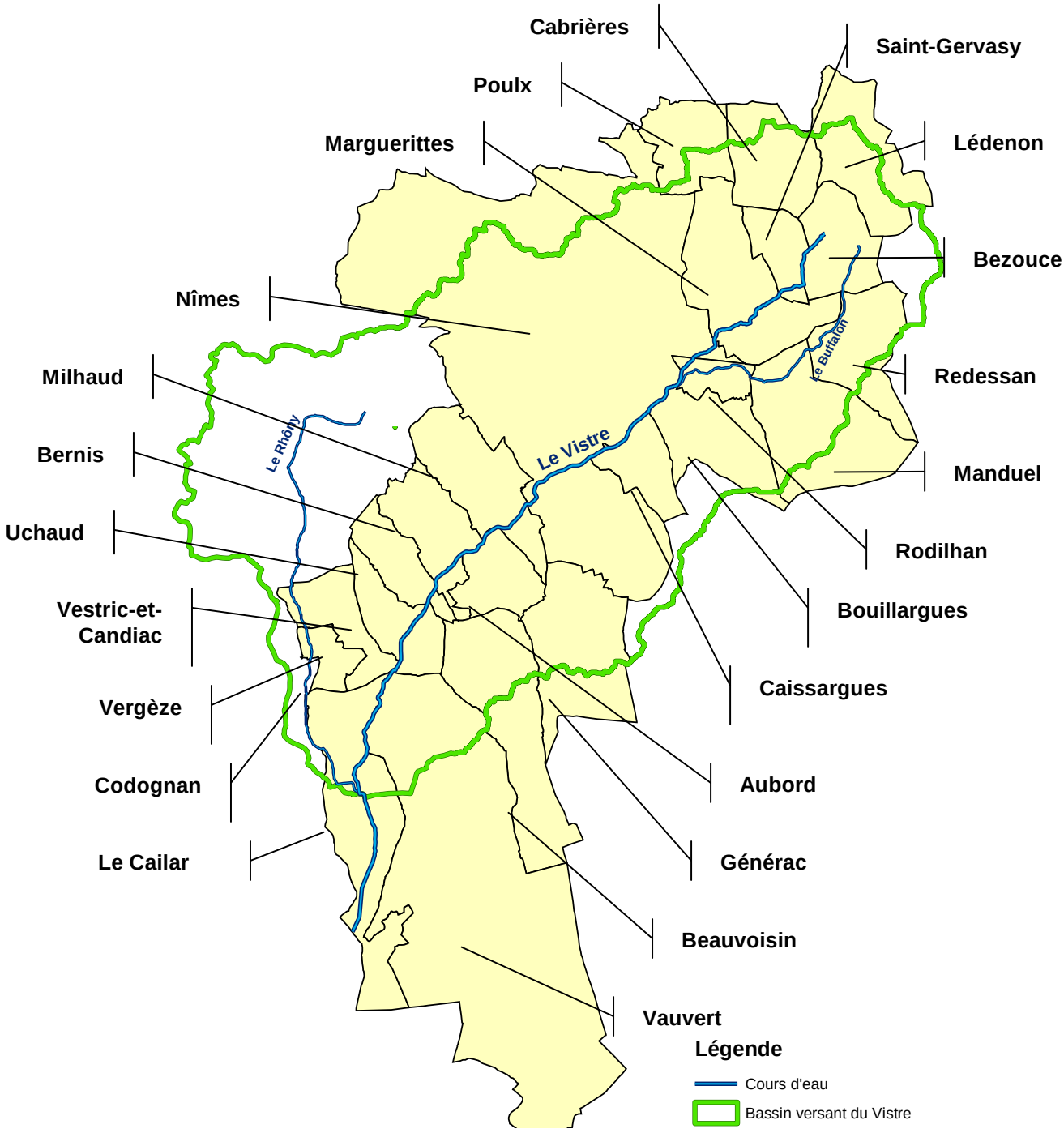
Cas particulier de la commune de Nîmes

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.



1.6 L'APPROCHE METHODOLOGIQUE (ETUDES TECHNIQUES PREALABLES)

La méthodologie aboutissant à la cartographie des zones de risque est basée sur la cartographie des aléas issue des études hydrauliques. Ces cartes d'aléa reposent sur :

- La prise en compte des débits et plus hautes eaux attendus pour une crue centennale, ou observés lors des crues historiques de 2005 et 1988, si ces dernières sont supérieures à celles d'une crue centennale modélisée (et compatibles avec la configuration actuelle des sites)
- L'hydrogéomorphologie des cours d'eau, qui permet de prendre en compte une crue exceptionnelle ou un facteur aggravant (embâcles, rupture de digue, …).

Pour le Vistre et ses affluents, les cartes d'aléas reposent sur la modélisation hydrologique et hydraulique d'une crue centennale, calée sur la crue de 2005.

Les analyses menées montrent que pour le bassin versant du Vistre, la crue de 2005 est inférieure à une crue de période de retour 100 ans. Ainsi, le risque cartographié sur le secteur d'étude peut être supérieur au souvenir que chacun peut avoir de la crue de septembre 2005.

Dans certains secteurs, les résultats d'études locales antérieures, dont les hypothèses hydrologiques et hydrauliques étaient conformes à l'étude globale sur le bassin du Vistre, ont été intégrées.

Pour le Rhône, qui concerne la partie Sud des territoires communaux de Vauvert et Beauvoisin, les cartes d'aléa reposent sur :

- la prise en compte des débits et plus hautes eaux pour une crue de référence du Rhône, qui est la crue de 1856 (hydrogrammes et débits), modélisés dans les conditions actuelles d'écoulement, intégrant les aménagements CNR. Cette information, fournie par l'instance de bassin (DREAL Rhône-Alpes), a fait l'objet du porté à connaissance (PAC) du 9/10/2009 et a été complétée le cas échéant par une topographie complémentaire,
- l'enveloppe de la crue de 1856, représentée par les PSS, permettant de donner le contour historique de la mobilisation du lit majeur du Rhône,

Les études techniques préalables consistent à cartographier les phénomènes naturels, les enjeux et les aléas. L'analyse du risque, le zonage règlementaire et le règlement associés, reposent ensuite sur le croisement des aléas et des enjeux.

RENCONTRES AVEC LES COMMUNES LORS DES ETUDES TECHNIQUES PREALABLES

Etude des aléas

Une mission d'enquête auprès des communes a été menée en septembre et octobre 2009 par BRLi. Cette mission a fait suite à l'envoi à l'ensemble des mairies concernées d'un questionnaire d'enquête. L'objet des rencontres a été d'associer les collectivités territoriales au démarrage de l'étude dans un souci de partage des connaissances et d'une appréciation commune des phénomènes liés au risque « inondation ».

Ces rencontres menées avec la ou les personnes désignées par les maires de chaque commune (généralement les personnes de la commune détentrice de la mémoire des crues passées…) ont permis de compléter au besoin le questionnaire envoyé et d'analyser ensemble l'état physique et les problématiques liées aux inondations des cours d'eau (repères des plus hautes eaux, secteurs à enjeux soumis aux risques « inondation », dynamiques des crues, vidéo, photos…).

Etude des enjeux

Chacune des 19 communes a été enquêtée sur place par BRLi en septembre et octobre 2009. Le maire ou un de ses représentants au fait des questions d'urbanisme a été rencontré ; l'entretien est synthétisé dans un questionnaire. Les enjeux remarquables ont fait l'objet d'une visite de terrain permettant de préciser leur vulnérabilité.

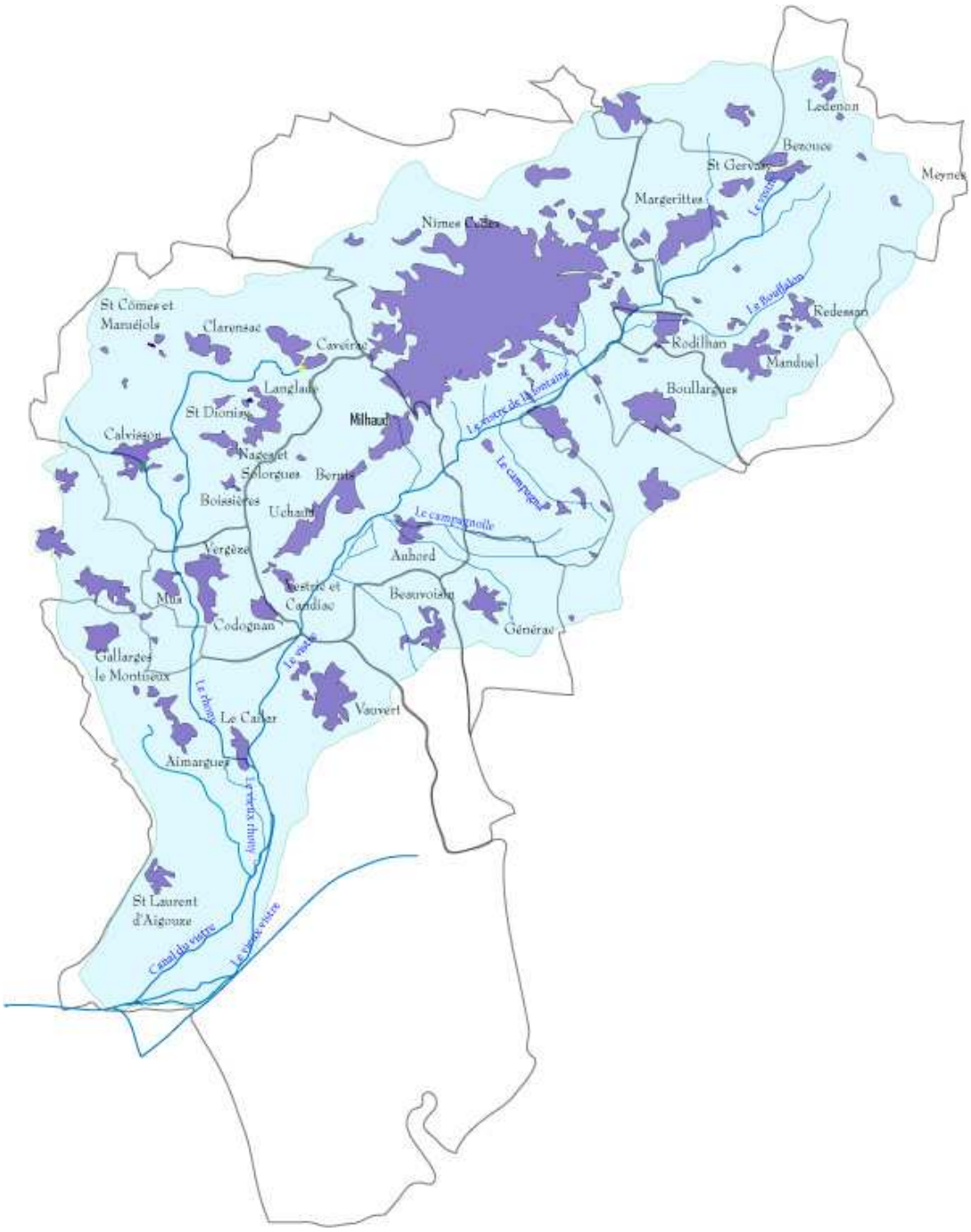
- L'**aléa** est la manifestation d'un phénomène naturel d'occurrence et d'intensité données. On évalue l'aléa à partir d'une crue de référence. Les critères utilisés sont principalement la hauteur d'eau et la vitesse d'écoulement.
- Les **enjeux** sont l'ensemble des personnes, biens économiques et patrimoniaux, activités technologiques ou organisationnelles, etc. susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel et de subir des préjudices. Les enjeux se caractérisent par leur importance (nombre, nature, etc.) et leur vulnérabilité.
- La **vulnérabilité** exprime et mesure le niveau des conséquences prévisibles de l'aléa sur les enjeux. Elle caractérise la plus ou moins grande résistance d'un enjeu à un événement donné.
- Le **risque** est le croisement d'un aléa avec des enjeux et permet de réaliser le **zonage** réglementaire. Le risque majeur se caractérise par sa faible fréquence, sa gravité et l'incapacité de la société exposée à surpasser l'événement. Des actions sont dans la plupart des cas possibles pour le réduire, soit en atténuant l'intensité de l'aléa, soit en réduisant la vulnérabilité des enjeux.

Les notions d'aléa, enjeux et risque.

Source : DDTM 30.

2. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET HYDROLOGIQUE

Le bassin versant du Vistre.



Source : SMBVV.

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 Rhôny, le Vistre draine un bassin versant de l'ordre de 480 km^2 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, défluents ou bras morts constituant l'ancien cours d'eau. Parmi les plus importants, principalement à l'aval du Cailar, le Vieux Vistre, le Rhôny Vieil ou Vieux Rhôny.

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.

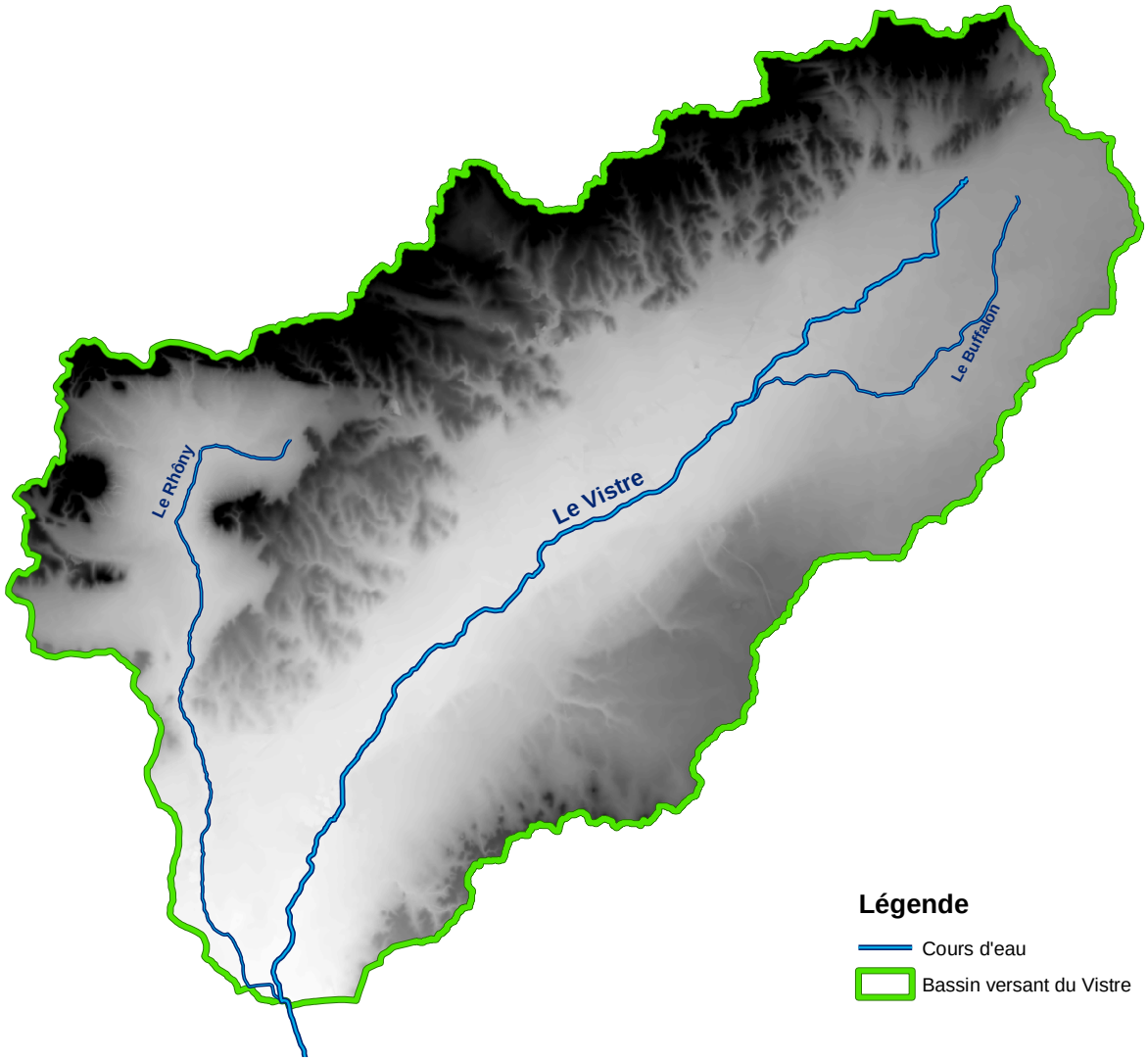
Le réseau hydrographique s'est adapté au relief disparate du bassin versant, constituant ainsi des ruisseaux à fortes pentes, issus des plateaux des Garrigues et des Costières, et des cours d'eau de plaine, à écoulement lentique (Vistre, Rhôny et Buffalon).

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 Rhôny en rive droite, qui constitue le principal affluent, qui a lui-même comme principal affluent le Rhôny 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 Bezouce 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 Rhôny 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 Bezouce 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 Rhôny :
  - de Caveirac au pont de la RD139 à Vergèze, les berges sont endiguées de façon irrégulière (protection des cultures viticoles, dérivations du Rhôny 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 Rhôny 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).

LE BASSIN VERSANT DU RHONE

Le Rhône prend sa source en Suisse, à 1753 m d'altitude, au Glacier de la Furka, dans le massif alpin du Saint Gothard. Ce glacier valaisan, qui culmine à plus de 3600 m, s'étend sur près de neuf kilomètres de long, a une superficie de 17 km² et un volume de 2,6 milliards de m^3.

Le Rhône peut être divisé en cinq entités hydrographiques aux reliefs et aux climats distincts:

- Le Rhône alpestre, de sa source au Léman, est un torrent qui parcourt 165 km dans une vallée encaissée entre les Alpes Bernoises au Nord et les Alpes Pennines du Valais. Son bassin versant, de 5220 km² à l'entrée du Léman, est remarquable par son relief élevé et accidenté. Plus de la moitié de la surface drainée se situe au-dessus de 2100 m d'altitude. La pente moyenne est forte (0,9% ou 9 m/km). À la sortie du Léman, l'altitude du Rhône est de 370 m et la surface drainée de 8000 km².
- Le Haut Rhône français, du Léman à la Saône, dans un parcours sinueux de 210 km, traverse les massifs du Jura et des Préalpes avant de rejoindre la plaine de l'Ain. Son bassin est de 12 300 km² et sa pente 0,1 % (1 m/km). Sur ce tronçon, le fleuve rencontre une succession de gorges étroites (défilés de Bellelgarde et de Yenne), et de plaines aux champs d'inondation étendus (marais de Chautagne et Lavours, plaine de Yenne). Le Lac du Bourget, plus grand lac naturel français, draine un bassin de 560 km² et se déverse dans le Rhône par le canal de Savières. Le cours de cet émissaire s'inverse lors des crues du fleuve de sorte que le lac participe ainsi à leur atténuation.
- Le Rhône Moyen, de la Saône à l'Isère, parcourt 110 km et draine un bassin de 46 150 km². À Lyon, le fleuve se heurte à la barrière rocheuse du Massif Central qui l'oblige à modifier la direction de son cours suivant un axe Nord -Sud qu'il ne va plus quitter jusqu'à la mer. Il longe alors le Massif Central et les Préalpes. Dans ce tronçon, la pente moyenne s'abaisse à 0,05% (0,5 m/Km).
- Le Rhône Inférieur, de l'Isère à l'amont du delta, draine un bassin de 29 150 km², soumis au climat méditerranéen. Son cours, long de 160 km, est une suite de défilés et de plaines alluviales qui respecte l'axe d'écoulement rectiligne Nord Sud imposé par les massifs qui l'encadrent. La pente moyenne est de 0,06% (0,6 m/km).
- Le delta à hauteur d'Arles ou Rhône aval, où le fleuve se sépare en deux bras qui enserrent la plaine de la Camargue. Le petit Rhône, de direction Sud Ouest, rejoint la Méditerranée 40 km plus loin dans le golfe de Beauduc. Le Grand Rhône s'oriente au Sud Est pour déboucher dans la mer près de Fos. Ces deux bras présentent des pentes très faibles de l'ordre de 0,004% (4 cm/km]. En Méditerranée, le delta du Rhône est par sa superficie (500 km²) en deuxième position derrière le delta du Nil.

Par son débit moyen, le Rhône est le fleuve français le plus puissant. Il est encore plus remarquable par son débit rapporté à la surface du bassin versant, inégalé en Europe, de 11500 m^3/s à Beaucaire en 2003.

À son embouchure, le Rhône présente un régime saisonnier régulier marqué par de hautes eaux automnales et de basses eaux estivales et hivernales.

La variété des climats et régions drainées confère au Rhône un régime complexe qui regroupe trois composantes : glaciaire, nivale et pluviale. Par cette triple alimentation, les apports du Rhône sont diversifiés et abondants toute l'année, ce qui lui donne un régime saisonnier assez régulier qui présente des nuances tout au long de son cours :

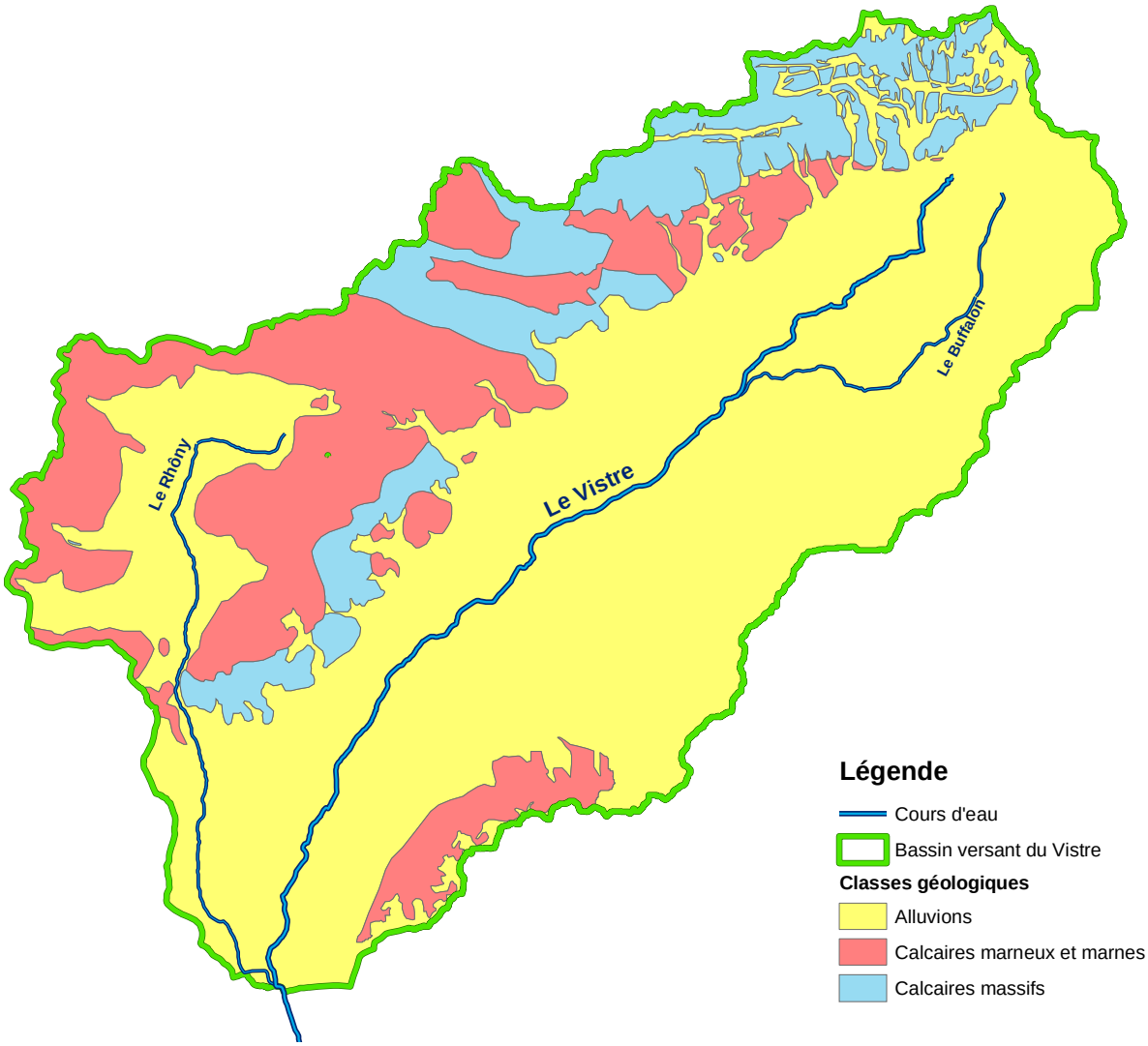
- Le Rhône alpestre, le Haut Rhône français ainsi que l'Isère ont un régime nivo- glaciaire aux hautes eaux d'été. La Saône et l'Ain ont un régime océanique avec de hautes eaux hivernales dues aux pluies et de basses eaux estivales. L'influence nivale de l'Ain gonfle les débits printaniers du fleuve.
- Les affluents méditerranéens du Rhône aval connaissent de sévères étiages estivaux et des crues rapides en automne.
- Le Rhône aval présente un régime hydrologique inverse de celui de son cours supérieur avec de hautes eaux de printemps et d'automne et de basses eaux en été et en hiver.

2.2 NATURE ET OCCUPATION DU SOL

2.2.1 Entités géologiques

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

Formations géologiques du bassin du Vistre.



Source : BRGM.

FORMATIONS CRETACEES : CALCAIRES MASSIFS

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

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

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

FORMATIONS DU PLIOCENE : CALCAIRES MARNEUX ET MARNES

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

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

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

FORMATIONS QUATERNAIRES RECENTES : ALLUVIONS

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

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

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

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

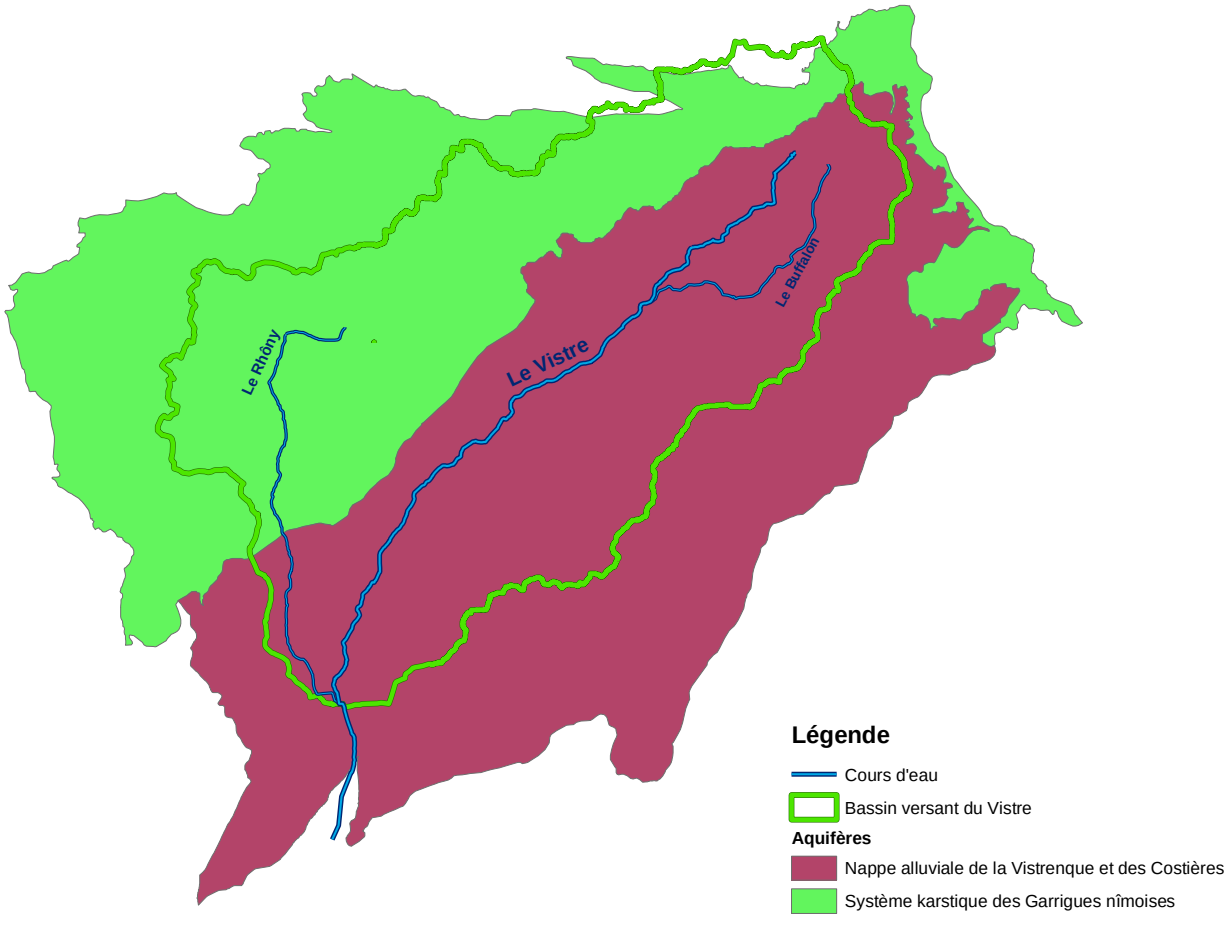
Les caractéristiques géologiques des sols seront prises en compte dans le cadre des analyses hydrogéomorphologique et hydrologique.

2.2.2 Entités hydrogéologiques

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

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

Formations hydrogéologiques du bassin du Vistre.



Source : AE RMC.

LA NAPPE ALLUVIALE DE LA VISTRENQUE ET DES COSTIERES

Source : SMNVC (SAGE, 2006).

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

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

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

LE SYSTEME KARSTIQUE DES GARRIGUES NIMOISES

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

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

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

En octobre 1988, le nappes des Garrigues, déjà gonflées par des infiltrations consécutives aux pluies de septembre, n'auraient stockées que 4 à 4 200 000 m^3 d'eau, et celles du piémont, alimentées en partie par celles des Garrigues, auraient emmagasiné 300 000 m^3 d'eau au maximum. Avec une rétention totale inférieure à 4 500 000 m^3, 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*).

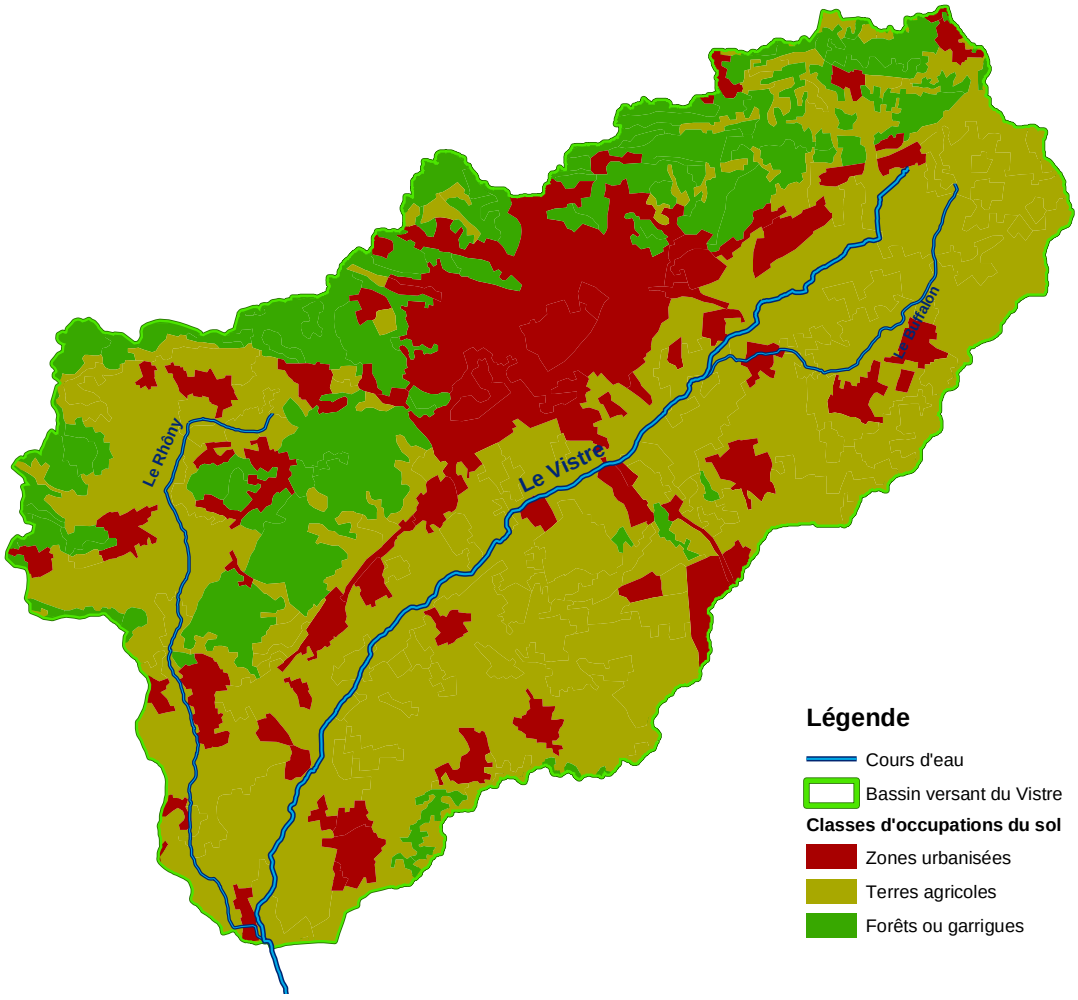
En septembre 2005, le premier épisode pluvieux du 6 septembre a saturé le karst provoquant une baisse de rétention de la capacité du bassin versant, ce qui a induit, lors du second épisode du 8 septembre, une aggravation de la crue (source : *Analyse hydrogéologique de la contribution de l'eau souterraine 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^2 au total) entre les différents zonages est la suivante :

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

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

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

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

2.3 CLIMAT ET PLUVIOMETRIE

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

Ces pluies très fortes s'abattent sur le bassin versant en un cours 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.

2.4 AMENAGEMENTS STRUCTURANTS ET OUVRAGES HYDRAULIQUES

2.4.1 Historique des aménagements

2.4.1.1 Le Vistre

DES ORIGINES AU XIXEME SIECLE

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. Rhôny, 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'abreuvage 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 XIXEME SIECLE : 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 contigües.

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 Rhôny 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 Buffalon

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 Rhôny. 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'élément 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 :

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

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.

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.

2.5 LES CRUES HISTORIQUES

2.5.1 Les crues du Vistre depuis plus d'un siècle

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

Dates	Cours d'eau ou localité inondée
6 et 8 septembre 2005	*Vistre – Rieu – Campagnolle*
Décembre 2003	*Rhône – Vistre*
22 septembre 2003	*Vistre – Rhôny – Rieu - Campagnolle*
8 au 9 septembre 2002	*Vistre – Buffalon*
21 octobre 1999	*Vistre – Rhôny – Rieu –Campagnolle*
Décembre 1996	*Vistre – Rhôny*
Octobre 1990	*Nîmes*
2 au 3 octobre 1988	*Cadereaux - Vistre - Rhôny*
Janvier 1988	*Rhôny*
Février 1987	*Vistre – Rhôny*
23 août 1984	*Cadereaux*
26 octobre 1977	*Cadereaux – Vistre*
1976	*Vistre – Rhôny*
1974	*Rieu – Campagnolle*
1972	*Le Cailar*
1967	*Rhôny*
5 novembre 1963	*Cadereaux – Vistre – Rhôny*
1962	*Le Cailar*
4 octobre 1958	*Rhôny*
1952	*Le Cailar*
17 novembre 1951	*Aubord*
10-11 novembre 1951	*Vistre*
1945	*Rhôny*
1942	*Le Cailar*
Septembre 1938	*Calvisson-Vauvert-Le Cailar*
26-27 septembre 1933	*Rhôny – 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	*Rhôny – 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*).

2.5.2 Les crues majeures récentes

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.

2.5.2.1 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 2ème 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.

L'usine d'embouteillage Perrier en rive droite du Vistre est inondée

Le canal BRL déborde 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 (*source : SAFEGE, 2006*).

Station d'épuration de Vauvert (*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 Rhôny, le Vistre surverse en rive droite au droit du mas du Vistrhôny 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 2ème 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 Rhôny sont limités et ne provoquent pas de dégâts importants.

2.5.2.2 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 Rhôny, la crue est majeure et atteint une partie des zones urbanisées de Vergèze et Codognan.

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

2.5.2.3 Crues sur le bassin versant du Rhône

1856

L'inondation de mai 1856 résulte d'une crue généralisée liée à la concordance exceptionnelle d'une pluviométrie très forte océanique et méditerranéenne (110 mm de pluie en 48 heures à Lyon, 150 mm dans la Drôme et l'Ardèche). À Lyon, le débit du Rhône atteint 4200 m^3/s en même temps que la Saône apporte 1800 m^3/s, soit un débit de 6000 m^3/s à Givors. D'après Maurice Pardé, il s'agit de la plus redoutable concordance jamais observée. Plus à l'aval, les concordances sont parfaites avec les crues de l'Isère (2600 m^3/s), de la Drôme (820 m^3/s) ou de la Durance (2000 m^3/s). Le débit à Beaucaire atteint ainsi 12 500 m^3/s.

1890

En septembre 1890, une pluviométrie très forte touche le Gard (600 mm cumulés sur la Cèze) et l'Ardèche (700 mm sur six jours) et provoque une crue cévenole qui touche la partie la plus aval du Rhône. L'Ardèche dont la crue est décalée d'une journée avec celle du Rhône atteint un débit de 7500 m^3/s et les Gardons 2900 m^3/s. Les fortes crues de l'Ardèche provoquent à la confluence un remous important. Les eaux de l'affluent peuvent alors barrer la route du Rhône et aller frapper la rive opposée en provoquant des débordements à Lamotte-du-Rhône. Les populations situées à l'aval parlent en ce cas des "crues de l'Ardèche" plutôt que de celles du Rhône, comme si l'affluent continuait de se distinguer dans le lit du Rhône.

1899-1910

Après des pluies océaniques importantes sur le Rhône amont à la mi-octobre 1896, des événements pluvieux généralisés se succèdent jusqu'à la fin du mois pour former une crue généralisée du Rhône, particulièrement forte à l'aval de Lyon du fait de la concomitance des crues de la Saône et du Rhône. C'est la troisième plus importante après celles de 1840 et 1856. On enregistre 6800 m^3/s à Valence et 7200 m^3/s à Viviers. Au printemps 1902, le Rhône déborde ponctuellement à l'aval de Valence. En janvier 1910, en même temps que la crue historique de la Seine, le Rhône connaît une crue océanique. On mesure des débits importants sur les affluents de l'amont : 1700 m^3/s sur le Doubs ; 2380 m^3/s sur la Saône ; 1800 m^3/s sur l'Ain et 1000 m^3/s pour l'Isère. La crue est exceptionnelle à Lyon. En décembre de la même année, une crue méditerranéenne touche l'aval du Rhône.

1935

En 1935, la pluviométrie a été très importante depuis le mois d'octobre venant saturer les sols. De fortes averses se succèdent au début du mois de novembre d'influence océanique d'abord puis cévenole et provençale ensuite. La crue du Rhône se prolonge jusqu'en janvier 1936 et touche particulièrement l'aval du bassin. Avignon focalise l'attention de la presse et devient la ville sinistrée emblématique de ces inondations exceptionnelles. Cependant, des débordements ont lieu sur l'ensemble du bassin depuis Lyon jusqu'à l'aval particulièrement touché où les articles de presse relatent la situation de villes et de villages tel Roquemaure, Arles, Aramon, Beaucaire, Caderousse, Piolenc ou encore Vallabrègues.

1944-1955

Les deux épisodes pluvieux de novembre 1944 ont été accentués par la fonte des neiges pour former une crue très forte sur l'amont du Rhône, bien qu'écrêtée par les barrages suisses. La sortie du Rhône du Lac Léman a été gérée de manière à limiter le débit au moment du passage de la crue de l'Arve. On compte 1520 m^3/s à Pougny, 2400 m^3/s à Lagnieu, 4250 m^3/s à Lyon. La crue méditerranéenne de novembre 1951 touche principalement l'aval de Valence. En janvier 1955, la crue de la Saône atteint 2800 m^3/s à l'entrée de Lyon et ses effets se font sentir sur la vallée du Rhône jusqu'à Avignon.

2003

Du 1er au 5 décembre 2003, le Rhône et ses principaux affluents ont connu des crues importantes ayant engendré des inondations catastrophiques. Les précipitations observées entre le 1er et le 3 décembre 2003 ont été exceptionnelles par leur durée et surtout leur extension géographique. Sur les deux derniers siècles, cette crue est la troisième la plus importante du bas Rhône après celles de novembre 1840 et mai-juin 1856. En aval de Viviers (Ardèche), les débordements majeurs ont provoqué des dégâts importants, dont le coût estimé dépasse le milliard d'euros. Par son ampleur, cet événement a confirmé la nécessité d'une stratégie globale de prévention du risque inondation sur le bassin du Rhône.

La crue du Rhône est provoquée par un épisode pluvieux d'une durée exceptionnelle de 3 à 4 jours, survenant après un mois de novembre déjà pluvieux. En réaction à ces précipitations exceptionnelles, tous les affluents du Rhône en aval de Lyon connaissent des crues plus ou moins importantes. Les plus forts débits sont atteints sur les affluents cévenols : l'Ardèche avec un débit de 2960 m^3/s et l'Eyrieux avec 1720 m^3/s. Le débit de la Durance est un peu plus faible, de l'ordre de 1500 m^3/s (crue annuelle).

La crue du Rhône est faible en amont de Valence, moyenne entre Valence et Viviers, et très forte sur le bas Rhône. Entre le mardi 2 décembre et le jeudi 4 décembre, le pic de crue se propage de Valence à Arles en prenant toujours plus d'ampleur à cause des crues des affluents.

A Beaucaire, le fleuve atteint un débit exceptionnel de 11 500 m^3/s le 3 décembre à 21 heures. Ce débit a été validé en juillet 2005 par une conférence de consensus qui a réuni des experts internationaux. Il correspond à une période de retour légèrement supérieure à la crue centennale.

Le retour à « la normale » est plus ou moins rapide selon les secteurs : sur le Rhône moyen, les rivières retrouvent rapidement leur lit habituel (dès le 3 décembre dans la région lyonnaise, vers le 4 décembre plus au sud), tandis qu'en aval de Beaucaire, les eaux stagnent durant des jours, voire des semaines, avant d'être évacuées vers la mer.

2.5.2.4 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).

2.5.3 Repères de crue

Les repères des Plus Hautes eaux (PHE) connues sur le bassin versant ont fait l'objet de plusieurs recensements :

- Le recensement et le levé des PHE de la crue de 2005, réalisé par Hydrologik pour la DDE du Gard,
- Le recensement et le levé 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,
- Le recensement et le levés des PHE de la crue de 1988 sur le Rhôny, le Vistre aval et le Razil lors de l'étude générale d'aménagement hydraulique du Vistre-Rhôny 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).

3. CARTOGRAPHIE DU RISQUE

L'étude technique préalable au PPRi du bassin versant du Vistre s'est appuyée sur la collecte et synthèse des données existantes, des rencontres avec les représentants des communes, des Investigations de terrain, et des analyses hydrologiques et hydrauliques.

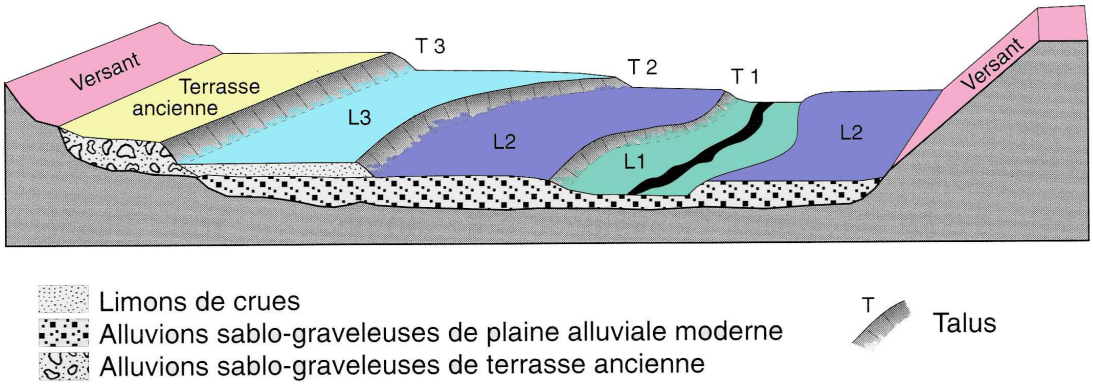
3.1 CARTOGRAPHIE DE L'ALEA DU VISTRE ET DE SES AFFLUENTS

3.1.1 Analyse hydrogéomorphologique

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.



L1 - Lit mineur
L2 - Lit moyen
L3 - Lit majeur

T1 - Limite des crues non débordantes
T2 - Limite du champ d'inondation des crues fréquentes
T3 - Limite du champ d'inondation des crues exceptionnelles

Source : Cartographie des zones inondables, 1996.

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.

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 disparait 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).

Plaines alluviales

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

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

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.

3.1.2 Description générale du fonctionnement hydraulique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.1.3 Modélisation hydrologique et hydraulique des crues

Les stations de mesure hydrométriques situées sur le Vistre 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 et statistiques ne peuvent donc être évalués par les stations de mesure du bassin versant du Vistre.

La connaissance des débits de référence du Vistre implique de mettre en œuvre une modélisation hydrologique couplée à un modèle hydraulique, permettant d'estimer le ralentissement dynamique induit par la plaine du Vistre et du Buffalon.

Une étude de la pluviométrie locale, basée sur l'analyse des données du réseau de suivi pluviométrique (pluviométrie mesurée au sol et lames d'eau mesurées par radar) a abouti à la reconstitution des évènements de septembre 2005 et septembre 2002, ainsi qu'à la définition de pluies de période de retour 10, 50 et 100 ans.

Des transformations pluie-débit appliqués aux sous bassins versant ont permis de générer des hydrogrammes (débits en fonction du temps) d'entrée dans les modèles hydrauliques.

Les modèles hydrauliques reposent sur des levés topographiques représentants les champs d'écoulement de crue :

- 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 repères de crue (PHE).
- Levés LIDAR : 160 km² de champ majeur des cours d'eau, avec une densité de points de 3 points par m² et une précision de + ou – 8 cm.

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.

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 évènements 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 Pondre (communes concernées : Nîmes et Milhaud), dont le volume est très important (4,6 millions de m^3) 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 évènements de calage (septembre 2005 et septembre 2002), lorsque les bassins existaient, comme c'est le cas de plusieurs bassins de Nîmes.

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.

- **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;
  - **déversement à l'aval :** les zones inondées par déversement du canal lors de l'événement de septembre 2005 ont été cartographiées lors des enquêtes menées après l'événement ; 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 événement 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 Bezouce et Vestric. Les écrêtements induits ont été étudiés au cas par cas lors des modélisations. La photographie ci-après prise en 2005 sur l'autoroute au droit de l'aire de Margueritttes illustre le manque de transparence de l'infrastructure pour les événements pluvieux rares dans certains secteurs.

CALAGE ET RESULTATS DES MODELISATIONS

Les modèles hydrauliques, de type casiers sur les zones de plaine compartimentées, et de type filaire sur les lits mineurs du Vistre et sur les affluents pentus, ont été calés sur les repères des crues passées, notamment la crue de 2005.

La crue centennale du Vistre est 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 du Vistre 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^3/s, la crue 2005 à 394 m^3/s, la crue 1988 à 359 m^3/s, la crue centennale à 521 m^3/s.

La doctrine nationale pour l'élaboration des PPRi préconise de prendre en compte un aléa de référence correspondant à la plus forte crue historique connue et au minimum à la crue centennale. La crue de référence du Vistre est donc la crue centennale.

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 :

Avec la digue	Effacement de la digue

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.

3.1.4 Intégration des résultats des études existantes

Les aléas des études existantes dont la démarche s'est révélée cohérente avec celle du PPRi, ont été intégrés aux aléas du PPRi.

- Lédenon : Etude globale du bassin versant des Agaous , BRLi, 2004.
- Vauvert : Etude de l'aléa inondation et cartographie des zones inondables sur les secteurs Valat de la Reyne et Gallician, BRLi, 2004
- Milhaud et Bernis :
  - 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 commune de Milhaud et Bernis, SAFEGE, 17 décembre 2012, Réf. : 11MHY022.
- Le Mirman à Caissargues : Zonage du risque inondation à l'échelle communale et intégration dans les documents d'urbanisme, Egis Eau, 2009.
- Aubord et Générac : Schéma d'aménagemetn hydraulique et de protection des zones habitées contre les inondations, BRLi, 2011.

3.2 CARTOGRAPHIE DE L'ALEA DU RHONE (VAUVERT ET BEAUVOISIN)

Le Rhône bénéficie d'une somme de connaissances importantes sur son fonctionnement. On citera en premier les travaux de Maurice Pardé (Le régime du Rhône, Lyon, 1925) qui représente une référence scientifique incontournable sur le fonctionnement hydrologique du Rhône et sur les paramètres des crues historiques du XIXème siècle et du début du XXème.

Ensuite, le Rhône a fait l'objet d'études hydrauliques détaillées dans le cadre de la réalisation des aménagements hydroélectriques de la CNR entre les années 1940 et 1960. Plus récemment, suite aux crues importantes des années 1990, l'étude globale sur le Rhône (1999-2002) avait pour objet d'élaborer une stratégie de gestion du Rhône. Elle comprend les volets hydrologique, hydraulique, transport solide et enjeux qui ont chacun produit des données et des analyses consolidées sur l'ensemble du Rhône français.

L'aléa de référence, a été défini sous la maitrise d'ouvrage de la DREAL de Bassin Rhône-Alpes en s'appuyant sur les débits et hydrogrammes de la crue historique de 1856 (12.500 mètres cubes à la station de Beaucaire) aux conditions actuelles d'écoulement du Rhône.

La phase de recueil des données sur les événements historiques a été élaborée à partir des documents et observations disponibles, certains datant parfois d'une époque où les lits mineurs et majeurs avaient des caractéristiques et des occupations fort différentes. Ces données servent donc de référence historique.

PLUS FORTES CRUES ANNUELLES DU BAS RHONE (Tableau provisoire)

RANG	TERNAY 1895-2001			VALENCE 1855-2001			VIVIERS 1910-2001			AVIGNON (1845-1994)			BEAUCAIRE 1856-1999		
	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s	Date	H en m	Q en m3/s
1	26/02/1957		5320	31/05/1856	7.00	8300	09/10/1993	4.85	7715	03/12/2003		10700	04/12/2003		11500
2	16/02/1928		5120	01/11/1896	6.11	7400	02/12/2003	4.92	7700	31/05/1856	7.83	10400	31/05/1856	7.95	11640
3	01/01/1955		5075	08/10/1993	5.30	6700	07/01/1994		7588	08/01/1994	7.20	9000	08/01/1994		11006
4	26/11/1944		4850	11/11/1886	5.77	6620	17/11/2002	4.71	7500	14/11/1935	7.32	8710	12/11/1886	7.55	10200
5	02/11/1896		4830	26/11/1944	5.75	6620	21/11/1951		6660	30/09/1900	6.94	8650	10/10/1993		9800
6	25/12/1918		4830	16/11/2002	5.22	6600	14/06/1941		6470	22/11/1951	7.27	8270	14/11/1935	7.68	9600
7	23/03/2001	5.84	4780	17/02/1928	5.66	6480	20/01/1955		6320	10/10/1907	6.83	8270	22/11/1951	7.64	9170
8	27/05/1983		4756	19/01/1955	5.70	6300	27/11/1944		6180	09/10/1993	6.39	8200	21/10/1872	6.87	9080
9	05/01/1936		4700	26/12/1918	5.54	6100	23/03/2001	3.96	6162	12/11/1886	6.55	8125	02/11/1896	7.00	9060
10	12/02/1945		4690	03/01/1883		6040	13/11/1935		6000	02/11/1896	6.64	8115	13/11/1996		8981
11	17/11/2002	5.67	4613	23/03/2001	4.88	6022	18/02/1928		5975	07/12/1910	6.43	7925	30/09/1900	7.08	8940
12	30/12/1923		4570	06/01/1936	5.40	5830	28/02/1957	4.00	5900	21/10/1872	6.26	7820	01/01/1889	6.83	8780
13	10/10/1993	5.73	4417	18/05/1983	4.65	5690	11/12/1954		5860	06/01/1919	6.68	7725	11/11/1976		8690
14	21/01/1910		4380	27/02/1957	5.40	5680	19/05/1983	3.77	5850	19/10/1846	5.80	7440	08/12/1910	7.02	8660
15	17/02/1990	5.65	4354	31/12/1923	5.30	5630	07/01/1936		5800	29/10/1882	6.07	7265	10/11/1907	6.83	8500
16	23/11/1992	5.64	4309	02/12/2003	4.60	5600	13/11/1996		5795	22/12/1958	6.70	7110	29/10/1882	6.60	8390
17	16/01/1899		4230	13/11/1935	5.23	5470	05/01/1919		5770	11/11/1976	6.00	7080	06/01/1919	6.80	8280
18	19/12/1981		4186	05/01/1919	5.19	5450	26/12/1918		5725	15/04/1847	5.37	7040	24/10/1977		8125
19	01/01/1919		4160	28/10/1882	5.18	5440	01/12/1910		5720	09/11/1982	5.70	7010	28/10/1864		8100
20	12/02/1977		4105	07/01/1994	4.48	5380	10/10/1988		5655	08/10/1960		6950	09/11/1982		8025
21	14/11/1935		4100	18/12/1981	4.20	5376	04/05/1977		5480	28/10/1864	5.70	6920	19/12/1997		8020
22	06/11/1939		4090	23/11/1992		5328	23/11/1992		5464	29/11/1944	6.40	6750	08/10/1960	6.98	7960
23	08/01/1982		4045	18/01/1899	5.10	5300	20/11/1950		5460	22/01/1955	6.49	6710	22/12/1958		7920
24	23/02/1999	5.22	4040	11/04/1922	5.07	5280	23/03/1937		5400	03/01/1936	6.39	6570	21/05/1917	6.56	7850
25	28/12/1925		4030	02/06/1877		5235	06/10/1960		5390	12/10/1988		6450	03/01/1936	6.82	7820
26	05/09/1956		3960	20/12/1910	5.06	5220	18/11/1940		5390	22/04/1848	5.25	6445	23/10/1891		7800
27	12/04/1922		3940	01/01/1924		5220	15/02/1945		5375	22/10/1891	5.55	6400	27/02/1978		7800
28	26/02/1995	5.05	3883	15/03/1876	5.02	5200	08/05/1932		5375	09/12/1977	5.67	6360	06/10/1924		7600
29	09/03/1914		3870	17/02/1990		5189	31/12/1923		5375	07/11/1963	6.36	6320	21/10/1855		7550
30	27/11/1950		3840	03/11/1859		5160	17/02/1990		5345	30/10/1853	5.18	6290	04/11/1914		7480
31				01/04/1902		5120	14/03/1931		5340						

ATTENTION Toutes les dates commençant par 01/01 sont incertaines en ce qui concerne le jour et le mois

Sur le Rhône, les stations limnimétriques permettent de connaître les hauteurs d'eau depuis plus de cent ans et les débits sur des périodes variables. Les calculs statistiques effectués sur ces données permettent d'évaluer les probabilités d'occurrence des crues et d'établir les débits des crues caractéristiques :

Station Débit (m^3/s)	Pougny	Bognes	Seyssel	Brens	Lagnieu	Perrache	Ternay	Valence	Viviers	Beaucaire
Débit de la crue caractéristique décennale (Q10)	1180	1450	1430	1720	1810	3120	4450	5620	6100	8400
Débit de la crue caractéristique centennale (Q100)	1470	1920	1940	2150	2400	4230	6000	7510	8120	11300
Débit de la crue caractéristique exceptionnelle	1800	2375	2450	2570	2970	5310	7310	9370	10100	14160

La doctrine nationale pour l'élaboration des PPRi préconise de prendre en compte un aléa de référence correspondant à la plus forte crue historique connue et au minimum à la crue centennale. Ce principe a été décliné dans le contexte rhodanien marqué par les aménagements majeurs réalisés dans les années 1960 et 1970 par la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) pour exploiter le potentiel hydroélectrique du fleuve, favoriser la navigation et permettre l'irrigation. Les conditions d'écoulement ont ainsi été fortement modifiées depuis les grandes crues du XIXème siècle. Par conséquent, la doctrine Rhône définit l'aléa de référence en aval de Lyon comme la crue de 1856, ces crues étant modélisées aux conditions actuelles d'écoulement (et avec des conditions de fonctionnement des ouvrages CNR bien identifiées sur les secteurs concernés).

L'aléa en Camargue

A la différence de la méthode utilisée pour déterminer l'aléa de référence sur l'essentiel du cours du Rhône à partir des niveaux en lit mineur et de l'analyse des conditions de débordement en lit majeur, en aval de Beaucaire-Tarascon et dans le secteur de Camargue, la configuration du lit majeur du Rhône « en toit », nécessite une méthode adaptée. En effet, l'espace deltaïque est caractérisé par une pente très faible du fleuve et des apports solides importants d'alluvions et de sédiments. Le fleuve forme alors plusieurs méandres que l'intervention de l'homme a tenté de fixer à l'aide d'endiguements, responsables également d'une élévation du lit mineur par rapport au lit majeur.

Cette morphologie explique que toutes les crues importantes se sont accompagnées de ruptures de digues en général imprévues et assez aléatoires générant le déversement de volumes importants dans le delta du Rhône : inondation généralisée du delta en 1856, inondation de la Camargue insulaire et de la Grande Camargue en 1993, inondation de la Camargue insulaire et de la Camargue Gardoise en 1994, inondation de la plaine d'Aramon en 2002, inondation de la Camargue Gardoise et d'Arles en 2003.

Selon la doctrine nationale, l'aléa dans le lit majeur protégé par des digues doit correspondre à une propagation de la crue avec l'effacement complet des digues. Ces digues constituent un seul système de protection opérant pour chacune des rives sur l'ensemble du lit majeur. Dans la configuration « en toit » du delta du Rhône, l'effacement des digues conduit à une situation très particulière : le débit du lit mineur se déverse rapidement en rive droite et en rive gauche à l'entrée du Delta (immédiatement en aval de Beaucaire-Tarascon) et un volume considérable recouvre ce secteur; plus en aval, le niveau du Rhône est très abaissé et il n'y aurait plus que des débordements très limités, notamment en Camargue insulaire. Cette méthode s'avère peu adaptée aux zones de delta.

Pour déterminer l'aléa de référence en prenant en considération le mode de propagation particulier des crues dans le delta du Rhône, la méthode s'appuie sur l'hydrogramme de la crue de 1856 à Beaucaire et sur le modèle à casiers de Beaucaire à la mer, élaboré dans le cadre de l'étude globale Rhône (EGR) et actualisé après la crue de décembre 2003, permettant de simuler la réalité des écoulements actuels. Pour rendre compte des ruptures de digues systématiques en cas de crues sans multiplier à l'infini des scénarios qui seraient propres à chaque ouvrage de protection, l'étude Egis-eau sous maîtrise d'ouvrage de la DIREN de Bassin1, consiste à modéliser des ensembles de déversements à partir des retours d'expériences historiques sur les brèches constatées sur trois secteurs traités de manière indépendante :

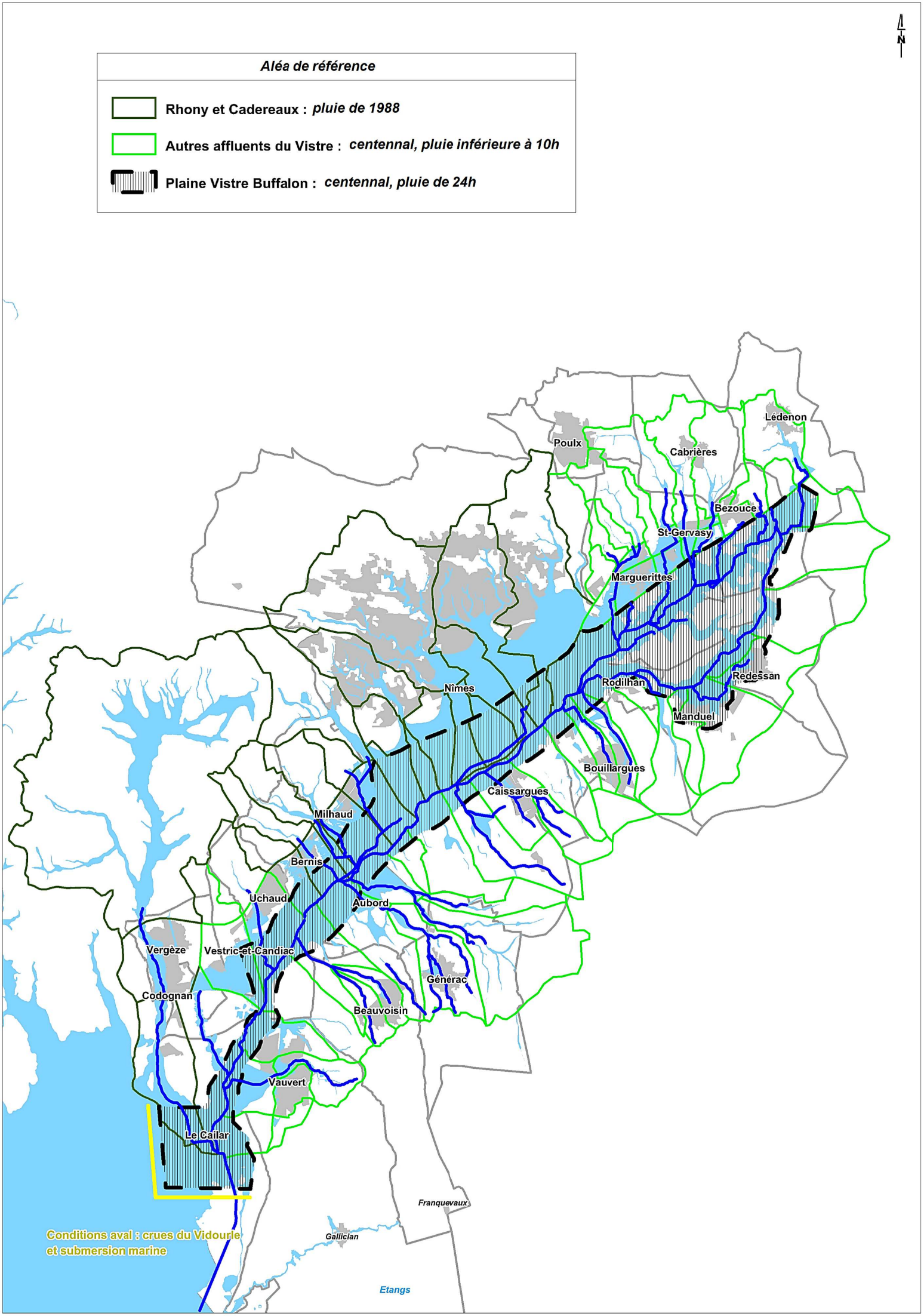
- 1. secteur A : inondation de la Camargue gardoise,
- 2. secteur B : inondation de la Camargue insulaire,
- 3. secteur C : inondation de la rive gauche du Rhône.

Chaque scénario de référence retenu sur chacun des trois secteurs est issu d'une unique modélisation globale et homogène sur le secteur, déversant dans la plaine des volumes d'eau comparable à ceux observables pour une crue de type 1856. Au regard de la complexité du fonctionnement hydraulique et de la multitude de possibilités de brèches qui peuvent se former en cas de crue, plusieurs scénarios ont été testés sur chacun des trois secteurs A, B, et C. Les caractéristiques des brèches (nombre, dimensions, vitesses de rupture) ont été basées sur l'analyse des scénarios historiques. Les niveaux de submersion sont observés à une distance raisonnable des digues pour obtenir un lissage des effets localisés résultant de la position du déversement. Ils sont également alimentés par les déversements linéaires modélisés sur l'ensemble des digues qui n'assurent pas une protection suffisante. Le résultat de cette modélisation a donc fourni pour chacun des casiers identifiés dans le modèle un niveau NGF correspondant au niveau maximal atteint par les eaux pendant la durée du scénario de crue de référence. Ces modélisations permettent de retrouver l'enveloppe historique de la crue de 1856, dont le périmètre est bien connu à partir du Plan des zones inondables (PZI) de 1911. L'étude renseigne, de plus, les niveaux d'eau que l'on constaterait aujourd'hui pour des volumes déversés comparables à ceux de la crue de 1856. La comparaison de ces niveaux de submersion et de la topographie la plus récente fournit les hauteurs d'eau et la classe d'aléa pris en compte dans le PPRi.

La synthèse des résultats sur les trois secteurs A, B et C doit être lue de la manière suivante : «pour chaque point de la zone inondable et dans une configuration particulière - mais réaliste – de ruptures de digues, la crue de référence peut provoquer des hauteurs d'eau correspondant à celles indiquées sur la carte d'aléa. » Par contre, une seule crue comparable à la crue de référence ne provoquera pas simultanément en tout point de la carte d'aléa couvrant les trois secteurs de telles hauteurs d'eau.

Enfin, les niveaux de submersion calculés sont significativement différents des niveaux de crue en lit mineur – niveaux inférieurs du fait de la configuration de lit en toit – et correspondent mieux aux objectifs de prévention.

L'étude a aussi permis de modéliser les effets de chaque brèche prise isolément. Les résultats sont localement comparables par rapport à ceux correspondant à des brèches multiples, par contre, ils rendent mal compte de la situation globale des écoulements à l'échelle d'un secteur, du fait de l'insuffisance des volumes déversés à travers une seule brèche. Enfin, parmi les différents scénarios à brèches multiples qui ont été modélisés, les résultats sont convergents, à quelques dizaines de centimètres près pour des hauteurs d'eau importantes, de plus d'1m50. En effet, il est à noter que ce sont les volumes déversés plutôt que la localisation des déversements qui ont un impact sur l'aléa.


Aléa de référence
Rhony et Cadereaux : pluie de 1988
Autres affluents du Vistre : centennal, pluie inférieure à 10h
Plaine Vistre Buffalon : centennal, pluie de 24h
N
Lédenon
Poulx
Cabrières
Bezouce
St-Gervasy
Marguerittes
Nîmes
Rodilhan
Redessan
Manduel
Bouillargues
Caissargues
Milhaud
Bernis
Uchaud
Aubord
Vergèze
Vestric-et-Candiac
Générac
Codognan
Beauvoisin
Vauvert
Le Cailar
Franquevaux
Gallician
Etangs
Conditions aval : crues du Vidourle
et submersion marine

3.3 CARTOGRAPHIE ET ANALYSE DES ENJEUX URBAINS

3.3.1 Méthodologie

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.

3.3.2 Typologie des enjeux urbains

3.3.2.1 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.

3.3.2.2 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).

3.3.2.3 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.

3.3.3 Analyse des enjeux urbains

3.3.3.1 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).*

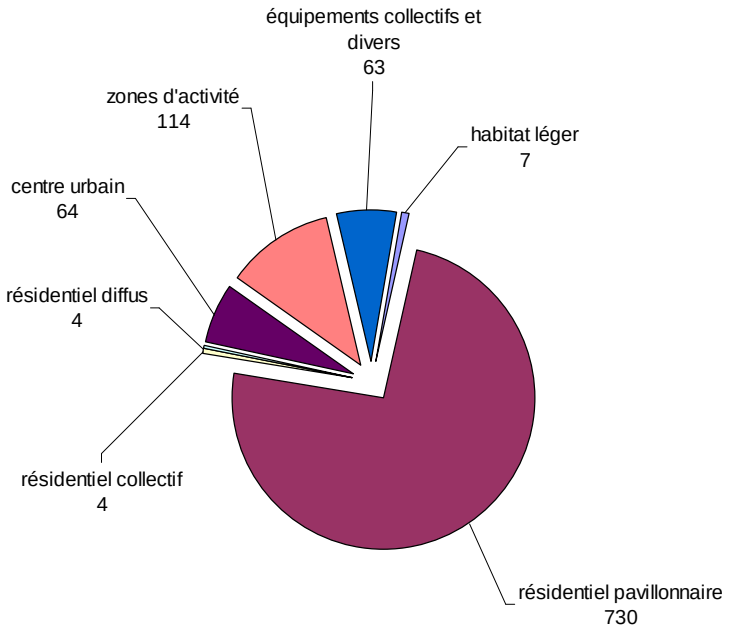
La partie aval du bassin versant du Vistre constitue une porte d'entrée vers la Petite Camargue et vers certaines villes touristiques comme Aigues Mortes, La Grande Motte ou Le Grau du Roi. Cette même zone est traversée par le sentier de Grande Randonnée GR 653.

3.3.3.2 Démographie

Cette zone regroupe 231 013 habitants sur un territoire de 490 km^2, 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, Bezouce, Bouillargues et Beauvoisin).

3.3.3.3 Commentaires sur les enjeux par commune

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.

2. BEAUVOISIN

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

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

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

Le hameau de Franquevaux est exposé aux crues du Rhône.

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.

4. BEZOUCE

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 situées 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.

La présence d'une entreprise de rayonnement stratégique d'envergure nationale dans son secteur (culture biologiques sous serres) a justifié de délimiter au sein de l'emprise de cette société un secteur particulier d'enjeux stratégiques.

5. BOUILLARGUES

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

Les champ 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.

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.

7. CABRIERES

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.

8. GENERAC

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

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

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

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

9. LEDENON

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

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

La présence d'une entreprise de rayonnement stratégique d'envergure nationale (centre de recherche et développement de la société Vilmorin) a justifié de délimiter au sein de l'emprise de cette société un secteur particulier d'enjeux stratégiques.

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.

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 : 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.

12. MILHAUD

La Pondre 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.

Suite à la situation de la commune vis à vis de ses objectifs en matière de logement social et à la situation du terrain (proximité avec le centre et bourg et avec les équipements publics), une ouverture restreinte à l'urbanisation pour des opérations d'ensemble à vocation de logement a été définie, en concertation avec la commune de Milhaud, au sud de la commune comme étant en zone urbaine.

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.

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.

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 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.

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.

Suite à l'impossibilité d'un développement alternatif de la commune en dehors des zones inondables, une dernière possibilité d'urbanisation à destination de logements de 2,5 ha a été définie en proximité immédiate du centre bourg, en concertation avec la commune de saint Gervazy.

17. UCHAUD

Le Rézil traverse l'Ouest du village, les débordements à l'A9 s'étalent en ruissellement 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, ainsi que le projet d'extension de l'urbanisation de la commune entre le village et la N113.

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.

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 Galician est concerné par les crues du Rhône et du Valat de la Crosse

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.

4. DISPOSITIONS REGLEMENTAIRES

A partir du travail d'identification des risques, le PPRi a vocation à traduire ces éléments en règles visant à :

- interdire certains **projets** ou les autoriser sous réserve de prescription, en délimitant les zones exposées aux risques ou les zones qui ne sont pas directement exposées au risque mais où des aménagements pourraient aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux,
- définir les **mesures** de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers,
- Définir des mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation, ou l'exploitation des constructions, ouvrages, espaces **existants** à la date d'approbation du plan, qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

Pour ce faire, les objectifs du PPR visent à :

- **Assurer la sécurité des personnes**, en interdisant les implantations humaines dans les zones les plus dangereuses où la sécurité des personnes ne peut être garantie
- **Ne pas augmenter les enjeux exposés**, en limitant strictement l'urbanisation et l'accroissement de la vulnérabilité dans les zones inondables
- **Diminuer les dommages potentiels** en réduisant la vulnérabilité des biens et des activités dans les zones exposées et en aidant à la gestion de crise
- **Préserver les capacités d'écoulement et les champs d'expansion des crues** pour ne pas aggraver les risques dans les zones situées en amont et en aval.
- **Éviter tout endiguement ou remblaiement nouveau** qui ne serait pas justifié par la protection de lieux fortement urbanisés
- **Sauvegarder l'équilibre des milieux** dépendant des petites crues et la qualité des paysages souvent remarquables du fait de la proximité de l'eau et du caractère encore naturel des vallées concernées.

4.1 REGLES D'URBANISME

LES PRINCIPES

Par son volume, son implantation ou du fait des aménagements qui l'accompagnent (remblais, clôtures, …), **toute opération de construction en zone inondable est de nature à contrarier l'écoulement et l'expansion naturelle des eaux, et à aggraver ainsi les situations à l'amont ou à l'aval.**

De plus, de façon directe ou indirecte, immédiatement ou à terme, **une telle opération tend à augmenter la population vulnérable en zone à risque.** Au delà de ces aspects humains et techniques, la présence de constructions ou d'activités en zone inondable accroît considérablement le coût d'une inondation pris en charge par la collectivité.

PREVENIR LES CONSEQUENCES DES INONDATIONS

La mise en danger des personnes

C'est le cas notamment s'il n'existe pas de système d'alerte (annonce de crue) ni d'organisation de l'évacuation des populations, ou si les délais sont trop courts, en particulier lors de crues rapides ou torrentielles. Le danger se manifeste par le risque d'être emporté ou noyé en raison de la hauteur d'eau ou de la vitesse d'écoulement, ainsi que par la durée de l'inondation qui peut conduire à l'isolement de foyers de population. La première priorité de l'État est donc de préserver les vies humaines.

Les dégâts aux biens (particuliers, collectivités, entreprises)

Les dégâts occasionnés par les inondations peuvent atteindre des degrés divers, selon que les biens ont été simplement mis en contact avec l'eau (traces d'humidité sur les murs, dépôts de boue) ou qu'ils ont été exposés à des courants ou coulées puissants (destruction partielle ou totale).

Les dommages mobiliers sont plus courants, en particulier en sous-sol et rez-de-chaussée. Les activités (industries) et l'économie sont également touchées en cas d'endommagement du matériel, pertes agricoles, arrêt de la production, impossibilité d'être ravitaillé... A titre d'exemple, la seule crue de 2002 s'est traduite dans le Gard par plus de 7200 logements sinistrés dont 1500 inondés par plus de 2m d'eau, 3000 entreprises touchées, plus de 800 M€ de dégâts.

L'interruption des communications : en cas d'inondation, il est fréquent que les voies de communication (routes, voies ferrées...) soient coupées, interdisant les déplacements de personnes ou de véhicules.

Par ailleurs, les réseaux enterrés ou de surface (téléphone, électricité...) peuvent être perturbés. Or, tout ceci peut avoir des conséquences graves sur la diffusion de l'alerte, l'évacuation des populations et l'organisation des secours.

La deuxième priorité est donc de réduire le coût des dommages liés à une inondation pour la collectivité nationale qui assure, au travers de la loi sur l'indemnisation des catastrophes naturelles (articles L121-16 et L125-1 et suivants du code des assurances), une solidarité.

LIMITER LES FACTEURS AGGRAVANT LES RISQUES

Les facteurs aggravants sont presque toujours liés à l'intervention de l'homme. Ils résultent notamment de :

- L'implantation des personnes et des biens dans le champ d'inondation : non seulement l'exposition aux risques est augmentée mais, de plus, l'imperméabilisation des sols due à l'urbanisation favorise le ruissellement au détriment de l'infiltration et augmente l'intensité des écoulements. L'exploitation des sols a également une incidence : la présence de vignes (avec drainage des eaux de pluie sur les pentes) ou de champs de maïs plutôt que des prairies contribue à un écoulement plus rapide et diminue le temps de concentration des eaux vers l'exutoire.
- La défaillance des dispositifs de protection : le rôle de ces dispositifs est limité. Leur efficacité et leur résistance sont fonction de leur mode de construction, de leur gestion et de leur entretien, ainsi que de la crue de référence pour laquelle ils ont été dimensionnés. En outre, la rupture ou la submersion d'une digue peut parfois exposer davantage la plaine alluviale aux inondations que si elle n'était pas protégée.
- Le transport et le dépôt de produits indésirables : il arrive que l'inondation emporte puis abandonne sur son parcours des produits polluants ou dangereux, en particulier en zone urbaine. C'est pourquoi il est indispensable que des précautions particulières soient prises concernant leur stockage.

- La formation et la rupture d'embâcles : les matériaux flottants transportés par le courant (arbres, buissons, caravanes, véhicules...) s'accumulent en amont des passages étroits au point de former des barrages qui surélèvent fortement le niveau de l'eau et, en cas de rupture, provoquent une onde puissante et dévastatrice en aval.
- La surélévation de l'eau en amont des obstacles : la présence de ponts, remblais ou murs dans le champ d'écoulement provoque une surélévation de l'eau en amont et sur les côtés qui accentue les conséquences de l'inondation (accroissement de la durée de submersion, création de remous et de courants...)

4.2 ZONAGE REGLEMENTAIRE

L'article L.562-1 du code de l'Environnement définit deux grands types de zones : les zones directement exposées aux risques (appelées ici zones de danger) et les zones non directement exposées (appelées ici zones de précaution).

Les zones de danger sont constituées des zones d'aléa fort.

Les zones de précaution sont constituées d'une part des zones d'aléa modéré et d'autre part des zones situées entre la crue de référence et l'enveloppe du lit majeur où la probabilité d'inondation est plus faible mais où des aménagements sont susceptibles d'être exposés ou peuvent augmenter le risque sur les zones inondables situées à l'aval.

Le zonage et son règlement associé ont vocation à traduire ces priorités en s'imposant aux projets futurs dans une logique essentiellement préventive.

Il consiste à croiser l'aléa de crue et les enjeux d'occupation des sols afin de définir des zones de réglementation notamment en matière d'urbanisme.

QUALIFICATION DE L'ALEA

Le Vistre génère des crues rapides : les vitesses d'écoulement ne sont pas forcément élevées dans la zone de plaine, mais la montée des eaux est rapide (temps de propagation de 4.5h environ entre Caissargues et Le Cailar), ce qui implique un délai de prévenance et d'alerte très court.

Sur le bassin versant du Rhône, au Sud des communes de Vauvert et Beauvoisin, le Rhône génère des débordements avec un temps de réponse plus lent, ses crues sont donc qualifiées de crues lentes et peuvent faire l'objet d'une prévision opérationnelle permettant une évacuation des personnes et des biens susceptibles d'être impactés.

Selon le type de crue, le seuil entre l'aléa modéré et fort est différent.

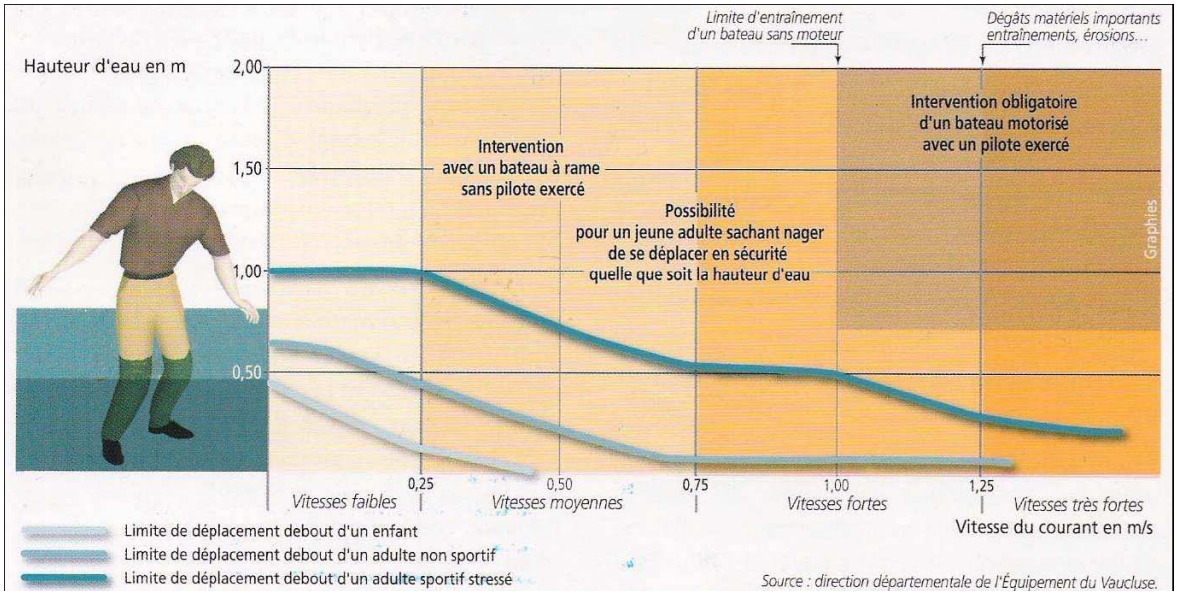
Pour les crues rapides du Vistre

l'aléa est qualifié de fort lorsque les hauteurs d'eau dépassent 0.5 m.

En effet, on considère que le risque pour les personnes est lié principalement aux déplacements :

- routiers (véhicules emportés en tentant de franchir une zone inondée). A 0,5 m, une voiture peut être soulevée par l'eau et emportée par le courant, aussi faible soit-il. C'est aussi la limite de déplacement des véhicules d'intervention classiques de secours,

- pédestres : des études basées sur des retours d'expérience des inondations passées, menées par des services de secours (équipements, pompiers, services municipaux,…) montrent qu'à partir de 0,5 m. d'eau un adulte non entraîné et, a fortiori des enfants, des personnes âgées ou à mobilité réduite, sont mis en danger : fortes difficulté dans leur déplacement, disparition totale du relief (trottoirs, fossés, bouches d'égout ouvertes, …), stress.



Ce type d'aléa correspond également aux zones d'écoulement principal, qu'il s'agit de préserver prioritairement de manière à ne pas aggraver les conditions d'écoulement.

L'aléa est qualifié de modéré lorsque les hauteurs d'eau sont inférieures à 0.5 m.

Il s'agit de zones d'expansion de crue où le risque, en terme de fréquence de submersion, de hauteur d'eau et de vitesse de courant y est moins important. Ces zones ne sont donc pas en principe concernées par les crues courantes, mais ont été ou seront submergées lors des crues rares ou exceptionnelles. Dans ce cas, elles jouent un rôle essentiel de stockage et leur caractère naturel doit être préservé.

L'aléa résiduel :

L'aléa est qualifié de résiduel dans les secteurs qui ne sont pas directement exposés aux risques d'inondation au regard de la crue de référence, mais susceptibles d'être mobilisés pour une crue supérieure à la crue de référence. Ils jouent un rôle majeur de stockage de ces crues. En limite d'aléa calculé par modélisation, l'approche géomorphologique ou la crue historique peuvent délimiter une zone plus large que le calcul hydraulique. Le risque y est inférieur à celui de la zone modérée et des projets d'urbanisation peuvent y être envisagés dans les zones urbanisées, tout en conservant la capacité de stockage dans les zones non urbanisées.

Pour les crues lentes du Rhône

L'aléa est considéré comme fort, lorsque la hauteur de submersion dépasse 1 mètre (soulèvement des véhicules, impossibilité d'accès des secours), notamment justifié par les délais plus importants de prévenance et de secours.

Lorsque la hauteur de submersion par rapport au terrain naturel est inférieure à 1 m, l'aléa sera qualifié de modéré.

CROISEMENT DE L'ALEA ET DES ENJEUX

L'article L.562-1 du code de l'Environnement définit deux grands types de zones : les zones directement exposées aux risques (appelées ici zones de danger) et les zones non directement exposées (appelées ici zones de précaution).

Les zones de danger sont constituées des zones d'aléa fort.

Les zones de précaution sont constituées d'une part des zones d'aléa modéré et d'autre part des zones situées entre la crue de référence et l'enveloppe du lit majeur où la probabilité d'inondation est plus faible mais où des aménagements sont susceptibles d'être exposés ou peuvent augmenter le risque sur les zones inondables situées à l'aval.

Le risque est le croisement de l'aléa et des enjeux.

Dans la carte de zonage, les couleurs sont associées au principe général régissant la zone :

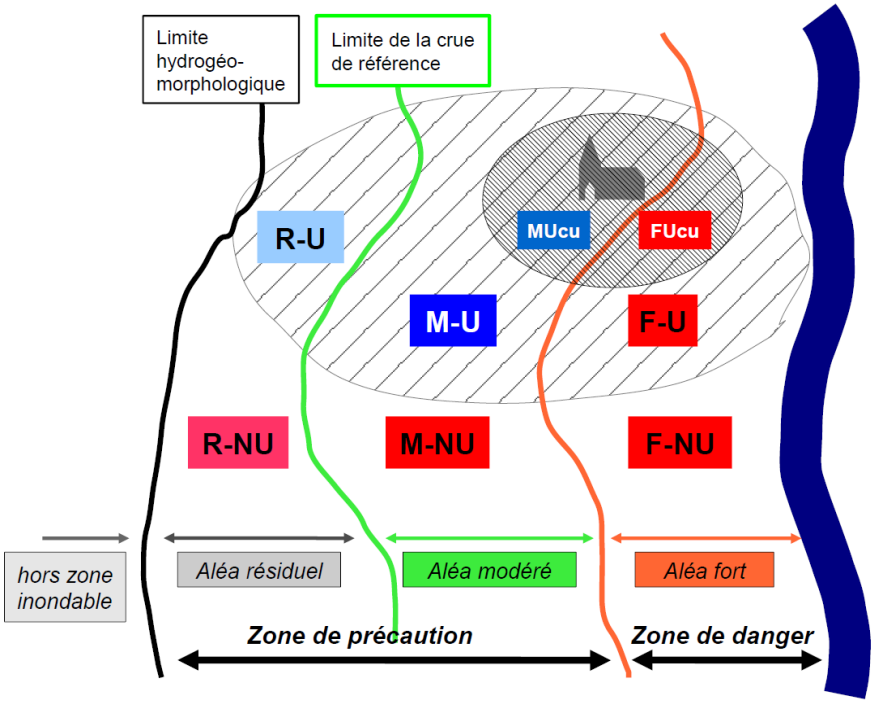
- en rouge les zones soumises à interdiction, avec un principe général d'inconstructibilité,
- en bleu les zones soumises à prescription.

Classification des zones à risque

Enjeu / Aléa	Fort (zones urbaines : U)		Modéré (zones non urbaines : NU)
	Centre urbain Ucu*	Autres zones urbaines U	
Fort (F)	Zone de danger **F-Ucu***	Zone de danger **F-U**	Zone de danger **F-NU**
Modéré (M)	Zone de précaution **M-Ucu***	Zone de précaution **M-U**	Zone de précaution **M-NU**
Résiduel (R)	Zone de précaution **R-Ucu***	Zone de précaution **R-U**	Zone de précaution **R-NU**

**si défini*

Le schéma de principe suivant est un exemple qui permet de visualiser pour les cours d'eau les zones de danger et de précaution, les délimitations des enjeux et des aléas, et le zonage résultant:



En fonction de l'intensité de l'aléa et de la situation au regard des enjeux, 6 zones inondables ont donc été identifiées. Les principes de prévention retenus sont les suivants :

- **la zone F-U** : zone urbanisée inondable par un aléa fort. En raison du danger, il convient de ne pas augmenter les enjeux (population, activités) en permettant une évolution minimale du bâti existant pour favoriser la continuité de vie et le renouvellement urbain, et en réduire la vulnérabilité. Le principe général associé est l'interdiction de toute construction nouvelle. Dans le zonage spécifique identifié pour le centre urbain dense, la zone correspondante d'aléa fort, dénommée F-Ucu, permet de concilier les exigences de prévention visées dans la zone F-U et la nécessité d'assurer la continuité de vie et le renouvellement urbain.

- **la zone F-NU**, zone non urbanisée inondable par un aléa fort. En raison du danger, il convient de ne pas implanter de nouveaux enjeux (population, activités...). Sa préservation permet également de préserver les capacités d'écoulement ou de stockage des crues, en n'augmentant pas la vulnérabilité des biens et des personnes. Le principe général associé est l'interdiction de toute construction nouvelle.

- **la zone M-U**, zone urbanisée inondable par un aléa modéré. Compte tenu de l'urbanisation existante, il convient de permettre la poursuite d'un développement urbain compatible avec l'exposition aux risques, notamment par des dispositions constructives. Le principe général associé est la possibilité de réaliser des travaux et des projets nouveaux, sous certaines prescriptions et conditions. Lorsqu'un zonage spécifique a été identifié pour le centre urbain dense, la zone correspondante d'aléa modéré, dénommée M-Ucu, permet de concilier les exigences de prévention visées dans la zone M-U et la nécessité d'assurer la continuité de vie et le renouvellement urbain.

- **la zone M-NU**, zone non urbanisée inondable par un aléa modéré. Sa préservation permet de ne pas accroître le développement urbain en zone inondable et de maintenir les capacités d'écoulement ou de stockage des crues, de façon à ne pas aggraver le risque à l'aval et de ne pas favoriser l'isolement eds personnes ou d^'être inaccessible aux secours. Le principe général associé est l'interdiction de toute construction nouvelle, mais quelques dispositions sont cependant introduites pour assurer le maintien et le développement modéré des exploitations agricoles ou forestières.

- **la zone R-U**, zone urbanisée exposée à un aléa résiduel en cas de crue supérieure à la crue de référence. Son règlement vise à permettre un développement urbain compatible avec ce risque résiduel. Le principe général associé est la possibilité de réaliser des travaux et des projets nouveaux, sous certaines prescriptions et conditions Lorsqu'un zonage spécifique a été identifié pour le centre urbain dense, la zone correspondante d'aléa résiduel, dénommée R-Ucu, permet de concilier les exigences de prévention (calage des planchers) visées dans la zone R-U et la nécessité d'assurer la continuité de vie et le renouvellement urbain.

- **la zone R-NU**, zone non urbanisée exposée à un aléa résiduel en cas de crue supérieure à la crue de référence. Sa préservation permet de ne pas accroître le développement urbain en zone potentiellement inondable et de maintenir des zones d'expansion des plus fortes crues, de façon à ne pas aggraver le risque à l'aval. Le principe général associé est l'interdiction de toute construction nouvelle, mais quelques dispositions sont cependant introduites pour assurer le maintien et le développement modéré des exploitations agricoles ou forestières.

4.3 MESURES DE PREVENTION, DE PROTECTION ET DE SAUVEGARDE ET REGLES DE CONSTRUCTION ET MESURES SUR L'EXISTANT

Le règlement du PPRi intègre également des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde, et des règles de construction et des mesures sur l'existant, qui sont brièvement évoquées ci-après.

4.3.1 Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde

Instaurées au 3ème alinéa de l'article L562-1 du code de l'environnement, ces mesures ont pour objectif la préservation des vies humaines par des actions sur les phénomènes ou sur la vulnérabilité des personnes. Certaines relèvent des collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, d'autres sont à la charge des individus. Elles concernent aussi bien les projets de construction, d'aménagements ou d'activités que les biens et activités existants.

Les mesures de prévention visent à réduire l'impact d'un phénomène sur les personnes et les biens, à améliorer la connaissance et la perception du risque par les populations et les élus et à anticiper la crise.

À cette fin, plusieurs dispositions peuvent être prises, telles que notamment :

- la réalisation d'études spécifiques sur les aléas (hydrologie, modélisation hydraulique, hydrogéomorphologie, atlas des zones inondables, etc.) ;
- la mise en place d'un système de surveillance et d'annonce ;
- l'élaboration d'un plan de gestion de crise aux niveaux départemental et communal, tel qu'il est prévu dans le plan communal de sauvegarde (PCS) ;
- la mise en œuvre de réunions publiques d'information sur les risques, élaboration de documents d'information tels que le document d'information communal sur les risques majeurs (DICRIM), etc. ;
- la réalisation d'ouvrages destinés à la réduction de l'aléa.

Les mesures de protection ont pour objectif la réduction des aléas par la construction d'ouvrages sur les secteurs les plus exposés et les plus vulnérables, telles que notamment :

- bassins de rétentions dans les zones de ruissellement ;
- digues de protection pour protéger les secteurs densément urbanisés ;
- barrages écrêteurs de crue permettant de « retenir temporairement une partie du débit de la crue et de relâcher ensuite petit à petit le volume correspondant », ce qui réduit les effets de la crue sur la zone aval.

Les mesures de sauvegarde seront davantage axées sur la gestion de crise et regroupent l'ensemble des mesures de planification et de programmation.

4.3.2 Règles de construction et mesure sur l'existant

La vulnérabilité actuellement préoccupante des biens existants en zone inondable a suscité la prise en compte par le législateur de nouvelles mesures lors de l'élaboration du PPRi. Ces mesures, appelées « mesures de mitigation » et issues du 4ème alinéa de l'article L562-1 du code de l'environnement, ont pour objectif :

- d'assurer la sécurité des personnes (adaptation des biens ou des activités dans le but de réduire la vulnérabilité des personnes : zone refuge, travaux de consolidation d'ouvrages de protection).
- de réduire la vulnérabilité des biens (limiter les dégâts matériels et les dommages économiques).
- de faciliter le retour à la normale (adapter les biens pour faciliter le retour à la normale lorsque l'événement s'est produit : choix de matériaux résistants à l'eau, etc. ; atténuer le traumatisme psychologique lié à une inondation en facilitant l'attente des secours ou de la décrue, ainsi qu'une éventuelle évacuation dans des conditions de confort et de sécurité satisfaisante).

Pour les biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme et avant approbation du présent PPRi, les travaux relevant de certaines mesures individuelles sur le bâti sont désormais rendus obligatoires et ne s'imposent que dans la limite de 10% de la valeur vénale ou estimée du bien considéré à la date d'approbation du plan (article R.562-5 du code de l'Environnement).

La mise en œuvre de ces dispositions doit s'effectuer dans un délai maximum de 5 ans à compter de l'approbation du présent plan. A défaut de mise en œuvre de ces mesures dans les délais prévus, le préfet peut imposer la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire ou du gestionnaire.

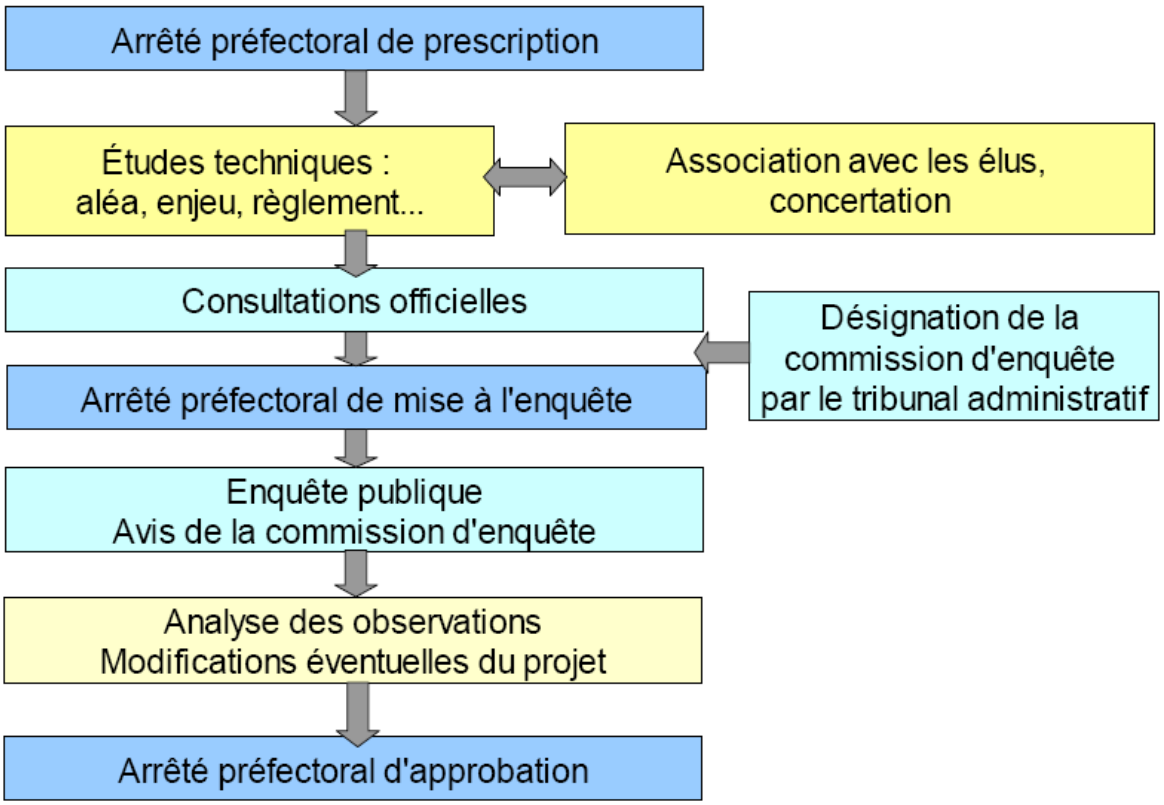
L'article L.561-3 du code de l'environnement dispose que tous les travaux de mise en sécurité des personnes et de réduction de la vulnérabilité des biens peuvent bénéficier d'une subvention de l'État. Cette subvention issue du Fond de Prévention des Risques Naturels Majeurs, dit « Fond Barnier » vise à encourager la mise en œuvre de ces mesures et concerne :

- les particuliers (biens d'habitation) à hauteur de 40%
- les entreprises de moins de vingt salariés (biens à usage professionnel) à hauteur de 20%.

Ces mesures ne sont applicables qu'aux biens situés dans les zones soumis à l'aléa de référence, donc en F-U, F-NU, M-U, M-NU ainsi que dans les sous secteurs de centre urbain (cu) de ces zones : F-Ucu, M-Ucu.

5. DEROULEMENT DE LA PROCEDURE

Démarche d'élaboration des PPRI (en jaune les phases techniques, en bleu, les phases administratives) :



5.1 CONCERTATION AVEC LES COMMUNES

Sont indiquées ci-après les principales réunions d'étape d'élaboration du PPRI. En revanche, plusieurs réunions bilatérales spécifiques à des projets ou à des dossiers particuliers n'ont pas été mentionnées ici bien que participant à la concertation générale aboutissant au PPRI.

21/10/2011 : réunion de concertation sur l'aléa et transmission de cartes d'aléa

20/12/2012 : réunion de concertation sur la phase réglementaire, transmission de cartes d'enjeu, du projet de zonage et de règlement

5.2 CONSULTATIONS ADMINISTRATIVES

5.3 ENQUETE PUBLIQUE

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
CETE	Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement
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
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
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)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DU GARD

Direction Départementale
des Territoires et de la Mer

PLAN DE PRÉVENTION DES RISQUES D'INONDATION (PPRI)

BASSIN VERSANT DU VISTRE

COMMUNE DE BEZOUCE

Règlement du PPRi

TABLE DES MATIÈRES

Lexique …..... page 3
Sigles et abréviations….....page 7

I - Première partie :
portée du règlement ….....page 8

I-1. champ d'application du PPRi ….....page 9
I-2. le zonage du PPRi ….....page 10
I-2-1. les zones de danger ….....page 10
I-2-2. les zones de précaution ….....page 10
I-2-3. aléa, enjeux et risques ….....page 10
I-2-4. principe règlementaires de chaque zone ….....page 12
I-3. mesures de prévention, de protection et de sauvegarde .....page 13
I-4. mesures de réduction de la vulnérabilité .....page 14

II - Deuxième partie :
clauses règlementaires applicables dans chaque zone aux projets nouveaux … page 15

II-1. Clauses applicables en zones de danger F-NU et F-U …..... page 16
II-2. Clauses applicables en zone de précaution M-NU …..... page 22
II-3. Clauses applicables en zone de précaution M-U ..... page 28
II-4. Clauses applicables en zone de précaution R-NU ..... page 34
II-5. Clauses applicables en zone de précaution R-U ..... page 39

III - Troisième partie :
mesures de prévention, de protection et de sauvegarde …..... page 43

IV - Quatrième partie :
mesures de réduction de la vulnérabilité des biens existants ..... page 45

IV-1. Mesures obligatoires …..... page 46
IV-2. Mesures recommandées ..... page 48

LEXIQUE

Aléa : probabilité d'apparition d'un phénomène naturel, d'intensité et d'occurrence données, sur un territoire donné. L'aléa est qualifié de résiduel, modéré ou fort (voire très fort) en fonction de plusieurs facteurs : hauteur d'eau, vitesse d'écoulement, temps de submersion, délai de survenance. Ces facteurs sont qualifiés par rapport à l'événement de référence.

Annexe : dépendance contigüe ou séparée d'un bâtiment principal, ayant la fonction de local technique, abri de jardin, appentis, sanitaires ou garage...

Bassin versant : territoire drainé par un cours d'eau et ses affluents.

Batardeau : barrière anti-inondation amovible.

Champ d'expansion de crue : secteur non urbanisé ou peu urbanisé situé en zone inondable et participant naturellement au stockage à à l'expansion des volumes d'eau débordés.

Changement de destination : transformation d'une surface pour en changer l'usage.
L'article R 123-9 du code de l'urbanisme distingue neuf classes de constructions :
l'habitation ;

- l'hébergement hôtelier ;
- les bureaux ;
- le commerce ;
- l'artisanat ;
- l'industrie ;
- l'exploitation agricole ou forestière ;
- la fonction d'entrepôt ;
- les constructions et installations nécessaires aux services publics ou d'intérêt collectif.

Ces 9 classes ont été regroupées ici en fonction de leur vulnérabilité (b, c, d). A été intercalée une catégorie de vulnérabilité spécifique (a) pour les établissements stratégiques ou recevant des populations vulnérables, tels que définis dans le présent lexique.
a/ établissements recevant des populations vulnérables et établissements stratégiques.
b/ locaux de logement, qui regroupent les locaux « à sommeil » : habitation, hébergement hôtelier, sauf hôpitaux, maisons de retraite... visés au a/.
Cette notion correspond à tout l'établissement ou toute la construction, et non aux seules pièces à sommeil.
Gîtes et chambres d'hôtes (définies par le code du tourisme) font partie des locaux de logement.
Pour les hôtels, gîtes et chambres d'hôtes, la création d'une chambre ou d'un gîte supplémentaire est considérée comme la création d'un nouveau logement.
c/ locaux d'activités : bureau, commerce, artisanat, industrie hors logement.
d/ locaux de stockage : fonction d'entrepôt, bâtiments d'exploitation agricole ou forestière hors logement.

Les constructions et installations nécessaires aux services publics ou d'intérêt collectif (gymnase, piscine publique, école, mairie, services techniques, caserne, etc...) sont rattachées aux catégories de locaux correspondants (par exemple, les crèches et bâtiments scolaires sont des établissements recevant des populations vulnérables, les casernes et services techniques relèvent des établissements stratégiques, les gymnases et piscines publiques appartiennent aux locaux d'activité).

Les équipements d'intérêt général font l'objet d'une réglementation particulière.

Changement de destination et réduction de la vulnérabilité : dans le règlement, il est parfois indiqué que des travaux sont admis sous réserve de ne pas augmenter la vulnérabilité.
Sera considéré comme changement de destination augmentant la vulnérabilité une transformation qui accroît le nombre de personnes dans le lieu ou qui augmente le risque, comme par exemple la transformation d'une remise en logement.
Par rapport aux 4 catégories citées précédemment, la hiérarchie suivante, par ordre décroissant de vulnérabilité, a été proposée : a > b > c > d
Par exemple, la transformation d'une remise en commerce, d'un bureau en habitation vont dans le sens de l'augmentation de la vulnérabilité, tandis que la transformation d'un logement en commerce réduit cette vulnérabilité.
A noter :

- au regard de la vulnérabilité, un hôtel, qui prévoit un hébergement, est comparable à l'habitation, tandis qu'un restaurant relève de l'activité type commerce.
- Bien que ne changeant pas de catégorie de vulnérabilité (b), la transformation d'un logement en plusieurs logements accroît la vulnérabilité.

Cote NGF : niveau altimétrique d'un terrain ou d'un niveau de submersion, ramené au Nivellement Général de la France (IGN69).

Cote PHE (cote des plus hautes eaux) : cote NGF atteinte par la crue de référence. Cette côte est indiquée dans la plupart des cas sur les plans de zonage réglementaire. Entre deux profils, la détermination de cette côte au point considéré se fera par interpolation linéaire entre les deux profils amont et aval. Ces cotes indiquées sur les profils en travers permettent de caler les niveaux de planchers mais ne sauraient remettre en cause le zonage retenu sur le terrain au regard d'une altimétrie du secteur.
La cote de réalisation imposée (par exemple PHE+30cm) constitue un minimum.

Cote TN (terrain naturel) : cote NGF du terrain naturel avant travaux, avant projet.

Crue : période de hautes eaux.

Crue de référence ou **aléa de référence**: crue servant de base à l'élaboration du PPRi. On considère comme crue de référence la crue centennale calculée ou bien la crue historique si son débit est supérieur au débit calculé de la crue centennale.

Crue centennale : crue statistique, qui a une chance sur 100 de se produire chaque année.

Crue exceptionnelle : crue déterminée par hydrogéomorphologie, la plus importante qui pourrait se produire, occupant tout le lit majeur du cours d'eau.

Crue historique : crue connue par le passé.

Débit : volume d'eau passant en un point donné en une seconde (exprimé en m^3/s).

Emprise au sol : projection verticale au sol de la construction.

Enjeux : personnes, biens, activités, moyens, patrimoines susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel.

Équipement d'intérêt général : infrastructure ou superstructure d'intérêt collectif destinée à un service public (alimentation en eau potable y compris les forages, assainissement, épuration des eaux usées, déchetteries, réseaux, infrastructures, équipements portuaires, équipements de transport public de personnes, digues de protection rapprochée des lieux densément urbanisés...).

Établissement recevant des populations vulnérables : Comprend l'ensemble des constructions destinées à des publics jeunes, âgés ou dépendants (crèche, halte garderie, établissement scolaire, centre aéré, maison de retraite et résidence-service, établissement spécialisé pour personnes handicapées, hôpital, clinique…).

Établissement stratégique : établissement nécessaire à la gestion de crise, tels que : caserne de pompiers, gendarmerie, police municipale ou nationale, salle opérationnelle, centres d'exploitation routiers etc.

Extension : augmentation de l'emprise et / ou de la surface, en continuité de l'existant (et non disjoint). On distingue les extensions de l'emprise au sol (créatrices d'emprise) et les extensions aux étages (sur l'emprise existante). Lorsque une extension est limitée (20m², 20%...), cette possibilité n'est ouverte qu'une seule fois à partir de la date d'approbation du document.

Hauteur d'eau : différence entre la cote de la PHE et la cote du TN.

Hydrogéomorphologie : étude du fonctionnement hydraulique d'un cours d'eau par analyse et interprétation de la structure des vallées (photo-interprétation, observations de terrain).

Inondation : submersion temporaire par l'eau, de terres qui ne sont pas submergées en temps normal. Cette notion recouvre les inondations dues aux crues des rivières, des torrents de montagne et des cours d'eau intermittents méditerranéens ainsi que les inondations dues à la mer dans les zones côtières et elle peut exclure les inondations dues aux réseaux d'égouts (source : directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation n°2007/60/CE).

Mitigation : action d'atténuer la vulnérabilité des biens existants.

Modification de construction : transformation de tout ou partie d'une construction existante, sans augmentation d'emprise, de surface ou de volume (qui relèverait de l'extension), avec ou sans changement de destination.

Ouvrant : surface par laquelle l'eau peut s'introduire dans un bâtiment (porte, fenêtre, baie vitrée, etc).

Plancher aménagé : ensemble des surfaces habitables ou aménagées pour accueillir des activités commerciales, artisanales ou industrielles. En sont exclus les locaux de stockage et les annexes.

Plan de Prévention des Risques : document valant servitude d'utilité publique, annexé au Plan Local d'Urbanisme en vue d'orienter le développement urbain de la commune en dehors des zones inondable. Il vise à réduire les dommages lors des catastrophes (naturelles ou technologiques) en limitant l'urbanisation dans les zones à risques et en diminuant la vulnérabilité des zones déjà urbanisées. C'est l'outil essentiel de l'Etat en matière de prévention des risques.
A titre d'exemple, on distingue :
- le **Plan de Prévention des Risques Inondation** (PPRi)
- le **Plan de Prévention des Risques Incendies de forêt** (PPRif)
- le **Plan de Prévention des Risques Mouvement de terrain** (PPRMT) : glissements, chutes de blocs et éboulements, retraits-gonflements d'argiles, affaissements-effondrements de cavités, coulées boueuses.
- le **Plan de prévention des Risques Technologiques** (PPRT) autour de certaines usines classées Seveso.

Prévention : ensemble des dispositions à mettre en œuvre pour empêcher, sinon réduire, l'impact d'un phénomène naturel prévisible sur les personnes et les biens.

Projet : tout aménagement, installation ou construction nouveaux, incluant les extensions, mais également les projets d'intervention sur l'existant tels que les modifications ou les changements de destination.

Reconstruction : correspond à la démolition (volontaire ou après sinistre) et la réédification consécutive, dans un court délai, d'un bâtiment de même destination, d'emprise au sol inférieure ou égale et sans augmentation du nombre de niveaux. La demande de permis de démolir, s'il y a lieu, doit être concomitante avec la demande de construire. Une ruine n'est pas considérée comme une construction, sa réédification n'entre donc pas dans la présente définition.

Remblai : exhaussement du sol par apport de matériaux. Les nouveaux remblais, non compensés par des déblais sur le même site, sont généralement interdits ; les règles correspondantes ne concernent pas les remblais nécessaires au calage des constructions autorisées.

Risque d'inondation : combinaison de la probabilité d'une inondation *[aléa]* et des conséquences négatives potentielles pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique *[enjeux]* associées à une inondation (source : directive européenne relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation n°2007/60/CE).

Vulnérabilité : conséquences potentielles de l'impact d'un aléa sur des enjeux (populations, bâtiments, infrastructures, etc.) ; notion indispensable en gestion de crise déterminant les réactions probables des populations, leurs capacités à faire face à la crise, les nécessités d'évacuation, etc.

Zone de danger : zone directement exposée aux risques, selon les définitions explicitées dans les dispositions générales du présent règlement.

Zone de précaution : zone non directement exposée aux risques, selon les définitions explicitées dans les dispositions générales du présent règlement.

Zone refuge : niveau de plancher couvert habitable (hauteur sous plafond d'au moins 1,80 m) accessible directement depuis l'intérieur du bâtiment, situé au-dessus de la cote de référence et muni d'un accès vers l'extérieur permettant l'évacuation (trappe d'accès, balcon ou terrasse en cas de création, ou fenêtre pour espace pré-existant). Cette zone refuge sera dimensionnée pour accueillir la population concernée, sur la base de 6m² augmentés de 1m² par occupant potentiel.
- Pour les logements, le nombre d'occupants potentiel correspond au nombre d'occupants du logement, fixé à 3 sans autre précision.
- Pour les établissements recevant du public (ERP), le nombre d'occupants potentiel correspond à l'effectif autorisé de l'établissement.
- Pour les bureaux et activités hors ERP, il appartient au propriétaire de fixer le nombre d'occupants maximal de son établissement.

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

DICRIM : Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs

DDRM : Dossier Départemental sur les Risques Majeurs

EPCI : Établissement Public de Coopération Intercommunale

ERP : Établissement Recevant du Public

PRL : Parc Résidentiel de Loisir

PCS : Plan Communal de Sauvegarde

PHE : Plus Hautes Eaux

POS : Plan d'occupation des sols

PLU : Plan Local d'Urbanisme

PPR : plan de prévention des risques naturels prévisibles

PPRi : plan de prévention des risques d'inondation

IAL : dispositif d'Information des Acquéreurs et des Locataires

PREMIÈRE PARTIE :

PORTÉE DU RÈGLEMENT – DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Le présent Plan de Prévention des Risques d'Inondations (PPRi) s'applique dès son approbation. Il pourra éventuellement être mis en révision ou modifié en cas d'évolution des connaissances du risque ou du contexte local.

I-1. CHAMP D'APPLICATION ET EFFETS DU PPRI

Le PPRi vise, en application de l'article L.562-1 du code de l'Environnement, à interdire les implantations humaines (habitations, établissements publics, activités économiques) dans les zones les plus dangereuses où la sécurité des personnes ne pourrait être garantie, et à les limiter dans les autres zones inondables. Le PPRi vise également à préserver les capacités d'écoulement des cours d'eau et les champs d'expansion de crue pour ne pas augmenter le risque en aménageant des zones de précaution. Il prévoit d'une part des dispositions pour les projets nouveaux et d'autre part des mesures de réduction de la vulnérabilité, dites de mitigation, sur le bâti existant.

L'article précité dispose que :
" I. - L'État élabore et met en application des plans de prévention des risques naturels prévisibles tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones.
II. - Ces plans ont pour objet, en tant que de besoin :
1º De délimiter les zones exposées aux risques, en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités ;
2º De délimiter les zones, qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1º ;
3º De définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1º et au 2º, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers ;
4º De définir, dans les zones mentionnées au 1º et au 2º, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.
III. - La réalisation des mesures prévues aux 3º et 4º du II peut être rendue obligatoire en fonction de la nature et de l'intensité du risque dans un délai de cinq ans, pouvant être réduit en cas d'urgence. A défaut de mise en conformité dans le délai prescrit, le préfet peut, après mise en demeure non suivie d'effet, ordonner la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur".

Une fois élaboré et soumis à enquête publique, le document est approuvé par arrêté préfectoral. Le PPRi vaut servitude d'utilité publique dès son approbation. Il doit être annexé au Plan d'Occupation des Sols (POS) ou au Plan Local d'Urbanisme (PLU) de la commune, lorsque celle-ci en dispose, dans un délai de trois mois.

Le non-respect des règles imposées par le règlement est sanctionné par le code de l'urbanisme, le code pénal et le code des assurances, ce dernier déterminant les conditions d'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles.

Enfin, l'approbation du PPRi implique la mise en œuvre par les communes d'une information préventive régulière auprès des habitants, des élus et des acteurs économiques, ainsi que la constitution d'un Plan Communal de Sauvegarde (PCS).

L'ensemble des zones inondables (rouges et bleues) doit faire l'objet d'une Information des Acquéreurs et des Locataires (IAL) en cas de vente ou de location d'un bien immobilier.

I-2. LE ZONAGE DU PPRI

L'article L.562-1 du code de l'Environnement définit deux grands types de zones : les zones directement exposées aux risques (appelées ici zones de danger) et les zones non directement exposées (appelées ici zones de précaution).
Les **zones de danger** sont constituées des zones d'**aléa fort.**
Les **zones de précaution** sont constituées d'une part des zones d'**aléa modéré** et d'autre part des zones situées **entre la crue de référence et l'enveloppe du lit majeur** où la probabilité d'inondation est plus faible mais où des aménagements sont susceptibles d'être exposés ou peuvent augmenter le risque sur les zones inondables situées à l'aval.

I-2-1. L'ALEA

L'**aléa de référence** correspond à la plus forte valeur entre la crue historique et la crue centennale calculée par méthode statistique. Il est déterminé à partir des critères de hauteur d'eau et éventuellement de vitesse d'écoulement, et qualifié selon les seuils de fort ou modéré.
A partir de cet aléa de référence, on distingue :
- les zones de danger, correspondant à un aléa fort (F), où la hauteur d'eau pour la crue de référence est supérieure à 50cm.
- les zones de précaution, correspondant à des secteurs moindrement exposés à l'aléa de référence, qu'il est souhaitable de préserver pour laisser libre l'écoulement des eaux et ne pas réduire leur champ d'expansion, et qui regroupent :
- la zone d'aléa modéré (M), où la hauteur d'eau pour la crue de référence est inférieure ou égale à 50cm.
- la zone d'aléa résiduel (R), qui correspond aux secteurs non inondés par la crue de référence mais potentiellement inondables par une crue supérieure.

I-2-2. LES ENJEUX

Les **enjeux** apprécient l'occupation humaine à la date d'élaboration du plan. On distingue :
- les zones à enjeux faibles, constituées des zones non urbanisées, qui regroupent donc, selon les termes de l'article R.123-4 du code de l'urbanisme, les zones à dominantes agricole, naturelle, forestière, même avec des habitations éparses, ainsi que les zones à urbaniser non encore construites.
- les zones à enjeux forts, constituées des zones urbaines et des zones à urbaniser déjà construites à la date du présent plan. Un centre urbain dense pourra être identifié au sein de ces zones d'enjeux forts. Le cas échéant, les enjeux forts pourront inclure des secteurs d'urbanisation future qui constituent un enjeu stratégique ou des zones dont l'aménagement est déjà largement engagé.

Par ailleurs, la présence d'une entreprise de rayonnement stratégique d'envergure nationale a justifié de délimiter un secteur d'enjeux stratégiques.

I-2-3. LE RISQUE

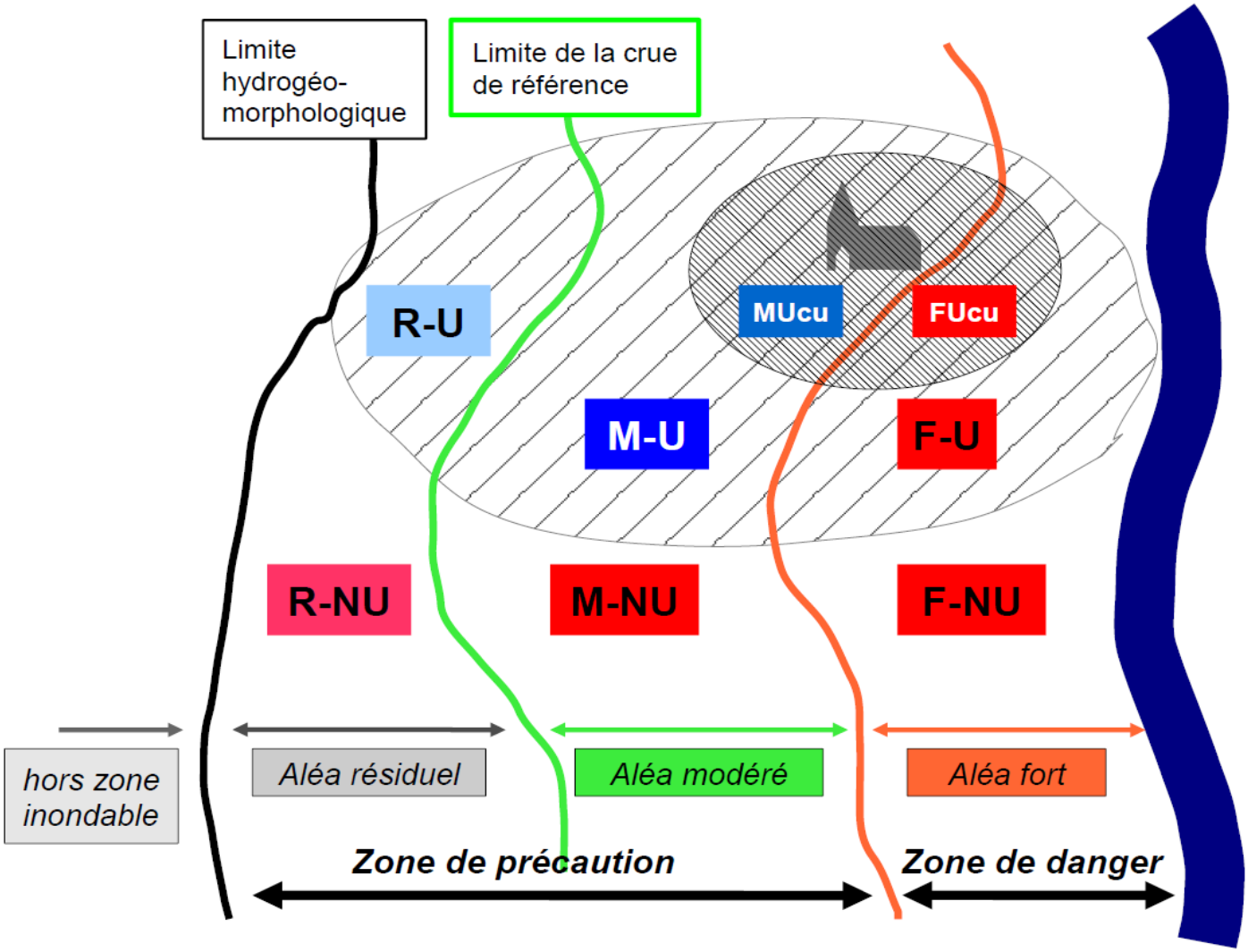
Le **risque** est le croisement de l'aléa et des enjeux.

Dans la carte de **zonage**, les couleurs sont associées au principe général régissant la zone :
- en rouge les zones soumises à interdiction, avec un principe général d'inconstructibilité,
- en bleu les zones soumises à prescription.

Enjeu / Aléa	Fort (zones urbaines : U)		Faible (zones non urbaines : NU)
	Centre urbain Ucu*	**Autres zones urbaines U**	
Fort (F)	Zone de danger **F-Ucu***	Zone de danger **F-U**	Zone de danger **F-NU**
Modéré (M)	Zone de précaution **M-Ucu***	Zone de précaution **M-U**	Zone de précaution **M-NU**
Résiduel (R)	Zone de précaution **R-Ucu***	Zone de précaution **R-U**	Zone de précaution **R-NU**

tableau 1 : classification des zones à risque
** si défini*

Le schéma de principe suivant est un exemple qui permet de visualiser les zones de danger et de précaution, les délimitations des enjeux et des aléas, et le zonage résultant :



I-2-4. PRINCIPES RÉGLEMENTAIRES DE CHAQUE ZONE

En fonction de l'intensité de l'aléa et de la situation au regard des enjeux, 6 zones inondables ont donc été identifiées. Les principes de prévention retenus sont les suivants :

– **la zone de danger F-U** : zone urbanisée inondable par un aléa fort. En raison du danger, il convient de ne pas augmenter les enjeux (population, activités) en permettant une évolution minimale du bâti existant pour favoriser la continuité de vie et le renouvellement urbain, et en réduire la vulnérabilité. Le principe général associé est l'interdiction de toute construction nouvelle.
  Lorsqu'un zonage spécifique a été identifié pour le centre urbain dense, la zone correspondante d'aléa fort, dénommée **F-Ucu**, permet de concilier les exigences de prévention visées dans la zone F-U et la nécessité d'assurer la continuité de vie et le renouvellement urbain.

– **la zone de danger F-NU,** zone non urbanisée inondable par un aléa fort. En raison du danger, il convient de ne pas implanter de nouveaux enjeux (population, activités...). Sa préservation permet également de préserver les capacités d'écoulement ou de stockage des crues, en n'augmentant pas la vulnérabilité des biens et des personnes. Le principe général associé est l'interdiction de toute construction nouvelle.

– l**a zone de précaution M-U,** zone urbanisée inondable par un aléa modéré. Compte tenu de l'urbanisation existante, il convient de permettre la poursuite d'un développement urbain compatible avec l'exposition aux risques, notamment par des dispositions constructives. Le principe général associé est la possibilité de réaliser des travaux et projets nouveaux, sous certaines prescriptions et conditions.
  Lorsqu'un zonage spécifique a été identifié pour le centre urbain dense, la zone correspondante d'aléa modéré, dénommée **M-Ucu**, permet de concilier les exigences de prévention visées dans la zone M-U et la nécessité d'assurer la continuité de vie et le renouvellement urbain.

– **la zone de précaution M-NU,** zone non urbanisée inondable par un aléa modéré. Sa préservation permet de ne pas accroître le développement urbain en zone inondable et de maintenir les capacités d'écoulement ou de stockage des crues, de façon à ne pas aggraver le risque à l'aval et de ne pas favoriser l'isolement des personnes ou d'être inaccessible aux secours. Le principe général associé est l'interdiction de toute construction nouvelle, mais quelques dispositions sont cependant introduites pour assurer le maintien et le développement modéré des exploitations agricoles ou forestières.

– **la zone de précaution R-U,** zone urbanisée exposée à un aléa résiduel en cas de crue supérieure à la crue de référence. Son règlement vise à permettre un développement urbain compatible avec ce risque résiduel. Le principe général associé est la possibilité de réaliser des travaux et projets nouveaux, sous certaines prescriptions et conditions.
  Lorsqu'un zonage spécifique a été identifié pour le centre urbain dense, la zone correspondante d'aléa résiduel, dénommée **R-Ucu**, permet de concilier les exigences de prévention (calage des planchers) visées dans la zone R-U et la nécessité d'assurer la continuité de vie et le renouvellement urbain.

– **la zone de précaution R-NU,** zone non urbanisée exposée à un aléa résiduel en cas de crue supérieure à la crue de référence. Sa préservation permet de ne pas accroître le développement urbain en zone potentiellement inondable et de maintenir des zones d'expansion des plus fortes crues, de façon à ne pas aggraver le risque à l'aval. Le principe général associé est l'interdiction de toute construction nouvelle, mais quelques dispositions sont cependant introduites pour assurer le maintien et le développement modéré des exploitations agricoles . ou forestières.

I-3. MESURES DE PRÉVENTION, DE PROTECTION ET DE SAUVEGARDE

Instaurées au 3ème alinéa de l'article L562-1 du code de l'environnement, ces mesures ont pour objectif la préservation des vies humaines par des actions sur les phénomènes ou sur la vulnérabilité des personnes. Certaines relèvent des collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, d'autres sont à la charge des individus. Elles concernent aussi bien les projets de construction, d'aménagements ou d'activités que les biens et activités existants.

Les mesures de prévention visent à réduire l'impact d'un phénomène sur les personnes et les biens, à améliorer la connaissance et la perception du risque par les populations et les élus et à anticiper la crise. À cette fin, plusieurs dispositions peuvent être prises, telles que notamment :
- la réalisation d'études spécifiques sur les aléas (hydrologie, modélisation hydraulique, hydrogéomorphologie, atlas des zones inondables, etc.) ;
- la mise en place d'un système de surveillance et d'annonce ;
- l'élaboration d'un plan de gestion de crise , tel qu'il est prévu dans le plan communal de sauvegarde (PCS) ;
- la mise en œuvre de réunions publiques d'information sur les risques, élaboration de documents d'information tels que le document d'information communal sur les risques majeurs (DICRIM), etc. ;

Les mesures de protection ont pour objectif la réduction des aléas par la construction d'ouvrages sur les secteurs les plus exposés et les plus vulnérables, telles que notamment :
- des digues de protection pour protéger les secteurs densément urbanisés ;
- des aménagements hydrauliques, tel que ouvrage de recalibrage ou barrage écrêteur de crue.
-

Les mesures de sauvegarde seront davantage axées sur la gestion de crise et regroupent l'ensemble des mesures de planification et de programmation.

I-4. MESURES DE RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITÉ

La vulnérabilité actuellement préoccupante des biens existants en zone inondable a suscité la prise en compte par le législateur de nouvelles mesures lors de l'élaboration du PPRi. Ces mesures, aussi appelées « mesures de mitigation » et issues du 4ème alinéa de l'article L562-1 du code de l'environnement, ont pour objectif :
- d'**assurer la sécurité des personnes** (adaptation des biens ou des activités dans le but de réduire la vulnérabilité des personnes : zone refuge, matérialisation des piscines enterrés...
- d**e réduire la vulnérabilité des biens** (limiter les dégâts matériels et les dommages économiques).
- de **faciliter le retour à la normale** (adapter les biens pour faciliter le retour à la normale lorsque l'événement s'est produit : choix de matériaux résistants à l'eau, etc. ; atténuer le traumatisme psychologique lié à une inondation en facilitant l'attente des secours ou de la décrue, ainsi qu'une éventuelle évacuation dans des conditions de confort et de sécurité satisfaisante).

Pour les biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme et avant approbation du présent PPRi, les travaux relevant de certaines mesures individuelles sur le bâti sont désormais rendus obligatoires et ne s'imposent **que dans la limite de 10% de la valeur vénale ou estimée du bien considéré** à la date d'approbation du plan (article R.562-5 du code de l'Environnement)

La mise en œuvre de ces dispositions doit s'effectuer **dans un délai maximum de 5 ans à compter de l'approbation du présent plan**. A défaut de mise en œuvre de ces mesures dans les délais prévus, le préfet peut imposer la réalisation de ces mesures **aux frais du propriétaire ou du gestionnaire**.

L'article L.561-3 du code de l'environnement dispose que tous les travaux de mise en sécurité des personnes et de réduction de la vulnérabilité des biens peuvent bénéficier d'une subvention de l'État. Cette subvention issue du Fond de Prévention des Risques Naturels Majeurs, dit « Fond Barnier » vise à encourager la mise en œuvre de ces mesures et concerne :

- les particuliers (biens d'habitation et d'usage mixte) à hauteur de 40%
- les entreprises de moins de vingt salariés (biens à usage professionnel) à hauteur de 20%.

Ces mesures ne sont applicables qu'aux biens situés dans les zones soumis à l'aléa de référence, donc en F-U, F-NU, M-U, M-NU ainsi que dans les sous secteurs de centre urbain (cu) de ces zones : F-Ucu, M-Ucu.

Le financement du fond de prévention des risques naturels majeurs est strictement lié au caractère obligatoire des mesures figurant dans le règlement du PPRi.

DEUXIÈME PARTIE :

CLAUSES RÉGLEMENTAIRES APPLICABLES DANS CHAQUE ZONE AUX PROJETS NOUVEAUX

Conventions applicables à toutes les zones :

* Indépendamment des prescriptions édictées par ce Plan de Prévention des Risques d'Inondation, les projets de construction restent assujettis aux dispositions prévues dans les documents d'urbanisme et à toutes les règlementations en vigueur. **L'ensemble des prescriptions édictées ne s'appliquent qu'aux travaux et installations autorisés postérieurement à la date d'approbation du PPRi** (constructions nouvelles, reconstruction, modification de constructions existantes, etc).

* En application de l'article R431.9 du code de l'urbanisme, les cotes du plan de masse du projet devront être rattachées au **nivellement général de la France (NGF)**.
Toute demande de permis de construire ou de permis d'aménager située en secteur d'aléa fort (zones F-U, F-NU, F-Ucu) ou en secteur d'aléa modéré (zones M-U, M-NU, M-Ucu) devra être accompagnée d'une attestation établie par l'architecte du projet ou par un géomètre agréé certifiant la réalisation de ce levé topographique et constatant que le projet prend en compte au stade de la conception les prescriptions de hauteur imposées par le règlement du PPRi (article R431.16 du code de l'urbanisme). Cette attestation précisera la côte du TN, la côte de référence, et les côtes des différents niveaux de planchers bâtis.

* les clauses du règlement conduisent parfois à imposer un **calage des planchers**, par rapport à la cote PHE ou la cote TN. Cette cote imposée (par exemple PHE+30cm ou TN+30cm) constitue un minimum. Dans le cas d'un calage par rapport à la cote PHE et dans l'hypothèse où celle-ci n'est pas définie, il conviendra de caler le plancher par défaut à :
- TN+80cm en zones d'aléa modéré (M-NU, M-U, M-Ucu)
- TN+1,50m en zones d'aléa fort (F-NU, F-U, F-Ucu)

* Les **travaux d'entretien et de gestion courants** (traitements de façades, réfection de toiture, peinture, etc.) sont admis sans conditions.

* Les **travaux d'entretien et de modernisation du réseau routier** sont admis sous réserve qu'il ne modifie pas les conditions d'écoulement.

*** Lorsqu'un bâtiment est traversé par une limite de zonage, les mesures réglementaires correspondant au zonage le plus contraignant lui seront appliquées.**

* Sauf précisions spécifiques, les mesures listées dans chaque partie peuvent être **cumulatives** : quand cela est permis, il est par exemple possible de combiner une extension de 20m² au sol et une annexe.

II-1. Clauses réglementaires applicables en F-NU et F-U (et F-Ucu le cas échéant).

Article 1 : SONT INTERDITS dans les zones F-NU, F-U et F-Ucu

Sont interdits, à l'exception des travaux, constructions, aménagements ouvrages, ou installations qui font l'objet de prescriptions obligatoires dans l'article 2 suivant :

1) les ***constructions nouvelles***, à l'exception de celles citées à l'article suivant, et notamment :

1a) la reconstruction de **bâtiments sinistrés** par une inondation,

1b) la création ou l'extension de plus de 20% d'emprise au sol ou de plus de 20% de l'effectif des ***établissements recevant des populations vulnérables et des établissements stratégiques,***

1c) l'***extension*** *de l'emprise au sol supérieure à 20m² supplémentaires* **des locaux d'habitation** existants, à l'exception de celles citées à l'article suivant,

1d) l'***extension*** *de l'emprise au sol supérieure à 20% de l'emprise existante* **des locaux d'activités et de stockage** existants, à l'exception de celles citées à l'article suivant,

1e) la création de plus de 20m² d'emprise au sol d'***annexes***,

1f) la création de nouvelles ***stations d'épuration*** et l'extension augmentant de plus de 20% le nombre d'équivalents habitants,

1g) la création de nouvelles ***déchetteries***,

1h) la création de ***serres*** et châssis en verre ou en plastique de plus de 1,80 m. de hauteur,

1i) la création de constructions liées à des ***aménagements sportifs et d'équipements légers d'animation et de loisirs*** de plein air (vestiaires...) dépassant 100m² d'emprise au sol,

2) la ***modification de constructions existantes*** allant dans le sens d'une augmentation de la vulnérabilité (cf. lexique : changement de destination) ou dans le sens de l'augmentation du nombre de logements, à l'exception de ceux cités à l'article suivant,

3) la création de nouveaux ***campings ou parcs résidentiels de loisirs***, ainsi que l'extension ou l'augmentation de capacité d'accueil des campings ou PRL existants,

4) la création de nouvelles ***aires d'accueil des gens du voyage*****,** ainsi que l'extension ou l'augmentation de capacité des aires d'accueil existantes**,**

5) tous ***remblais, dépôts de matériaux et conditionnements susceptibles d'être emportés, de gêner les écoulements ou de polluer les eaux en cas de crue,*** et en particulier les décharges, dépôts d'ordures, de déchets ou de produits dangereux ou polluants,

6) la création des ***parcs souterrains de stationnement de véhicules,***

7) la création de nouveaux ***cimetières***, ainsi que les extensions des cimetières existants,

Article 2 : SONT ADMIS SOUS CONDITIONS dans les zones F-NU, F-U et F-Ucu

Article 2-1 : constructions nouvelles

a) La ***reconstruction*** est admise sous réserve :
- que, si elle est consécutive à un sinistre, ce sinistre ne soit pas une inondation,
- de ne pas créer de logements ou d'activités supplémentaires,
- que l'emprise au sol projetée soit inférieure ou égale à l'emprise au sol démolie,
- de ne pas augmenter le nombre de niveaux,
- que la surface du 1er plancher aménagé soit calée au minimum à la cote PHE+30cm.
- que la reconstruction des établissements recevant des populations vulnérables et des établissements stratégiques n'augmente pas l'effectif de plus de 20%.

b) L'***extension des établissements recevant des populations vulnérables et des établissements stratégiques*** est admise dans la limite de 20% d'emprise au sol et de 20% de l'effectif, sous réserve que :
- la surface du plancher aménagé soit calée à la cote PHE+30cm.
le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

c) L'***extension de l'emprise au sol des locaux de logement existants*** est admise dans la limite de 20m² supplémentaires, sous réserve que :
- la surface du plancher aménagé soit calée à la cote PHE+30cm.
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

Dans le ***cas de locaux de logement existants disposant d'un étage accessible au-dessus de la PHE***, l'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à PHE+30cm), dans la limite de 20m² d'emprise au sol, sous réserve que :
- l'extension s'accompagne de mesures compensatoires (pose de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE et réseau électrique de l'extension descendant et hors d'eau),
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

d) L'***extension de l'emprise au sol des locaux d'activités existants*** est admise dans la limite de 20% d'emprise au sol supplémentaire, sous réserve que :
- la surface du plancher aménagé soit calée à la cote PHE+30cm.
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

Dans le ***cas de locaux d'activités de bureau, d'artisanat ou d'industrie disposant d'un étage accessible au-dessus de la PHE****,* l'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à PHE+30cm), dans la limite de 20% de l'emprise au sol, sous réserve que :
- l'extension s'accompagne de mesures compensatoires (pose de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE et réseau électrique de l'extension descendant et hors d'eau),
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

Dans le ***cas de locaux d'activités de commerce****,* l'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à PHE+30cm), sans condition d'étage accessible, dans la limite de 20% de l'emprise au sol, sous réserve que :
- l'extension s'accompagne de mesures compensatoires (pose de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE et réseau électrique de l'extension descendant et hors d'eau),

- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

e) L'***extension de l'emprise au sol des locaux de stockage*** *(incluant les bâtiments d'exploitation agricole)* est admise dans la limite de 20% d'emprise au sol supplémentaire sous réserve que :
- l'extension s'accompagne de mesures compensatoires (pose de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE et réseau électrique de l'extension descendant et hors d'eau),
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE..

f) L'***extension au-dessus de la PHE des bâtiments existants de logements et d'activités sans création d'emprise au sol*** est admise sous réserve :
- qu'elle ne crée ni logement supplémentaire, ni d'activité supplémentaire.
- qu'elle s'accompagne de mesures compensatoires de nature à diminuer la vulnérabilité du reste du bâtiment lui-même (pose de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE).

g) **dispositions strictement limitées à la zone F-Ucu :**

***** *L'**extension des bâtiments existants***, même avec changement de destination ou augmentation du nombre de logements, est admise au niveau du TN sous réserve :
- qu'elle ne soit pas destinée à des établissements stratégiques ou recevant des populations vulnérables (a du lexique),
- que les niveaux situés sous la cote PHE+30 ne soient pas destinés à des locaux de logement (b),
- que les surfaces créées n'excèdent pas 2 fois l'emprise au sol initiale.
A l'occasion de ces travaux, il est vivement recommandé de mettre en œuvre des mesures pour diminuer la vulnérabilité du bâtiment lui-même (installation de batardeaux, utilisation de matériaux peu sensibles à l'eau, séparation des réseaux électriques desservant les niveaux exposés et ceux situés au-dessus de la PHE, et réalisation d'un réseau électrique descendant...) et pour assurer la sécurité des biens (stockage hors d'eau des marchandises...).

* *La **création de bâtiments nouveaux*** est admise au niveau du TN sous réserve :
- que la création fasse suite à une démolition,
- qu'elle ne soit pas destinée à des établissements stratégiques ou recevant des populations vulnérables (a du lexique),
- que les niveaux situés sous la cote PHE+30cm ne soient pas destinés à des locaux de logement (b),
- que les surfaces créées n'excèdent pas 3 fois l'emprise au sol du bâtiment démoli.
Cette disposition permet notamment de remplacer des bâtiments par de nouvelles constructions, pouvant être destinées à du logement.

h) La création d'***annexes*** est admise dans la limite de 20m² au niveau du terrain naturel, une seule fois à compter de la date d'application du présent document.

Article 2-2 : constructions existantes

i) La modification de construction sans changement de destination ou avec changement de destination allant dans le sens d'une diminution de la vulnérabilité (cf. lexique : changement de destination) est admise au niveau du plancher existant.

La modification de construction avec changement de destination allant dans le sens d'une

augmentation de la vulnérabilité (cf. lexique : changement de destination) est admise au niveau du plancher existant pour les locaux de logement disposant d'un étage accessible au-dessus de la PHE dans la limite de 20m² d'emprise au sol. Cette disposition n'est pas cumulative avec celle relative aux extensions au sol (cf c - 2ème alinéa supra).
A l'occasion de ces travaux, il est vivement recommandé de mettre en œuvre des mesures pour diminuer la vulnérabilité du bâtiment lui-même (installation de batardeaux, utilisation de matériaux peu sensibles à l'eau, séparation des réseaux électriques desservant les niveaux exposés et ceux situés au-dessus de la PHE, et réalisation d'un réseau électrique descendant...) et pour assurer la sécurité des biens (stockage hors d'eau des marchandises...).

La création d'***ouvertures au-dessus de la cote de la PHE*** est admise.

La création d'***ouvertures en dessous de la cote de la PHE*** est admise sous réserve d'équiper tous les ouvrants sous la PHE de batardeaux.

j) **disposition strictement limitée à la zone F-Ucu :** ***la modification ou le changement de destination de bâtiments existants***, même avec augmentation du nombre de logements, sont admis *au niveau du sol existant (et non plus à PHE+30cm comme dans le reste des zones de danger F-U et F-NU)*, sous réserve :
- qu'ils ne soient pas destinés à des établissements stratégiques ou recevant des populations vulnérables (a du lexique),
- que les niveaux sous la PHE ne soient pas destinés à des locaux de logement (b),
A l'occasion de ces travaux, il est vivement recommandé de mettre en œuvre des mesures pour diminuer la vulnérabilité du bâtiment lui-même (installation de batardeaux, utilisation de matériaux peu sensibles à l'eau, séparation des réseaux électriques desservant les niveaux exposés et ceux situés au-dessus de la PHE, et réalisation d'un réseau électrique descendant...) et pour assurer la sécurité des biens (stockage hors d'eau des marchandises...).
Cette disposition permet notamment la transformation de rez-de-chaussée en commerces et d'étages en logements.

Article 2-3 : autres projets et travaux

k) Les ***piscines individuelles enterrées*** sont admises à condition qu'un balisage permanent du bassin par des barrières soit mis en place pour assurer la sécurité des personnes et des services de secours.

l) Les ***parcs de stationnement de plus de 10 véhicules****, non souterrains,* sont admis sous réserve :
- qu'ils soient signalés comme étant inondables
- que leur évacuation soit organisée à partir d'un dispositif de prévision des crues ou d'alerte prévu au PCS,
- qu'ils ne créent pas de remblais
- qu'ils ne créent pas d'obstacle à l'écoulement des crues.

m) Les ***équipements d'intérêt général*** sont admis sous réserve d'une étude hydraulique préalable, qui devra en définir les conséquences amont et aval et déterminer leur impact sur l'écoulement des crues, les mesures compensatoires à adopter visant à annuler leurs effets sur les crues et les conditions de leur mise en sécurité. Émargent à cette rubrique les travaux ou aménagements sur les ouvrages existants et les digues intéressant la sécurité publique, y compris la constitution de remblais destinés à une protection rapprochée des lieux densément urbanisés,

démontrée par une étude hydraulique, et après obtention des autorisations réglementaires nécessaires (loi sur l'eau, déclaration d'utilité publique...).

Pour les ***stations d'épuration***, seules sont admises les mises aux normes des stations existantes et les extensions limitées à une augmentation de 20% du nombre d'équivalents habitants (EH), dans les conditions précisées au paragraphe ci-dessus, et sous réserve :
- que tous les locaux techniques soient calés au-dessus de la PHE+30cm,
- que tous les bassins épuratoires et systèmes de traitement (primaires et secondaires) soient étanches et empêchent l'intrusion de l'eau d'inondation (calage au dessus de la PHE+30cm)

Pour les ***déchetteries***, seules les extensions des déchetteries existantes sont admises.
A cette occasion l'ensemble des bennes devront être arrimées et les produits polluants (batteries, peintures, solvants, etc...) devront être stockés au-dessus de la PHE+30cm.

Les ***équipements techniques*** des réseaux, tels que transformateurs, postes de distribution, postes de relevage ou de refoulement, relais et antennes sont admis, à condition d'être calés à PHE+30cm ou d'être étanches ou, en cas d'impossibilité, d'assurer la continuité ou la remise en service du réseau.

n) Les travaux d'***aménagements sportifs et d'équipements légers d'animation et de loisirs*** de plein air ouverts au public sans création de remblais sont admis, sous réserve qu'ils ne créent pas d'obstacle à l'écoulement des crues.
Est également autorisée la création de surfaces de plancher pour des locaux non habités et strictement nécessaires à ces activités sportives, d'animation et de loisirs tels que sanitaires, vestiaires, locaux à matériels, dans la limite de 100m² d'emprise au sol et sous réserve que la surface des planchers soit calée à la cote PHE+30cm.

o) L'***exploitation et la création de carrières*** sont admises sous réserve :
- que les installations techniques soient ancrées afin de pouvoir résister aux effets d'entraînement de la crue de référence
- que les locaux de l'exploitation soient calés au minimum à la cote PHE+30cm.

p) La création ou modification de ***clôtures*** et de ***murs*** est limitée aux grillages à mailles larges, c'est-à-dire dont le plus petit côté est supérieur à 5cm, sur un mur bahut de 40cm de haut maximum.

q) Les ***châssis et serres*** dont la hauteur au dessus du sol est inférieure ou égale à 1,80m sont admis.

r) Les opérations de ***déblais/remblais*** sont admises à condition qu'elles ne conduisent pas à une augmentation du volume remblayé en zone inondable.

s) Les ***éoliennes*** sont admises. Sont admis à ce titre les bâtiments techniques nécessaires au fonctionnement de ces unités sous réserve du calage des planchers à la cote de PHE+30cm.

t) L'implantation d'***unités de production d'électricité d'origine photovoltaïque*** prenant la forme de champs de capteurs (appelées fermes ou champs photo-voltaïques) est admise sous réserve :
- que le projet se situe à plus de 100m comptés à partir du pied des digues ;
- que la sous-face des panneaux soit située au-dessus de la cote de la PHE ;
- que la solidité de l'ancrage des poteaux soit garantie pour résister au débit et à la vitesse de la crue de référence et à l'arrivée d'éventuels embâcles.

Sont admis à ce titre les bâtiments techniques nécessaires au fonctionnement de ces unités sous réserve du calage des planchers à la cote de la PHE+30cm.

u) Les ***aménagements publics légers***, tels que le mobilier urbain, sont admis sous réserve d'être ancrés au sol.

II-2. Clauses réglementaires applicables en M-NU

Article 1 : SONT INTERDITS dans la zone M-NU

Sont interdits, à l'exception des travaux, constructions, aménagements ouvrages, ou installations qui font l'objet de prescriptions obligatoires dans l'article 2 suivant :

1) les ***constructions nouvelles***, à l'exception de celles citées à l'article suivant, et notamment :

1b*) la création ou l'extension de plus de 20% d'emprise au sol ou de plus de 20% de l'effectif des* ***établissements recevant des populations vulnérables et des établissements stratégiques,***

1c) l'***extension*** *de l'emprise au sol supérieure à 20m² supplémentaires* **des locaux d'habitation** existants, à l'exception de celles citées à l'article suivant,

1d) l'***extension*** *de l'emprise au sol supérieure à 20% de l'emprise existante* **des locaux d'activités et de stockage** existants, à l'exception de celles citées à l'article suivant,

1e) la création de plus de 20m² d'emprise au sol d'***annexes***,

1f) la création de nouvelles ***stations d'épuration*** et l'extension augmentant de plus de 50% le nombre d'équivalents habitants,

1g) la création de nouvelles ***déchetteries***,

1h) la création de ***serres*** et châssis en verre ou en plastique de plus de 1,80 m. de hauteur,

1i) la création de constructions liées à des ***aménagements sportifs et d'équipements légers d'animation et de loisirs*** de plein air (vestiaires...) dépassant 100m² d'emprise au sol,

2) la ***modification de constructions existantes*** allant dans le sens d'une augmentation de la vulnérabilité (cf. lexique : changement de destination) ou dans le sens de l'augmentation du nombre de logements, à l'exception de ceux cités à l'article suivant,

3) la création de nouveaux ***campings ou parcs résidentiels de loisirs***, ainsi que l'extension ou l'augmentation de capacité d'accueil des campings ou PRL existants,

4) la création de nouvelles ***aires d'accueil des gens du voyage*****,** ainsi que l'extension ou l'augmentation de capacité des aires d'accueil existantes**,**

5) tous ***remblais, dépôts de matériaux et conditionnements susceptibles d'être emportés, de gêner les écoulements ou de polluer les eaux en cas de crue,*** et en particulier les décharges, dépôts d'ordures, de déchets ou de produits dangereux ou polluants,

6) la création des ***parcs souterrains de stationnement de véhicules,***

7) la création de nouveaux ***cimetières***,

Article 2 : SONT ADMIS SOUS CONDITIONS dans la zone M-NU

Article 2-1 : constructions nouvelles :

a) La ***reconstruction*** est admise sous réserve :
- de ne pas créer de logements ou d'activités supplémentaires,
- que l'emprise au sol projetée soit inférieure ou égale à l'emprise au sol démolie,
- de ne pas augmenter le nombre de niveaux,
- que la surface du 1er plancher aménagé soit calée au minimum à la cote PHE+30cm.
- que la reconstruction des établissements recevant des populations vulnérables et des établissements stratégiques n'augmente pas l'effectif de plus de 20%.

b) L'***extension des établissements recevant des populations vulnérables et des établissements stratégiques*** est admise dans la limite de 20% d'emprise au sol et de 20% de l'effectif, sous réserve que :
- la surface du plancher aménagé soit calée à la cote PHE+30cm.
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

c) L'***extension de l'emprise au sol des locaux de logement existants*** est admise dans la limite de 20m² supplémentaires, sous réserve que :
- la surface du plancher aménagé soit calée à la cote PHE+30cm.
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

Dans le ***cas de locaux de logement existants disposant d'un étage accessible au-dessus de la PHE***, l'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à PHE+30cm), dans la limite de 20m² d'emprise au sol, sous réserve que :
- l'extension s'accompagne de mesures compensatoires (pose de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE et réseau électrique de l'extension descendant et hors d'eau),
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

d) L'***extension de l'emprise au sol des locaux d'activités existants*** est admise dans la limite de 20% d'emprise au sol supplémentaire, sous réserve que :
- la surface du plancher aménagé soit calée à la cote PHE+30cm.
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

Dans le ***cas de locaux d'activités de bureau, d'artisanat ou d'industrie disposant d'un étage accessible au-dessus de la PHE****,* l'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à PHE+30cm), dans la limite de 20% de l'emprise au sol, sous réserve que :
- l'extension s'accompagne de mesures compensatoires (pose de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE et réseau électrique de l'extension descendant et hors d'eau),
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

Dans le ***cas de locaux d'activités de commerce****,* l'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à PHE+30cm), sans condition d'étage accessible, dans la limite de 20% de l'emprise au sol, sous réserve que :
- l'extension s'accompagne de mesures compensatoires (pose de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE et réseau électrique de l'extension descendant et hors d'eau),
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

e) Sauf dans le cas de bâtiments nécessaires à l'exploitation agricole (traités au w), l'***extension de l'emprise au sol des locaux de stockage*** est admise dans la limite de 20% d'emprise au sol supplémentaire sous réserve que :
- l'extension s'accompagne de mesures compensatoires (pose de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE et réseau électrique de l'extension descendant et hors d'eau),
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE..

f) L'***extension au-dessus de la PHE des bâtiments existants de logements et d'activités sans création d'emprise au sol*** est admise sous réserve :
- qu'elle ne crée ni logement supplémentaire, ni d'activité supplémentaire.
- qu'elle s'accompagne de mesures compensatoires de nature à diminuer la vulnérabilité du reste du bâtiment lui-même (pose de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE).

g2) **Dispositions strictement limitées à l'espace stratégique identifié sur la carte de zonage :**

Sont admises les constructions strictement nécessaires à l'extension de l'activité existante, sous réserve que la surface du plancher aménagé soit calée à la cote PHE+30cm, de la mise en œuvre d'un plan d'intervention et d'organisation en cas de crue (concernant la personnel, le matériel et le stock) et de la mise en œuvre de mesures de réduction de la vulnérabilité sur l'existant (pose de batardeaux, protection des réseaux, ...)

Cette disposition vise notamment la construction de bâtiments de recherche et laboratoires agronomiques, de bâtiments agricoles, de bâtiments techniques liés au strict fonctionnement du site, à l'exclusion des locaux de logements.

Sont également admis la création de *serres* et châssis en verre ou en plastique de plus de 1,80 m de hauteur exploitant directement le terrain naturel sous réserve :
- qu'ils soient munis de dispositifs fusibles sous la cote PHE de manière à assurer le libre écoulement des eaux,
- que les éventuels équipements sensibles liés à leur fonctionnement (réseau électrique, réseau de chaleur, etc...) soit calés à la cote PHE+30cm.

h) La création d'***annexes*** est admise dans la limite de 20m² au niveau du terrain naturel, une seule fois à compter de la date d'application du présent document.

Article 2-2 : constructions existantes

i) La modification de construction sans changement de destination ou avec changement de destination allant dans le sens d'une diminution de la vulnérabilité (cf. lexique : changement de destination) est admise au niveau du plancher existant.

La modification de construction avec changement de destination allant dans le sens d'une augmentation de la vulnérabilité (cf. lexique : changement de destination) est admise au niveau du plancher existant pour les locaux de logement disposant d'un étage accessible au-dessus de la PHE dans la limite de 20m² d'emprise au sol. Cette disposition n'est pas cumulative avec celle relative aux extensions au sol (cf c - 2ème alinéa supra).

A l'occasion de ces travaux, il est vivement recommandé de mettre en œuvre des mesures pour diminuer la vulnérabilité du bâtiment lui-même (installation de batardeaux, utilisation de matériaux peu sensibles à l'eau, séparation des réseaux électriques desservant les niveaux exposés et ceux

situés au-dessus de la PHE, et réalisation d'un réseau électrique descendant...) et pour assurer la sécurité des biens (stockage hors d'eau des marchandises...).

La création d'***ouvertures au-dessus de la cote de la PHE*** est admise.

La création d'***ouvertures en dessous de la cote de la PHE*** est admise sous réserve d'équiper tous les ouvrants sous la PHE de batardeaux.

Article 2-3 : autres projets et travaux

k) Les ***piscines individuelles enterrées*** sont admises à condition qu'un balisage permanent du bassin par des barrières soit mis en place pour assurer la sécurité des personnes et des services de secours.

l) Les ***parcs de stationnement de plus de 10 véhicules****, non souterrains,* sont admis sous réserve :
- qu'ils soient signalés comme étant inondables
- que leur évacuation soit organisée à partir d'un dispositif de prévision des crues ou d'alerte prévu au PCS,
- qu'ils ne créent pas de remblais
- qu'ils ne créent pas d'obstacle à l'écoulement des crues.

m) Les ***équipements d'intérêt général*** sont admis sous réserve d'une étude hydraulique préalable, qui devra en définir les conséquences amont et aval et déterminer leur impact sur l'écoulement des crues, les mesures compensatoires à adopter visant à annuler leurs effets sur les crues et les conditions de leur mise en sécurité. Émargent à cette rubrique les travaux ou aménagements sur les ouvrages existants et les digues intéressant la sécurité publique, y compris la constitution de remblais destinés à une protection rapprochée des lieux densément urbanisés, démontrée par une étude hydraulique, et après obtention des autorisations réglementaires nécessaires (loi sur l'eau, déclaration d'utilité publique...).

Pour les ***stations d'épuration****,* seules sont admises les mises aux normes des stations existantes et les extensions limitées à une augmentation de 50% du nombre d'équivalents habitants (EH), dans les conditions précisées au paragraphe ci-dessus, et sous réserve :
- que tous les locaux techniques soient calés au-dessus de la PHE+30cm,
- que tous les bassins épuratoires et systèmes de traitement (primaires et secondaires) soient étanches et empêchent l'intrusion de l'eau d'inondation (calage au dessus de la PHE+30cm)

Pour les ***déchetteries***, seules les extensions des déchetteries existantes sont admises.
A cette occasion l'ensemble des bennes devront être arrimées et les produits polluants (batteries, peintures, solvants, etc...) devront être stockés au-dessus de la PHE+30cm.

Les ***équipements techniques*** des réseaux, tels que transformateurs, postes de distribution, postes de relevage ou de refoulement, relais et antennes sont admis, à condition d'être calés à PHE+30cm ou d'être étanches ou, en cas d'impossibilité, d'assurer la continuité ou la remise en service du réseau.

n) Les travaux d'***aménagements sportifs et d'équipements légers d'animation et de loisirs*** de plein air ouverts au public sans création de remblais sont admis, sous réserve qu'ils ne créent pas d'obstacle à l'écoulement des crues.
Est également autorisée la création de surfaces de plancher pour des locaux non habités et strictement nécessaires à ces activités sportives, d'animation et de loisirs tels que sanitaires, vestiaires, locaux à matériels, dans la limite de 100m² d'emprise au sol et sous réserve que la surface des planchers soit calée à la cote PHE+30cm.

o) L'***exploitation et la création de carrières*** sont admises sous réserve :
- que les installations techniques soient ancrées afin de pouvoir résister aux effets d'entraînement de la crue de référence
- que les locaux de l'exploitation soient calés au minimum à la cote PHE+30cm.

p) La création ou modification de ***clôtures*** et de ***murs*** est limitée aux grillages à mailles larges, c'est-à-dire dont le plus petit côté est supérieur à 5cm, sur un mur bahut de 40cm de haut maximum.

q) Les ***châssis et serres*** dont la hauteur au dessus du sol est inférieure ou égale à 1,80m sont admis.

r) Les opérations de ***déblais/remblais*** sont admises à condition qu'elles ne conduisent pas à une augmentation du volume remblayé en zone inondable.

s) Les ***éoliennes*** sont admises. Sont admis à ce titre les bâtiments techniques nécessaires au fonctionnement de ces unités sous réserve du calage des planchers à la cote de PHE+30cm.

t) L'implantation d'***unités de production d'électricité d'origine photovoltaïque*** prenant la forme de champs de capteurs (appelées fermes ou champs photo-voltaïques) est admise sous réserve :
- que le projet se situe à plus de 100m comptés à partir du pied des digues ;
- que la sous-face des panneaux soit située au-dessus de la cote de la PHE ;
- que la solidité de l'ancrage des poteaux soit garantie pour résister au débit et à la vitesse de la crue de référence et à l'arrivée d'éventuels embâcles.
Sont admis à ce titre les bâtiments techniques nécessaires au fonctionnement de ces unités sous réserve du calage des planchers à la cote de la PHE+30cm.

u) Les ***aménagements publics légers***, tels que le mobilier urbain, sont admis sous réserve d'être ancrés au sol.

v) La création des ***préaux et halles publics et des manèges équestres*** est admise au niveau du terrain naturel à condition qu'elle soit ouverte sur au moins 75% du périmètre.

w) La *création ou l'extension de* ***bâtiments agricoles ou forestiers de stockage ou d'élevage*** nécessaire à l'exploitation agricole est admise, sous réserve :
- qu'elle ne constitue pas une construction à usage d'habitation, ni un bâtiment susceptible d'accueillir du public (caveau de vente, bureau d'accueil, etc.), ni un projet concernant une activité de transformation agro-alimentaire (cave particulière, fromagerie, etc.),
- de ne pas dépasser 600m² d'emprise au sol nouveaux à compter de la date d'application du présent document,
- que le demandeur soit exploitant à titre principal. Il devra donc fournir un justificatif (affiliation AMEXA ou relevé parcellaire ou tout autre justificatif),
- de caler la surface du plancher à la cote de la PHE.

L'extension de tout type de bâtiments d'exploitation agricole pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à PHE) dans la limite de 20% de l'emprise au sol, sous réserve que :
- l'extension s'accompagne de mesures compensatoires (pose de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE et réseau électrique de l'extension descendant et hors d'eau),
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

II-3. Clauses réglementaires applicables en M-U (et M-Ucu le cas échéant)

Article 1 : SONT INTERDITS dans la zone M-U (et M-Ucu le cas échéant)

Sont interdits, à l'exception des travaux, constructions, aménagements ouvrages, ou installations qui font l'objet de prescriptions obligatoires dans l'article 2 suivant :

1b*) la création ou l'extension de plus de 20% d'emprise au sol ou de plus de 20% de l'effectif* ***des établissements recevant des populations vulnérables et des établissements stratégiques,***

1f) la création de nouvelles ***stations d'épuration*** et l'extension augmentant de plus de 50% le nombre d'équivalents habitants,

1g) la création de nouvelles ***déchetteries***,

1h) la création de ***serres*** et châssis en verre ou en plastique de plus de 1,80 m. de hauteur,

3) la création de nouveaux ***campings ou parcs résidentiels de loisirs***, ainsi que l'extension ou l'augmentation de capacité d'accueil des campings ou PRL existants,

4) la création de nouvelles ***aires d'accueil des gens du voyage*****,** ainsi que l'extension ou l'augmentation de capacité des aires d'accueil existantes**,**

5) tous ***remblais, dépôts de matériaux et conditionnements susceptibles d'être emportés, de gêner les écoulements ou de polluer les eaux en cas de crue,*** et en particulier les décharges, dépôts d'ordures, de déchets ou de produits dangereux ou polluants,

6) la création des ***parcs souterrains de stationnement de véhicules,***

7) la création de nouveaux ***cimetières***,

Article 2 : SONT ADMIS SOUS CONDITIONS dans la zone M-U (et M-Ucu le cas échéant)

Article 2-1 : constructions nouvelles

a) La ***reconstruction des établissements recevant des populations vulnérables et des établissements stratégiques*** est admise sous réserve que :
- la surface du plancher aménagé soit calée à la cote PHE+30cm.
- la reconstruction n'augmente pas l'effectif de plus de 20%.

b) L'***extension des établissements recevant des populations vulnérables et des établissements stratégiques*** est admise dans la limite de 20% d'emprise au sol et de 20% de l'effectif, sous réserve que :
- la surface du plancher aménagé soit calée à la cote PHE+30cm.
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

c) La ***création ou l'extension des locaux de logement existants*** est admise sous réserve que :
- la surface du plancher aménagé soit calée à la cote PHE+30cm.
- pour les extensions, le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

Dans le cas ***de locaux de logement existants disposant d'un étage accessible au-dessus de la PHE***, l'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à PHE+30cm), dans la limite de 20m² d'emprise au sol, sous réserve que :
- l'extension s'accompagne de mesures compensatoires (pose de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE et réseau électrique de l'extension descendant et hors d'eau),
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

d) La ***création ou l'extension des locaux d'activités existants*** est admise sous réserve que :
- la surface du plancher aménagé soit calée à la cote PHE+30cm.
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

Dans le ***cas de locaux d'activités de bureau, d'artisanat ou d'industrie disposant d'un étage accessible au-dessus de la PHE****,* l'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à PHE+30cm), dans la limite de 20% de l'emprise au sol, sous réserve que :
- l'extension s'accompagne de mesures compensatoires (pose de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE et réseau électrique de l'extension descendant et hors d'eau),
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

Dans le ***cas de locaux d'activités de commerce****,* l'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à PHE+30cm), sans condition d'étage accessible, dans la limite de 20% de l'emprise au sol, sous réserve que :
- l'extension s'accompagne de mesures compensatoires (pose de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE et réseau électrique de l'extension descendant et hors d'eau),
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

e) La ***création ou l'extension des locaux de stockage*** *(incluant les bâtiments d'exploitation agricole)* est admise sous réserve que la surface du plancher soit calée à la cote PHE+30cm.

L'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant dans la limite de 20% supplémentaires d'emprise au sol sous réserve que :
- l'extension s'accompagne de mesures compensatoires (pose de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE et réseau électrique de l'extension descendant et hors d'eau),
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

g) **dispositions strictement limitées à la zone M-Ucu :**

**** L'extension des bâtiments existants*** est admise au niveau du TN sous réserve :
- qu'elle ne soit pas destinée à des établissements stratégiques ou recevant des populations vulnérables (a du lexique),
- que les niveaux situés sous la cote PHE+30 ne soient pas destinés à des locaux de logement (b),
A l'occasion de ces travaux, il est vivement recommandé de mettre en œuvre des mesures pour diminuer la vulnérabilité du bâtiment lui-même (installation de batardeaux, utilisation de matériaux peu sensibles à l'eau, séparation des réseaux électriques desservant les niveaux exposés et ceux situés au-dessus de la PHE, et réalisation d'un réseau électrique descendant...) et pour assurer la sécurité des biens (stockage hors d'eau des marchandises...).

* *La* ***création de bâtiments nouveaux*** est admise au niveau du TN sous réserve :
- qu'elle ne soit pas destinée à des établissements stratégiques ou recevant des populations vulnérables (a du lexique),
- que les niveaux situés sous la cote PHE+30cm ne soient pas destinés à des locaux de logement (b).

h) La création d'***annexes*** est admise au niveau du terrain naturel.

Article 2-2 : constructions existantes

i) La ***modification de construction*** avec changement de destination allant dans le sens d'une augmentation de la vulnérabilité (cf. lexique : changement de destination) est admise sous réserve :
- la surface du plancher aménagé soit calée à la cote PHE+30cm.
- le reste du bâtiment soit équipé de batardeaux à chaque ouvrant situé sous la PHE.

La modification de construction avec changement de destination allant dans le sens d'une augmentation de la vulnérabilité (cf. lexique : changement de destination) est admise au niveau du plancher existant pour les locaux de logement disposant d'un étage accessible au-dessus de la PHE dans la limite de 20m² d'emprise au sol. Cette disposition n'est pas cumulative avec celle relative aux extensions au sol (cf c - 2ème alinéa supra).

La modification de construction sans changement de destination ou avec changement de destination allant dans le sens d'une diminution de la vulnérabilité (cf. lexique : changement de destination) est admise au niveau du plancher existant.

La création d'***ouvertures au-dessus de la cote de la PHE*** est admise.

La création d'***ouvertures en dessous de la cote de la PHE*** est admise sous réserve d'équiper tous les ouvrants sous la PHE de batardeaux.

j) **disposition strictement limitée à la zone M-Ucu :** ***la modification ou le changement de***

destination de bâtiments existants sont admis *au niveau du sol existant (et non plus à PHE+30cm comme dans le reste des zones de précaution M-U)***,** avec ou sans changement de destination, sous réserve :
- qu'ils ne soient pas destinés à des établissements stratégiques ou recevant des populations vulnérables (a du lexique),
- que les niveaux sous la cote PHE ne soient pas destinés à des locaux de logement (b),

A l'occasion de ces travaux, il est vivement recommandé de mettre en œuvre des mesures pour diminuer la vulnérabilité du bâtiment lui-même (installation de batardeaux, utilisation de matériaux peu sensibles à l'eau, séparation des réseaux électriques desservant les niveaux exposés et ceux situés au-dessus de la PHE, et réalisation d'un réseau électrique descendant...) et pour assurer la sécurité des biens (stockage hors d'eau des marchandises...).
Cette disposition permet notamment la transformation de rez-de-chaussée en commerces.

Article 2-3 : autres projets et travaux

k) Les ***piscines individuelles enterrées*** sont admises à condition qu'un balisage permanent du bassin par des barrières soit mis en place pour assurer la sécurité des personnes et des services de secours.

l) Les ***parcs de stationnement de plus de 10 véhicules****, non souterrains,* sont admis sous réserve :
- qu'ils soient signalés comme étant inondables
- que leur évacuation soit organisée à partir d'un dispositif de prévision des crues ou d'alerte prévu au PCS,
- qu'ils ne créent pas de remblais
- qu'ils ne créent pas d'obstacle à l'écoulement des crues.

m) Les ***équipements d'intérêt général*** sont admis sous réserve d'une étude hydraulique préalable, qui devra en définir les conséquences amont et aval et déterminer leur impact sur l'écoulement des crues, les mesures compensatoires à adopter visant à annuler leurs effets sur les crues et les conditions de leur mise en sécurité. Émargent à cette rubrique les travaux ou aménagements sur les ouvrages existants et les digues intéressant la sécurité publique, y compris la constitution de remblais destinés à une protection rapprochée des lieux densément urbanisés, démontrée par une étude hydraulique, et après obtention des autorisations réglementaires nécessaires (loi sur l'eau, déclaration d'utilité publique...).

Pour les ***stations d'épuration****,* seules sont admises les mises aux normes des stations existantes et les extensions limitées à une augmentation de 50% du nombre d'équivalents habitants (EH), dans les conditions précisées au paragraphe ci-dessus, et sous réserve :
- que tous les locaux techniques soient calés au-dessus de la PHE+30cm,
- que tous les bassins épuratoires et systèmes de traitement (primaires et secondaires) soient étanches et empêchent l'intrusion de l'eau d'inondation (calage au dessus de la PHE+30cm)

Pour les ***déchetteries***, seules les extensions des déchetteries existantes sont admises.
A cette occasion l'ensemble des bennes devront être arrimées et les produits polluants (batteries, peintures, solvants, etc...) devront être stockés au-dessus de la cote TN+30cm.

Les ***équipements techniques*** des réseaux, tels que transformateurs, postes de distribution, postes de relevage ou de refoulement, relais et antennes sont admis, à condition d'être calés à PHE+30cm ou d'être étanches ou, en cas d'impossibilité, d'assurer la continuité ou la remise en service du réseau.

o) L'***exploitation et la création de carrières*** sont admises sous réserve :
- que les installations techniques soient ancrées afin de pouvoir résister aux effets d'entraînement de la crue de référence
- que les locaux de l'exploitation soient calés au minimum à la cote PHE+30cm.

p) La création ou modification de ***clôtures*** et de ***murs*** est limitée aux grillages à mailles larges, c'est-à-dire dont le plus petit côté est supérieur à 5cm, sur un mur bahut de 40cm de haut maximum.

q) Les ***châssis et serres*** dont la hauteur au dessus du sol est inférieure ou égale à 1,80m sont admis.

r) Les opérations de ***déblais/remblais*** sont admises à condition qu'elles ne conduisent pas à une augmentation du volume remblayé en zone inondable.

s) Les ***éoliennes*** sont admises. Sont admis à ce titre les bâtiments techniques nécessaires au fonctionnement de ces unités sous réserve du calage des planchers à la cote de PHE+30cm.

t) L'implantation d'***unités de production d'électricité d'origine photovoltaïque*** prenant la forme de champs de capteurs (appelées fermes ou champs photo-voltaïques) est admise sous réserve :
- que le projet se situe à plus de 100m comptés à partir du pied des digues ;
- que la sous-face des panneaux soit située au-dessus de la cote de la PHE ;
- que la solidité de l'ancrage des poteaux soit garantie pour résister au débit et à la vitesse de la crue de référence et à l'arrivée d'éventuels embâcles.
Sont admis à ce titre les bâtiments techniques nécessaires au fonctionnement de ces unités sous réserve du calage des planchers à la cote de la PHE+30cm.

u) Les ***aménagements publics légers***, tels que le mobilier urbain, sont admis sous réserve d'être ancrés au sol.

v) La création des ***préaux et halles publics et des manèges équestres*** est admise au niveau du terrain naturel à condition qu'elle soit ouverte sur au moins 75% du périmètre.

II-4. Clauses réglementaires applicables en R-NU

Article 1 : SONT INTERDITS dans la zone R-NU

Sont interdits, à l'exception des travaux, constructions, aménagements ouvrages, ou installations qui font l'objet de prescriptions obligatoires dans l'article 2 suivant :

1) les ***constructions nouvelles***, à l'exception de celles citées à l'article suivant, et notamment :

1b*) la création ou l'extension de plus de 20% d'emprise au sol ou de plus de 20% de l'effectif des* ***établissements recevant des populations vulnérables et des établissements stratégiques,***

1c) l'***extension*** *de l'emprise au sol supérieure à 20m² supplémentaires* **des locaux d'habitation** existants, à l'exception de celles citées à l'article suivant,

1d) l'***extension*** *de l'emprise au sol supérieure à 20% de l'emprise existante* **des locaux d'activités et de stockage** existants, à l'exception de celles citées à l'article suivant,

1e) la création de plus de 20m² d'emprise au sol d'***annexes***,

1f) la création de nouvelles ***stations d'épuration***,

1i) la création de constructions liées à des aménagements sportifs et d'équipements légers d'animation et de loisirs de plein air (vestiaires...) dépassant 100m² d'emprise au sol,

2) la ***modification de constructions existantes*** allant dans le sens d'une augmentation de la vulnérabilité (cf. lexique : changement de destination) ou dans le sens de l'augmentation du nombre de logements, à l'exception de ceux cités à l'article suivant,

3) la création de nouveaux ***campings ou parcs résidentiels de loisirs***, ainsi que l'extension ou l'augmentation de capacité d'accueil des campings ou PRL existants,

4) la création de nouvelles ***aires d'accueil des gens du voyage*****,** ainsi que l'extension ou l'augmentation de capacité des aires d'accueil existantes**,**

5) tous ***remblais, dépôts de matériaux et conditionnements susceptibles d'être emportés, de gêner les écoulements ou de polluer les eaux en cas de crue,*** et en particulier les décharges, dépôts d'ordures, de déchets ou de produits dangereux ou polluants,

6) la création des ***parcs souterrains de stationnement de véhicules.***

Article 2 : SONT ADMIS SOUS CONDITIONS dans la zone R-NU

Article 2-1 : constructions nouvelles

a) La ***reconstruction*** est admise sous réserve :
- de ne pas créer de logements ou d'activités supplémentaires,
- que l'emprise au sol projetée soit inférieure ou égale à l'emprise au sol démolie,
- de ne pas augmenter le nombre de niveaux,
- que la surface du 1er plancher aménagé soit calée au minimum à la cote TN+30cm.
- que la reconstruction des établissements recevant des populations vulnérables et des établissements stratégiques n'augmente pas l'effectif de plus de 20%.

b) L'***extension des établissements recevant des populations vulnérables et des établissements stratégiques*** est admise dans la limite de 20% d'emprise au sol et de 20% de l'effectif, sous réserve que la surface du plancher aménagé soit calée à la cote TN+30cm.

c) L'***extension de l'emprise au sol des locaux de logement existants*** est admise dans la limite de 20m² supplémentaires, sous réserve que la surface du plancher aménagé soit calée à la cote TN+30cm.

Dans le ***cas de locaux de logement existants disposant d'un étage accessible***, l'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à TN+30cm), dans la limite de 20m² d'emprise au sol.

d) L'***extension de l'emprise au sol des locaux d'activités existants*** est admise dans la limite de 20% d'emprise au sol supplémentaire, sous réserve que la surface du plancher aménagé soit calée à la cote TN+30cm.

Dans le ***cas de locaux d'activités de bureau, d'artisanat ou d'industrie disposant d'un étage accessible****,* l'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à TN+30cm), dans la limite de 20% de l'emprise au sol.

Dans le ***cas de locaux d'activités de commerce****,* l'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à TN+30cm), sans condition d'étage accessible, dans la limite de 20% de l'emprise au sol.

e) Sauf dans le cas de bâtiments nécessaires à l'exploitation agricole (traités au w), l'***extension de l'emprise au sol des locaux de stockage*** est admise dans la limite de 20% supplémentaires d'emprise au sol.

f) L'***extension à l'étage des bâtiments existants de logements et d'activités*** est admise sans création de logement supplémentaire ni d'activité supplémentaire.

h) La création d'***annexes*** est admise dans la limite de 20m² au niveau du terrain naturel, une seule fois à compter de la date d'application du présent document.

Article 2-2 : constructions existantes

i) La modification de construction sans changement de destination ou avec changement de destination allant dans le sens d'une diminution de la vulnérabilité (cf. lexique : changement de destination) est admise au niveau du plancher existant.

La modification de construction avec changement de destination allant dans le sens d'une augmentation de la vulnérabilité (cf. lexique : changement de destination) est admise au niveau du plancher existant pour les locaux de logement disposant d'un étage accessible dans la limite de 20m² d'emprise au sol. Cette disposition n'est pas cumulative avec celle relative aux extensions au sol (cf c - 2ème alinéa supra).

La modification de construction avec changement de destination allant dans le sens d'une augmentation de la vulnérabilité (cf. lexique : changement de destination) est admise pour la création de ***chambres d'hôtes*** sous réserve que la surface du 1er plancher aménagé soit calée au minimum à la cote TN+30cm.

La création d'***ouvertures*** est admise.

Article 2-3 : autres projets et travaux

k) Les ***piscines individuelles enterrées*** sont admises à condition qu'un balisage permanent du bassin par des barrières soit mis en place pour assurer la sécurité des personnes et des services de secours.

m) Les ***équipements d'intérêt général*** sont admis. Émargent à cette rubrique les travaux ou aménagements sur les ouvrages existants et les digues intéressant la sécurité publique, y compris la constitution de remblais destinés à une protection rapprochée des lieux densément urbanisés, démontrée par une étude hydraulique, et après obtention des autorisations réglementaires nécessaires (loi sur l'eau, déclaration d'utilité publique...).

Pour les ***stations d'épuration,*** seules sont admises les mises aux normes et les extensions des stations existantes sous réserve :
- que tous les locaux techniques soient calés au-dessus de la cote TN+30cm,
- que tous les bassins épuratoires et systèmes de traitement (primaires et secondaires) soient étanches et empêchent l'intrusion de l'eau d'inondation (calage au dessus de la cote TN+30cm)

Pour les nouvelles ***déchetteries***, les bennes devront être arrimées et les produits polluants (batteries, peintures, solvants, etc...) devront être stockés au dessus de la cote TN+30cm
Les extensions des déchetteries existantes sont admises.
A cette occasion l'ensemble des bennes devront être arrimées et les produits polluants (batteries, peintures, solvants, etc...) devront être stockés au dessus de la cote TN+30cm

Les ***équipements techniques*** des réseaux, tels que transformateurs, postes de distribution, postes de relevage ou de refoulement, relais et antennes sont admis, à condition d'être calés à TN+30cm ou d'être étanches ou, en cas d'impossibilité, d'assurer la continuité ou la remise en service du réseau.

n) Les travaux d'***aménagements sportifs et d'équipements légers d'animation et de loisirs*** de plein air ouverts au public sans création de remblais sont admis, sous réserve qu'ils ne créent pas d'obstacle à l'écoulement des crues.
Est également autorisée la création de surfaces de plancher pour des locaux non habités et strictement nécessaires à ces activités sportives, d'animation et de loisirs tels que sanitaires, vestiaires, locaux à matériels, dans la limite de 100m² d'emprise au sol et sous réserve que la surface des planchers soit calée à la cote TN+30cm.

o) L'***exploitation et la création de carrières*** sont admises sous réserve :
- que les installations techniques soient ancrées,
- que les locaux de l'exploitation soient calés au minimum à la cote TN+30cm.

p) La création ou modification de ***clôtures*** et de ***murs*** est limitée aux grillages à mailles larges, c'est-à-dire dont le plus petit côté est supérieur à 5cm, sur un mur bahut de 40cm de haut maximum.

q) Les ***châssis et les serres*** nécessaires à l'activité agricole, quelle que soit leur hauteur, sont admis avec les réserves suivantes pour ceux de plus de 1,80m de hauteur que soit prise en compte l'écoulement des eaux, soit :
- en assurant une transparence totale par un dispositif permettant le libre écoulement des eaux à l'intérieur des serres,
- soit en respectant les règles d'implantation suivantes :
. la largeur ne devra pas excéder 20m.
. un espace minimal au moins égal à la moitié de la largeur d'emprise sera maintenu de façon à séparer les modules dans le sens de la largeur
. un espace minimal de 10m. sera maintenu dans le sens longitudinal.
Exemple : pour implanter quatre serres de chacune 9,60 m de large, il sera possible de les accoler deux à deux, (chaque module fera donc 19,2 m d'emprise), en laissant libres 9,60 m entre les deux modules.

r) Les opérations de ***déblais/remblais*** sont admises à condition qu'elles ne conduisent pas à une augmentation du volume remblayé en zone inondable.

s) Les ***éoliennes*** sont admises. Sont admis à ce titre les bâtiments techniques nécessaires au fonctionnement de ces unités sous réserve du calage des planchers à la cote de TN+30cm.

t) L'implantation d'***unités de production d'électricité d'origine photovoltaïque*** prenant la forme de champs de capteurs (appelées fermes ou champs photo-voltaïques) est admise sous réserve :
- que le projet se situe à plus de 100m comptés à partir du pied des digues ;
- que la sous-face des panneaux soit située au-dessus de la cote de la TN+30cm ;
Sont admis à ce titre les bâtiments techniques nécessaires au fonctionnement de ces unités sous réserve du calage des planchers à la cote de la TN+30cm.

u) Les ***aménagements publics légers***, tels que le mobilier urbain, sont admis sous réserve d'être ancrés au sol.

v) La création des ***préaux et halles publics et des manèges équestres*** est admise au niveau du terrain naturel à condition qu'elle soit ouverte sur au moins 75% du périmètre.

w) La création ou l'extension de ***bâtiments agricoles ou forestiers*** nécessaire à l'exploitation agricole est admise, sous réserve :
- qu'elle ne constitue pas une construction à usage d'habitation,
- de ne pas dépasser 600m² d'emprise au sol nouveaux à compter de la date d'application du présent document,
- que le demandeur soit exploitant à titre principal. Il devra donc fournir un justificatif (affiliation AMEXA ou relevé parcellaire ou tout autre justificatif),
- de caler la surface du plancher à la cote TN+30cm.

L'extension de tout type de bâtiments d'exploitation agricole pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à TN+30cm) dans la limite de 20% de l'emprise au sol.

x) la création de constructions (y compris d'habitation) nécessaires à l'exploitation agricole, sous réserve :
- de ne pas dépasser 200m² d'emprise au sol nouveaux à compter de la date d'application du présent document,
- que le demandeur soit exploitant à titre principal. Il devra donc fournir un justificatif (affiliation AMEXA ou relevé parcellaire ou tout autre justificatif),
- de caler la surface du plancher au minimum à la cote TN+30cm.

II-5. Clauses réglementaires applicables en R-U (et R-Ucu le cas échéant)

Article 1 : SONT INTERDITS dans la zone R-U (et R-Ucu le cas échéant)

Sont interdits, à l'exception des travaux, constructions, aménagements ouvrages, ou installations qui font l'objet de prescriptions obligatoires dans l'article 2 suivant :

1b) la création ou l'extension de plus de 20% d'emprise au sol ou de plus de 20% de l'effectif des ***établissements stratégiques,***

1f) la création de nouvelles ***stations d'épuration***,

3) la création de nouveaux ***campings ou parcs résidentiels de loisirs***, ainsi que l'extension ou l'augmentation de capacité d'accueil des campings ou PRL existants,

4) la création de nouvelles ***aires d'accueil des gens du voyage*****,** ainsi que l'extension ou l'augmentation de capacité des aires d'accueil existantes**,**

5) tous ***remblais, dépôts de matériaux et conditionnements susceptibles d'être emportés, de gêner les écoulements ou de polluer les eaux en cas de crue,*** et en particulier les décharges, dépôts d'ordures, de déchets ou de produits dangereux ou polluants.

Article 2 : SONT ADMIS SOUS CONDITIONS dans la zone R-U (et R-Ucu le cas échéant)

Article 2-1 : constructions nouvelles

a) La ***reconstruction des établissements stratégiques*** est admise sous réserve que :
- la surface du plancher aménagé soit calée à la cote TN+30cm.
- la reconstruction n'augmente pas l'effectif de plus de 20%.

b) L'***extension des établissements stratégiques*** est admise dans la limite de 20% d'emprise au sol et de 20% de l'effectif, sous réserve que la surface du plancher aménagé soit calée à la cote TN+30cm.

La ***création ou l'extension des établissements recevant des populations vulnérables*** est admise sous réserve que la surface du plancher aménagé soit calée à la cote TN+30cm.

c) La ***création ou l'extension des locaux de logement existants*** est admise sous réserve que la surface du plancher aménagé soit calée à la cote TN+30cm.

Dans le cas ***de locaux de logement existants disposant d'un étage accessible***, l'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à TN+30cm), dans la limite de 20m² d'emprise au sol.

d) La ***création ou l'extension au sol des locaux d'activités existants*** est admise sous réserve que la surface du plancher aménagé soit calée à la cote TN+30cm.

Dans le ***cas de locaux d'activités de bureau, d'artisanat ou d'industrie disposant d'un étage accessible****,* l'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à TN+30cm), dans la limite de 20% de l'emprise au sol.

Dans le ***cas de locaux d'activités de commerce****,* l'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant (et non plus à TN+30cm), sans condition d'étage accessible, dans la limite de 20% de l'emprise au sol.

e) La ***création ou l'extension des locaux de stockage*** *(incluant les bâtiments d'exploitation agricole)* est admise sous réserve que la surface du plancher soit calée à la cote TN+30cm.

L'extension pourra être autorisée au niveau du plancher existant dans la limite de 20% supplémentaires d'emprise au sol.

g) **dispositions strictement limitées à la zone R-Ucu :**

***** *L'****extension des bâtiments existants*** est admise au niveau du TN sous réserve :
- qu'elle ne soit pas destinée à des établissements stratégiques (a du lexique),
- que les niveaux situés sous la cote TN+30cm ne soient pas destinés à des locaux de logement (b) ou à des établissements recevant des populations vulnérables (a du lexique),

* *La* ***création de bâtiments nouveaux*** est admise au niveau du TN sous réserve :
- qu'elle ne soit pas destinée à des établissements stratégiques (a du lexique),
- que les niveaux situés sous la cote TN+30cm ne soient pas destinés à des locaux de logement (b) ou à des établissements recevant des populations vulnérables (a du lexique).

h) La création d'***annexes*** est admise au niveau du terrain naturel.

Article 2-2 : constructions existantes

i) La ***modification de construction*** avec changement de destination allant dans le sens d'une augmentation de la vulnérabilité (cf. lexique : changement de destination) est admise sous réserve que la surface du plancher aménagé soit calée à la cote TN+30cm.

La modification de construction avec changement de destination allant dans le sens d'une augmentation de la vulnérabilité (cf. lexique : changement de destination) est admise au niveau du plancher existant pour les locaux de logement disposant d'un étage accessible dans la limite de 20m² d'emprise au sol. Cette disposition n'est pas cumulative avec celle relative aux extensions au sol (cf c - 2ème alinéa supra).

La modification de construction sans changement de destination ou avec changement de destination allant dans le sens d'une diminution de la vulnérabilité (cf. lexique : changement de destination) est admise au niveau du plancher existant.

La création d'***ouvertures*** est admise.

j) **disposition strictement limitée à la zone R-Ucu :** ***la modification ou le changement de destination de bâtiments existants*** sont admis *au niveau du sol existant (et non plus à TN+30cm comme dans le reste de la zone R-U)***,** avec ou sans changement de destination, sous réserve qu'ils ne soient pas destinés à des établissements stratégiques ou recevant des populations vulnérables (a du lexique) ni à des locaux de logement (b).

Article 2-3 : autres projets et travaux

k) Les ***piscines individuelles enterrées*** sont admises à condition qu'un balisage permanent du bassin par des barrières soit mis en place pour assurer la sécurité des personnes et des services de secours.

l) Les ***parcs de stationnement souterrains*** devront être équipés de seuils d'au moins 20cm de haut ou de batardeaux.

m) Les ***équipements d'intérêt général*** sont admis. Émargent à cette rubrique les travaux ou aménagements sur les ouvrages existants et les digues intéressant la sécurité publique, y compris la constitution de remblais destinés à une protection rapprochée des lieux densément urbanisés, démontrée par une étude hydraulique, et après obtention des autorisations réglementaires nécessaires (loi sur l'eau, déclaration d'utilité publique...).

Pour les ***stations d'épuration****,* seules sont admises les mises aux normes des stations existantes et les extensions sous réserve :
- que tous les locaux techniques soient calés au-dessus de la cote TN+30cm,
- que tous les bassins épuratoires et systèmes de traitement (primaires et secondaires) soient étanches et empêchent l'intrusion de l'eau d'inondation (calage au dessus de la cote TN+30cm)

Pour les nouvelles ***déchetteries***, les bennes devront être arrimées et les produits polluants (batteries, peintures, solvants, etc...) devront être stockés au dessus de la cote TN+30cm
Les extensions des déchetteries existantes sont admises.
A cette occasion l'ensemble des bennes devront être arrimées et les produits polluants (batteries, peintures, solvants, etc...) devront être stockés au dessus de la cote TN+30cm

Les ***équipements techniques*** des réseaux, tels que transformateurs, postes de distribution, postes de relevage ou de refoulement, relais et antennes sont admis, à condition d'être calés à la cote TN+30cm ou d'être étanches ou, en cas d'impossibilité, d'assurer la continuité ou la remise en service du réseau.

o) L'***exploitation et la création de carrières*** sont admises sous réserve :
- que les installations techniques soient ancrées,
- que les locaux de l'exploitation soient calés au minimum à la cote TN+30cm.

p) La création ou modification de ***clôtures*** et de ***murs*** est limitée aux grillages à mailles larges, c'est-à-dire dont le plus petit côté est supérieur à 5cm, sur un mur bahut de 40cm de haut maximum.

q) Les ***châssis et les serres*** nécessaires à l'activité agricole, quelle que soit leur hauteur, sont admis avec les réserves suivantes pour ceux de plus de 1,80m de hauteur que soit prise en compte l'écoulement des eaux, soit :
- en assurant une transparence totale par un dispositif permettant le libre écoulement des eaux à l'intérieur des serres,
- soit en respectant les règles d'implantation suivantes :
. la largeur ne devra pas excéder 20m.
. un espace minimal au moins égal à la moitié de la largeur d'emprise sera maintenu de façon à séparer les modules dans le sens de la largeur
. un espace minimal de 10m. sera maintenu dans le sens longitudinal.
Exemple : pour implanter quatre serres de chacune 9,60 m de large, il sera possible de les accoler deux à deux, (chaque module fera donc 19,2 m d'emprise), en laissant libres 9,60 m entre les deux modules.

r) Les opérations de ***déblais/remblais*** sont admises à condition qu'elles ne conduisent pas à une augmentation du volume remblayé en zone inondable.

s) Les ***éoliennes*** sont admises. Sont admis à ce titre les bâtiments techniques nécessaires au fonctionnement de ces unités sous réserve du calage des planchers à la cote de TN+30cm.

t) L'implantation d'***unités de production d'électricité d'origine photovoltaïque*** prenant la forme de champs de capteurs (appelées fermes ou champs photo-voltaïques) est admise sous réserve :
- que le projet se situe à plus de 100m comptés à partir du pied des digues ;
- que la sous-face des panneaux soit située au-dessus de la cote de la TN+30cm ;
Sont admis à ce titre les bâtiments techniques nécessaires au fonctionnement de ces unités sous réserve du calage des planchers à la cote de la TN+30cm.

u) Les ***aménagements publics légers***, tels que le mobilier urbain, sont admis sous réserve d'être ancrés au sol.

v) La création des ***préaux et halles publics et des manèges équestres*** est admise au niveau du terrain naturel à condition qu'elle soit ouverte sur au moins 75% du périmètre.

TROISIÈME PARTIE :

M E S U R E S D E P R É V E N T I O N , D E P R O T E C T I O N E T D E S A U V E G A R D E

Les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde, issues de l'article L.562-1 alinéa 3 du code de l'Environnement, correspondent aux mesures collectives ou particulières à mettre en œuvre pour réduire globalement la vulnérabilité des biens et des personnes.

Les mesures énoncées ci-dessous sont rendues obligatoires par le présent PPRi, dans les délais indiqués.

III-1. Iinformation du public

Cible : le maire / Délai : tous les 2 ans

Conformément à l'article L125-2 du code de l'environnement, le maire doit délivrer au moins une fois tous les deux ans auprès de la population une information sur les risques naturels, par tous moyens laissés au libre choix de la municipalité (bulletin municipal, réunion publique, diffusion d'une plaquette...). A cette occasion, le risque d'inondation et les dispositions contenues dans le présent PPRi devront être évoqués.

III-2. Élaboration d'un Plan communal de sauvegarde (PCS)

Cible : le maire / Délai : 2 ans à compter de l'approbation du PPRi

Le maire doit élaborer un plan communal de sauvegarde (PCS), conformément à l'article 13 de la loi n°2004-811 du 13 août 2004 relative à la modernisation de la sécurité civile, dans un délai de deux ans à compter de la date d'approbation du présent PPRi. Si un plan communal de sauvegarde existe déjà à la date d'approbation du présent PPRi, le PCS devra être actualisé pour intégrer la connaissance du risque inondation contenue dans le présent PPRi.
Pour rappel, l'article 13 de la loi pré-citée précise que « le plan communal de sauvegarde regroupe l'ensemble des documents de compétence communale contribuant à l'information préventive et à la protection de la population. Il détermine, en fonction des risques connus, les mesures immédiates de sauvegarde et de protection des personnes, fixe l'organisation nécessaire à la diffusion de l'alerte et des consignes de sécurité, recense les moyens disponibles et définit la mise en œuvre des mesures d'accompagnement et de soutien de la population. Il peut désigner l'adjoint au maire ou le conseiller municipal chargé des questions de sécurité civile. Il doit être compatible avec les plans d'organisation des secours arrêtés en application des dispositions de l'article 14. »

III-3. Zonage d'assainissement pluvial

Cible : la commune / Délai : 5 ans

S'il n'est pas déjà réalisé, la commune ou la collectivité compétente devra établir un zonage d'assainissement pluvial, conformément à l'article L2224-10 3° du Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT), dans un délai de cinq ans à compter de l'approbation du PPRi.

III-4. Pose de repères de crues

Cible : collectivités compétentes / Délai : 5 ans

Conformément à l'article L563-3 du code de l'environnement et en fonction des informations en sa possession, le maire ou la collectivité compétente procède à l'inventaire des repères de crues existants sur le territoire communal, leur matérialisation dans les secteurs les plus pertinents et de passage public, leur entretien et leur protection.

QUATRIÈME PARTIE :

M E S U R E S D E R E D U C T I O N D E L A V U L N E R A B I L I T E D E S B I E N S E X I S T A N T S

Ces mesures, aussi appelées mesures de mitigation, ne sont applicables qu'aux constructions existantes situées dans les zones soumises à l'aléa de référence, donc en F-U, F-NU, M-U, M-NU (et F-Ucu et M-Ucu le cas échéant).

IV-1. Mesures obligatoires

Ces mesures obligatoires, classées par ordre de priorité décroissante, sont à mettre en œuvre dans un délai de 5 ans et dans la limite de 10% de la valeur vénale ou estimée du bien considéré à la date d'approbation du plan.

IV-1.1. Etablir un diagnostic ou un auto-diagnostic des bâtiments

Cible : propriétaire du bâtiment

Le **diagnostic** concerne tous les bâtiments situés en zone inondable d'aléas fort et modéré (F-U, F-Ucu, F-NU, M-U, M-Ucu et M-NU).

Pour les établissements recevant du public de la 1ère à la 4ème catégorie, les établissements stratégiques, les établissements recevant des populations vulnérables, les équipements d'intérêt général, les activités de plus de 20 salariés, les installations classées pour la protection de l'environnement, ce diagnostic doit être effectué par des personnes ou des organismes qualifiés en matière d'évaluation des risques naturels et de leurs effets socio-économiques. Ce diagnostic doit comprendre :

- un plan du ou des bâtiments faisant apparaître la cote de l'aléa issue du PPRi et la cote topographique de chaque ouvrant et du plancher habitable le plus haut, de manière à déterminer la hauteur d'eau potentielle à la crue de référence dans le(s) bâtiment(s) par différence de ces 2 cotes.
- l'organisation de la prise en compte du risque inondation, notamment :
    - par la rédaction d'un plan ou de procédures d'alerte et de secours aux personnes,
    - par la proposition de mesures de réduction de la vulnérabilité adaptées, accompagnées d'un descriptif technique et économique, incluant d'une part des mesures sur le bâtiment, et d'autre part une analyse sur les fonctionnements et les procédés de stockage et de fabrication (dans le cas des activités économiques), afin d'identifier les éléments présentant un caractère vulnérable en cas d'inondation.

Pour les autres types de bâtiments, ce diagnostic peut être réalisé par le propriétaire (on parle alors d'auto-diagnostic). Il doit uniquement comporter un plan du ou des bâtiments faisant apparaître la cote de l'aléa issue du PPRi et la cote topographique de chaque ouvrant et du plancher habitable le plus haut, de manière à déterminer la hauteur d'eau potentielle à la crue de référence dans le(s) bâtiment(s) par différence de ces 2 cotes.

IV-1.2. Zones refuges

Cible : propriétaire du bâtiment

En zones F-U, F-Ucu et F-NU seulement, pour les bâtiments d'habitation individuels, la réalisation d'une zone refuge est rendue obligatoire lorsque la cote PHE est 80 cm ou plus au-dessus de la cote du plancher le plus haut, sauf en cas d'impossibilités techniques ou règlementaires. Dans ces cas, le propriétaire ou la copropriété devra le signaler au maire afin que celui-ci le prenne en compte dans le PCS.

IV-1.3. Installer des batardeaux

Cible : propriétaire du bâtiment

Dans les zones F-U, F-Ucu, F-NU, F-NUd, M-U, M-Ucu et M-NU, la pose de barrières anti-intrusion d'eau (batardeaux) est rendue obligatoire pour chaque ouvrant situé en dessous de la cote de la PHE, afin d'empêcher l'eau de pénétrer, au moins lors des crues les plus courantes.
Leur hauteur sera au minimum de 0,50m et limité à 0,80m, afin de permettre leur franchissement par les secours et d'éviter une différence de pression trop importante entre l'intérieur et l'extérieur.

IV-1.4. Matérialiser les emprises des piscines enterrées

Cible : propriétaire

En cas d'inondation, les piscines enterrées ne sont plus visibles en raison de la turbidité de l'eau, et représentent donc un risque pour les sauveteurs qui peuvent tomber et se noyer.
En zone, F-U, F-Ucu, F-NU, F-NUd, M-U, M-Ucu et M-NU, un balisage permanent sous forme de barrières est rendu obligatoire. Ces barrières devront avoir une hauteur minimale de 1,10m.

IV-1.5. Empêcher la flottaison d'objets et stocker les produits polluants

Cible : propriétaire ou gestionnaire

En zone, F-U, F-Ucu, F-NU, F-NUd, M-U, M-Ucu et M-NU, les cuves à fioul, les caravanes et remorques, les bouteilles d'hydrocarbure, etc. devront être solidement arrimées pour ne pas être emportées par le courant.
De même, le stockage des produits chimiques ou polluants sera assuré hors d'eau.

IV-1.6. Identifier les zones de repli des campings

Cible : gestionnaire de l'établissement

Pour les campings, il est obligatoire d'identifier ou de créer une ou plusieurs **zones de repli collectives** adaptées à la capacité d'occupation et situées au-dessus de la PHE.

IV-2. Mesures recommandées

En plus des mesures précédentes, rendues obligatoires par l'approbation du présent PPRi, d'autres mesures sont recommandées pour améliorer la sécurité des personnes et réduire la vulnérabilité des biens.

Leur usage peut s'avérer pertinent en cas de modifications internes des locaux ou à l'occasion de travaux de rénovation.

Ces mesures ne sont pas exhaustives ni priorisées. C'est en effet aux propriétaires, exploitants ou utilisateurs que revient le choix de retenir telles ou telles mesures selon la nature du bien, la configuration des lieux, ses contraintes tant matérielles que financières, etc.

Pour les propriétaires et gestionnaires de bâtiments concernés par l'obligation de réaliser un diagnostic par un organisme qualifié, la mise en œuvre des mesures indiquées dans le diagnostic sont vivement recommandées, à partir d'une hiérarchisation préalable fonction de leur intérêt et du rapport coût sur objectif.

Pour assurer la sécurité des personnes, des zones refuges peuvent être aménagées pour les autres types de bâtiments, notamment les établissements recevant du public. Cette zone devra préférentiellement être directement accessible par l'intérieur du bâtiment.

Pour améliorer la sécurité des biens et leur pérennité tout en facilitant le retour à la normale, il est notamment recommandé :

- d'installer des clapets anti-retour
- d'utiliser des isolants thermiques retenant faiblement l'eau (éviter la laine de verre) et utiliser des matériaux hydrofuges (certaines plaques de plâtre, cloisons, etc.)
- de mettre hors d'eau le tableau électrique et / ou de créer un réseau électrique descendant
- de mettre hors d'eau les installations de chauffage, les centrales de ventilation et de climatisation
- etc…

Le recours à d'autres dispositifs adaptés et innovant en matière de réduction de la vulnérabilité est évidemment encouragé. Des guides et des sites internet (tel que : http://www.prim.net) peuvent aider au choix de ces dispositifs.

Les plans de prévention des risques inondation (PPRi) des communes de :
Aubord, Beauvoisin, Bernis, Bezouce, Bouillargues, Cabrières, Caissargues, Générac, Ledenon, Manduel, Marguerittes, Milhaud, Poulx, Redessan, Rodilhan, Saint-Gervasy, Uchaud, Vauvert, Vestric-et-Candiac

* * *

résumé non technique

Précision et portée : le présent résumé non technique n'a pas vocation à se substituer aux pièces officielles du PPRi que sont le rapport de présentation, la carte de zonage réglementaire et le règlement.
Il n'a pour seule ambition que de permettre au plus grand nombre un accès simplifié et vulgarisé du projet de PPRi soumis à l'enquête, déconnecté des considérations techniques nécessaires à l'établissement d'un tel document.

1. pourquoi un PPRi ?

Centré initialement sur la gestion de la crise, la politique publique s'est peu à peu étendue à des démarches de prévention. En 1982, 1995 et 2003, des lois fondamentales ont été votées pour faire entrer davantage la prévention dans l'aménagement du territoire.

En 1982, le principe de la solidarité nationale face aux risques majeurs a ainsi été institué : dès lors, le système « catastrophes naturelles » permet de dédommager les dégâts matériels causés par des événements exceptionnels. En contrepartie, la loi a prévu que la vulnérabilité du territoire ne devait pas être accrue, et a institué des plans d'exposition aux risques (PER), devenus plans de préventions des risques naturels (PPR) par la loi du 2 février 1995, pour cartographier et règlementer les zones inondables.

Ces PPR, portés par l'Etat, s'inscrivent dans une politique de plus grande envergure au travers des programmes d'actions et de prévention du risque inondation, les PAPI. Ces conventions partenariales engagent notamment les collectivités dans l'amélioration de la connaissance, une meilleure prévision des crues, des actions de réductions de vulnérabilité et des travaux de protection.

2. quelques précisions de vocabulaire

Dans le domaine des risques majeurs, on définit le risque comme étant le croisement d'un aléa et d'un enjeu.

L'aléa est le phénomène naturel (l'inondation), caractérisé en un lieu donné par une période de retour donnée (l'occurrence), et des critères de qualification : la hauteur d'eau, la vitesse d'écoulement, le temps de prévenance...
Pour faire une étude hydraulique, étape préalable indispensable pour établir un PPRi, il faut se donner un aléa de référence, c'est à dire un événement qui sert d'hypothèse de départ : les textes imposent de retenir le maximum entre une crue centennale calculée (qui a donc une chance sur 100 de se produire chaque année) et une crue historique si elle lui est supérieure.
Sur le secteur d 'étude sur ces 19 communes appartenant au bassin versant du Vistre, les références suivantes ont été retenues :

- le Vistre , crue centennale
- les affluents du Vistre, crue centennale, sauf pour les rus et ruisseaux traversant la zone urbaine de Milhaud et Bernis, crue de 1988 centrée dans les conditions actuelles d'écoulement.
- le Rhône, crue de 1856 dans les conditions actuelles d'écoulement

On retiendra donc que l'aléa de référence est un événement fort, mais non exceptionnel. En outre, lorsqu'un secteur est situé en contrebas d'une digue, un aléa spécifique peut être étudié pour connaître l'effet d'un débordement ou d'une rupture.

Toutes les rivières du Gard, exception faite du Rhône, sont qualifiées de cours d'eau à cinétique rapide, c'est à dire qu'elles ont une survenance brutale et des vitesses conséquentes.
Pour ce type de crues rapides, on considère que l'aléa (de référence) est fort quand la hauteur d'eau dépasse 50 centimètres : dans ces zones, dites zones de danger, le principe sera d'éviter tout accroissement de vulnérabilité et de population : les nouvelles constructions seront interdites. En effet, au-delà de 50cm d'eau, les possibilités de déplacement sont réduites, les véhicules sont emportés, les obstacles du sol sont invisibles. Ce seuil passe à 1 mètre pour les crues du Rhône, intégrant ainsi le délai plus long de prévenance de ces crues.
En deçà de ce seuil de 50cm (1m pour le Rhône), les zones inondables, dites de précaution, disposent de règles de constructibilité sous conditions en zone urbanisée. L'aléa est qualifié de modéré quand la hauteur d'eau à l'aléa de référence sera inférieure à 50cm. La crue de référence n'étant pas la crue exceptionnelle il existe des zones, non inondées par la crue de référence, mais potentiellement inondables par une crue supérieure : l'aléa y sera qualifié de résiduel.

La crue de référence permet donc de distinguer 3 niveaux d'aléa : fort, modéré, et résiduel.

Mais le risque ne se limite pas à l'aléa, il intègre aussi la délimitation des enjeux. On distingue ainsi les secteurs non urbanisés et les secteurs urbanisés. Ces derniers font l'objet d'un sous-secteur représentant le centre urbain, caractérisé par la densité et la continuité du bâti et la mixité des usages (habitat, commerces, activités...). La zone est considérée comme urbanisée quand elle est déjà construite ou équipée : ainsi, une zone ouverte à l'urbanisation d'un document d'urbanisme ne sera pas automatiquement considérée comme urbanisée, si aucune construction n'y est réalisée. Quant aux zones non urbanisées, elles vont correspondre aux secteurs naturels, forestiers, agricoles, même faiblement construites.

Ce croisement de l'aléa et des enjeux permet de cartographier le risque. Le PPRi, qui réglemente l'urbanisation dans les zones inondables, s'attache à répondre à trois objectifs majeurs suivants :

1. assurer la sécurité des personnes, en proposant un règlement strict dans les zones les plus exposées : les secteurs d'aléa très fort interdisent donc les constructions nouvelles.

2. réduire la vulnérabilité des biens des zones urbanisées, en imposant des conditions de calage de planchers et une limitation du nombre de niveaux dans certaines zones urbanisées d'aléa moindre.

3. préserver les zones non urbanisées dédiées à l'écoulement et au stockage des eaux tout en n'ajoutant pas de population ni d'enjeux dans ces zones non encore urbanisées. Cela se traduit par une règle générale d'inconstructibilité des zones inondables non urbanisées, quel qu'en soit l'aléa.

Pour cela, dans sa carte de zonage règlementaire, le PPRi indique :

➔ en rouge, les zones où le principe général est l'interdiction, même si des projets d'extension ou d'aménagement sont possibles,

➔ en bleu les zones où des constructions sont possibles sous conditions.

Chaque zone du PPRi est identifiée par un code, composé d'une lettre relative au niveau d'aléa (F=fort, M=modéré, R=résiduel) et du sigle relatif aux enjeux (NU=non urbanisé, U=urbanisé, avec le sous secteur Ucu pour le centre urbain) :

- zone F-U, pour aléa **F**ort en secteur **U**rbanisé. Le caractère d'aléa fort, donc de zone de danger, va induire une fermeté de traitement et un zonage rouge ;

- zone F-Ucu, pour aléa **F**ort en secteur **U**rbanisé de **c**entre **u**rbain, adapté à la vie locale et aux contraintes de centre bourg, permettant le renouvellement urbain, les commerces au rez-de-chaussée, etc... En raison de l'aléa fort de zone de danger, le zonage sera rouge ;

- zone M-U, pour aléa **M**odéré en secteur **U**rbanisé : la proximité des secours, la densité et l'urbanisation existante, conjuguées à un aléa modéré, rendront possibles une évolution de l'urbanisation : la zone sera classée en bleu ;

- zone M-Ucu, pour aléa **M**odéré en secteur **U**rbanisé de **c**entre **u**rbain : la densité et l'urbanisation existante, conjuguées à un aléa modéré, rendront possibles une évolution de l'urbanisation adaptée à la vie locale et aux contraintes de centre bourg, permettant le renouvellement urbain, les commerces au rez-de-chaussée, etc.. : la zone sera classée en bleu ;

- zone R-U, pour aléa **R**ésiduel en secteur **U**rbanisé : de même, l'urbanisation actuelle dans un faible aléa sera possible : la zone sera classée en bleu ;

- zone R-Ucu, pour aléa **R**ésiduel en secteur **U**rbanisé de **c**entre **u**rbain : de même, l'urbanisation actuelle dans un faible aléa sera possible : la zone sera classée en bleu ;

- zone F-NU, pour secteur d'aléa **F**ort **N**on **U**rbanisé : le caractère d'aléa fort, donc de zone de danger, va induire une fermeté de traitement et un zonage rouge ;

- zone M-NU, pour secteur d'aléa **M**odéré **N**on **U**rbanisé : situé en dehors de l'enveloppe urbaine, cette zone doit rester préservée en raison de sa capacité

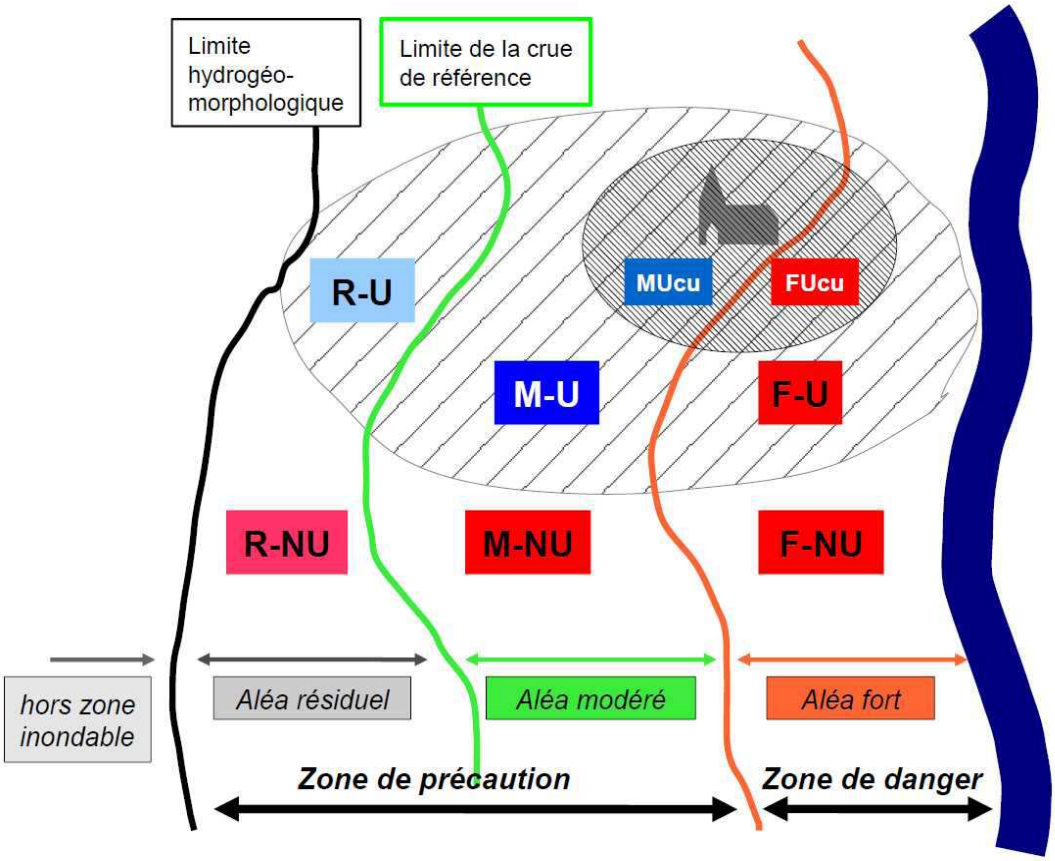
de stockage, de la nécessité de conserver les écoulements et de ne pas ajouter de population en zone inondable, même d'aléa modéré : la zone sera classée en rouge ;

- zone R-NU, pour aléa **R**ésiduel en secteur **N**on **U**rbanisé. Également régie par un principe d'interdiction répondant à l'objectif de préservation, et bien que disposant d'un règlement assoupli par rapport à la zone N-U, cette zone sera classée en rouge ;

Le reste du territoire, en zone blanche, est considérée comme non inondable par débordement de cours d'eau, et donc non réglementée par le PPRi.

Le tableau (dont fait référence le rapport de présentation) et le schéma suivants résument ces différentes zones :

Enjeu / Aléa	zones urbaines : U		zones non urbaines NU
	Centre urbain Ucu	Autres zones urbaines U	
Fort (F)	Zone de danger F-Ucu	Zone de danger F-U	Zone de danger F-NU
Modéré (M)	Zone de précaution M-Ucu	Zone de précaution M-U	Zone de précaution M-NU
Résiduel (R)	Zone de précaution R-Ucu	Zone de précaution R-U	Zone de précaution R-NU



Le PPRi prévoit aussi, en plus des interdictions ou des conditions sur les projets nouveaux, des obligations aux propriétaires de biens déjà présents. Cette mesure a pour objectif qu'une crue analogue produise des dommages inférieurs, par un certain nombre de précautions prises au préalable. Il s'agit de mesures souvent simples et peu coûteuses, aux effets compréhensibles et immédiats. Il est notamment imposé :

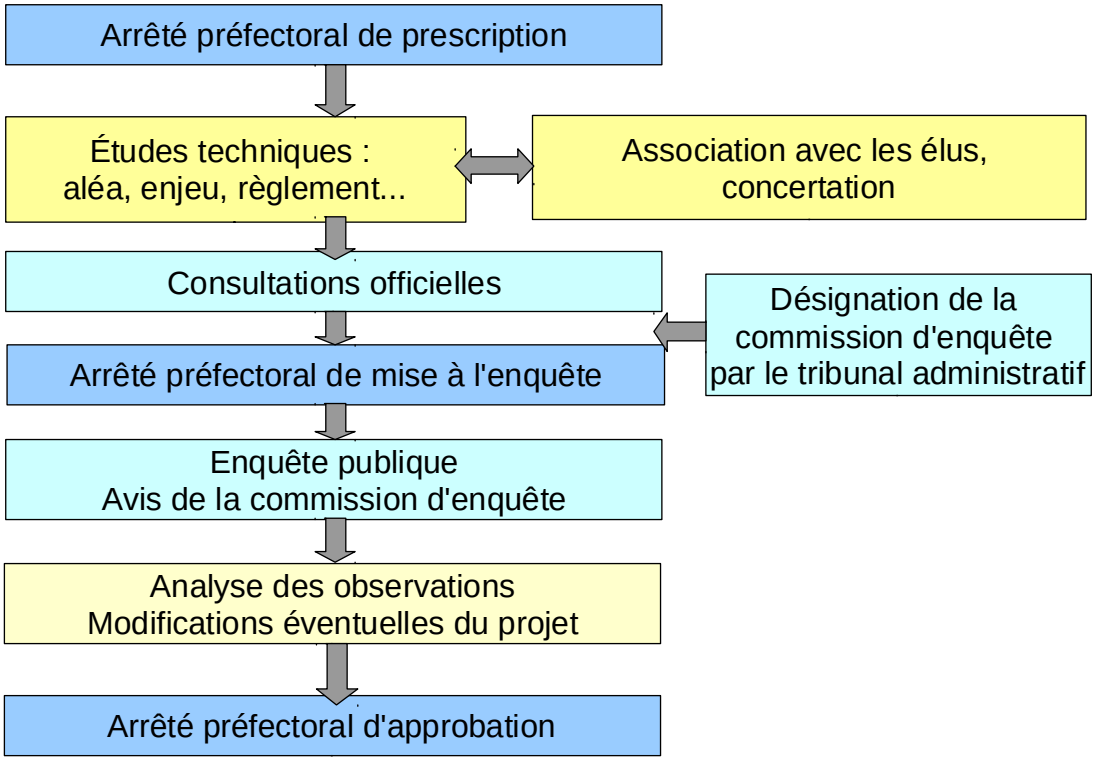
- de mener un diagnostic qui va préciser, pour le bien considéré, la hauteur d'eau potentielle (en déduisant le niveau d'inondation fourni par le PPRi du niveau du seuil des ouvrants, établi par un géomètre) ;
- d'installer des barrières anti-intrusion d'eau (batardeaux) aux ouvrants situés sous le niveau d'inondation ;
- de barriérer les piscines, pour éviter toute chute ;
- d'éviter la flottaison d'objets et de stocker hors d'eau les produits polluants ;
- et pour les biens les plus exposés, réaliser un espace refuge.

Ces dispositions obligatoires dans un délai de 5 ans à compter de l'approbation du PPRi sont subventionnées par le fonds de prévention des risques naturels majeurs.

3. Modalités d'élaboration du PPRi

Le préfet, représentant de l'Etat dans le département, est chargé de l'élaboration des PPRi, qu'il confie à la direction départementale des territoires et de la mer (DDTM). Schématiquement, la procédure se déroule en 2 phases :

- une phase d'études, très technique, et de concertation avec les communes. Cette étape, longue, permet à la fois de caler l'aléa de référence et de délimiter les enjeux ; Les études techniques et hydrauliques préalables sont compilées, critiquées et confrontées au terrain ; parallèlement, des réunions de restitution sont organisées aux principales étapes d'élaboration, tandis que des réunions avec chaque commune ont été proposées pour affiner certains aspects, en fonction de l'impact du projet, des enjeux actuels et futurs et des contraintes générées.
- une phase de procédure administrative, qui comprend une consultation officielle des personnes publiques (communes, conseil général, conseil régional, centre national de la propriété foncière et chambre d'agriculture), puis le recueil des observations du public, au travers d'une enquête publique, d'une durée d'un mois. Puisqu'il y aura un PPRi par commune, il est organisé une enquête par commune, où le public pourra prendre connaissance du dossier, apporter ses observations aux dates et heures d'ouverture de la mairie, ou rencontrer le commissaire enquêteur, lors de ses permanences. A l'issue, le commissaire enquêteur émettra son avis et produira un rapport. Les services étudieront ces observations, apporteront les modifications nécessaires avant de proposer le projet à la signature du préfet.



Méthode d'élaboration des PPRi
En jaune, les phases techniques, en bleu, les phases administratives.

La procédure d'élaboration suit les modalités prévues aux articles L562-1 et suivants, R562-1 et suivants et R123-6 et suivants du code de l'environnement.

Le dossier soumis à l'enquête contient les pièces techniques du projet de PPRi (rapport de présentation et carte d'aléa, carte de zonage réglementaire et règlement associé), le présent résumé non technique et les avis reçus suite aux consultations officielles.

4. Portée du PPRi

Le PPRi est donc un outil destiné :

- à informer de l'exposition de chacun à un événement de référence
- à qualifier l'aléa en délimitant des zones de danger et des zones de précaution
- à interdire ou à accompagner de conditions certains projets, en fonction de leur situation au regard du risque
- à réduire la vulnérabilité des biens existants.

Le but du document est de garantir la sécurité de la population et de réduire le coût des inondations, tout en permettant le développement des communes.

Dès son approbation, le P.P.R.I. vaudra servitude d’utilité publique : le zonage réglementaire et le règlement associé auront force de loi. Le PPRi sera annexé au Plan Local d’Urbanisme qui devra tenir compte de ses conclusions.

Par ailleurs, le PPRi permet d'afficher un cadre clair du risque et des dispositions associées, de prévoir une information régulière sur les risques.

Sur cette base, la commune devra bâtir un plan de sauvegarde (PCS) pour organiser la gestion de crise, et les nouveaux acquéreurs ou locataires disposeront d'une information obligatoire sur l'état des risques du bien considéré (IAL).

DDTM 30 / SOTUR

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

DIRECTION DEPARTEMENTALE DES TERRITOIRES ET DE LA MER DU GARD

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

4962_ph1_pg_avril11.doc

BRL Ingénierie

LLOYD'S REGISTER QUALITY ASSURANCE ISO9001

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

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

1. CONTEXTE, OBJECTIFS, DEMARCHE....4

1.1 Préambule 4

1.2 Le périmètre d'étude 5

1.3 Collecte et synthèse des données 7

1.3.1 Rencontres avec les représentants des communes 7

1.3.2 Collecte des données et synthèse des études existantes 7

2. DESCRIPTION GENERALE DU BASSIN VERSANT....11

2.1 Hydrographie et morphologie 12

2.2 Nature et occupation du sol 16

2.2.1 Entités géologiques 16

2.2.2 Entités hydrogéologiques 17

2.2.3 Occupation du sol 19

2.3 Climat et pluviométrie 21

2.3.1 Caractéristiques hydroclimatiques 21

2.3.2 Impact du changement climatique 22

2.4 Aménagements structurants et ouvrages hydrauliques 23

2.4.1 Historique des aménagements 23

2.4.2 Ouvrages hydrauliques actuels 27

3. ANALYSE PREALABLE DES CRUES HISTORIQUES 31

3.1 Les crues du Vistre depuis plus d'un siècle 31

3.2 Les crues majeures récentes 33

3.2.1 La crue de septembre 2005 33

3.2.2 La crue d'octobre 1988 37

3.2.3 Autres évènements marquants 37

3.3 Recensement et nivellement des repères de crue 38

4. ANALYSE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE 39

4.1 Méthodologie et cartographie 39

4.2 Commentaires 40

4.2.1 Structures encaissantes 40

4.2.2 Plaines alluviales 40
4.2.3 Ruissellements 41

5. CARTOGRAPHIE ET ANALYSE DES ENJEUX URBAINS 42
5.1 Méthodologie 42
5.2 Typologie des enjeux urbains 42
5.2.1 Zonage de l'occupation des sols 42
5.2.2 Enjeux urbains ponctuels 43
5.2.3 Enjeux linéaires 43
5.3 Cartographie des enjeux urbains 43
5.4 Analyse des enjeux urbains 45
5.4.1 Généralités 45
5.4.2 Démographie 45
5.4.3 Commentaires sur les enjeux par commune 46

6. ANALYSE HYDROLOGIQUE 51
6.1 Sectorisation en sous-bassins versants 51
6.2 Analyse pluviométrique 52
6.2.1 Réseau de suivi pluviométrique 52
6.2.2 Méthode régionalisée SHYREG 54
6.2.3 Analyse pluviométrique classique 56
6.2.4 Comparaison avec les pluies diluviennes observées 65
6.3 Analyse de l'hydrométrie 67
6.3.1 Réseau hydrométrique 67
6.3.2 Les hauteurs d'eau maximales observées depuis 1985 70
6.4 Analyse hydrologique des crues historiques 71
6.4.1 Crue de septembre 2005 71
6.4.2 Crue d'octobre 1988 75
6.4.3 Crue de septembre 2002 77
6.4.4 Crues de septembre 2003 et de décembre 2003 81
6.4.5 Crues de novembre 2004, septembre 2007 et février 2009 83
6.4.6 Temps de propagation et temps de réponse 84
6.5 Synthèse du fonctionnement hydraulique 86
6.5.1 Description générale du fonctionnement hydraulique 86
6.5.2 Synoptique du fonctionnement hydraulique 87
6.6 Estimations des débits de référence des affluents 89
6.6.1 Choix de la méthode de calcul du débit de pointe 89
6.6.2 Analyse des études antérieures 91
6.6.3 Synthèse de l'aléa de référence 104

ANNEXES 108

Annexe 1 : Calculs des débits des affluents du Vistre

Annexe 2 : Notes hydrologiques complémentaires

PIECES JOINTES

Carte des sous-bassins versants

1. CONTEXTE, OBJECTIFS, DEMARCHE

1.1 PREAMBULE

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

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

Deux autres phases marqueront la suite de la démarche PPRi :

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

Le présent document constitue le rapport de phase 1 :

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

1.2 LE PERIMETRE D'ETUDE

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

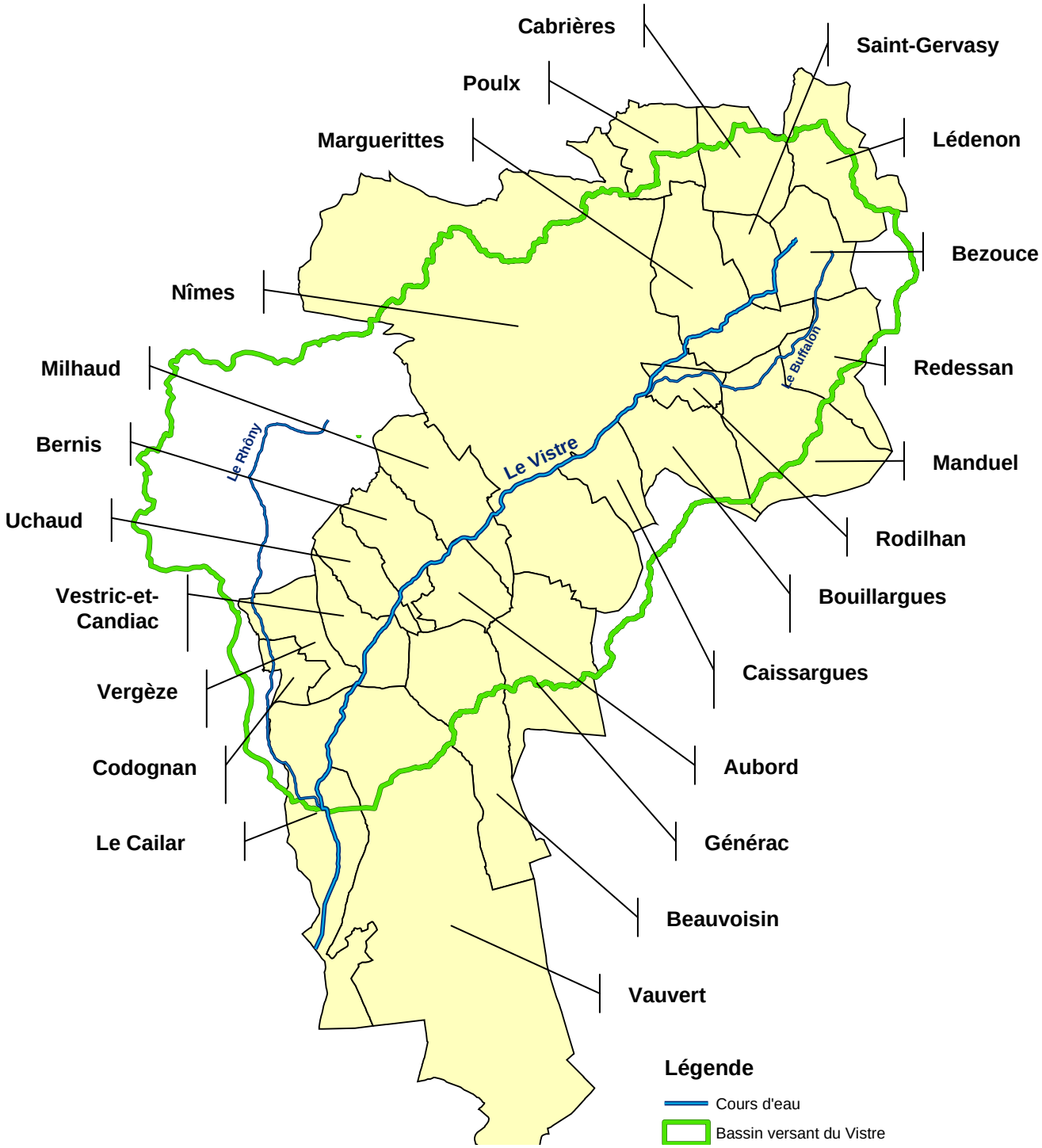
Cas particulier de la commune de Nîmes

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

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

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

Le périmètre d'étude.



1.3 COLLECTE ET SYNTHESE DES DONNEES

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 Rhôny 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

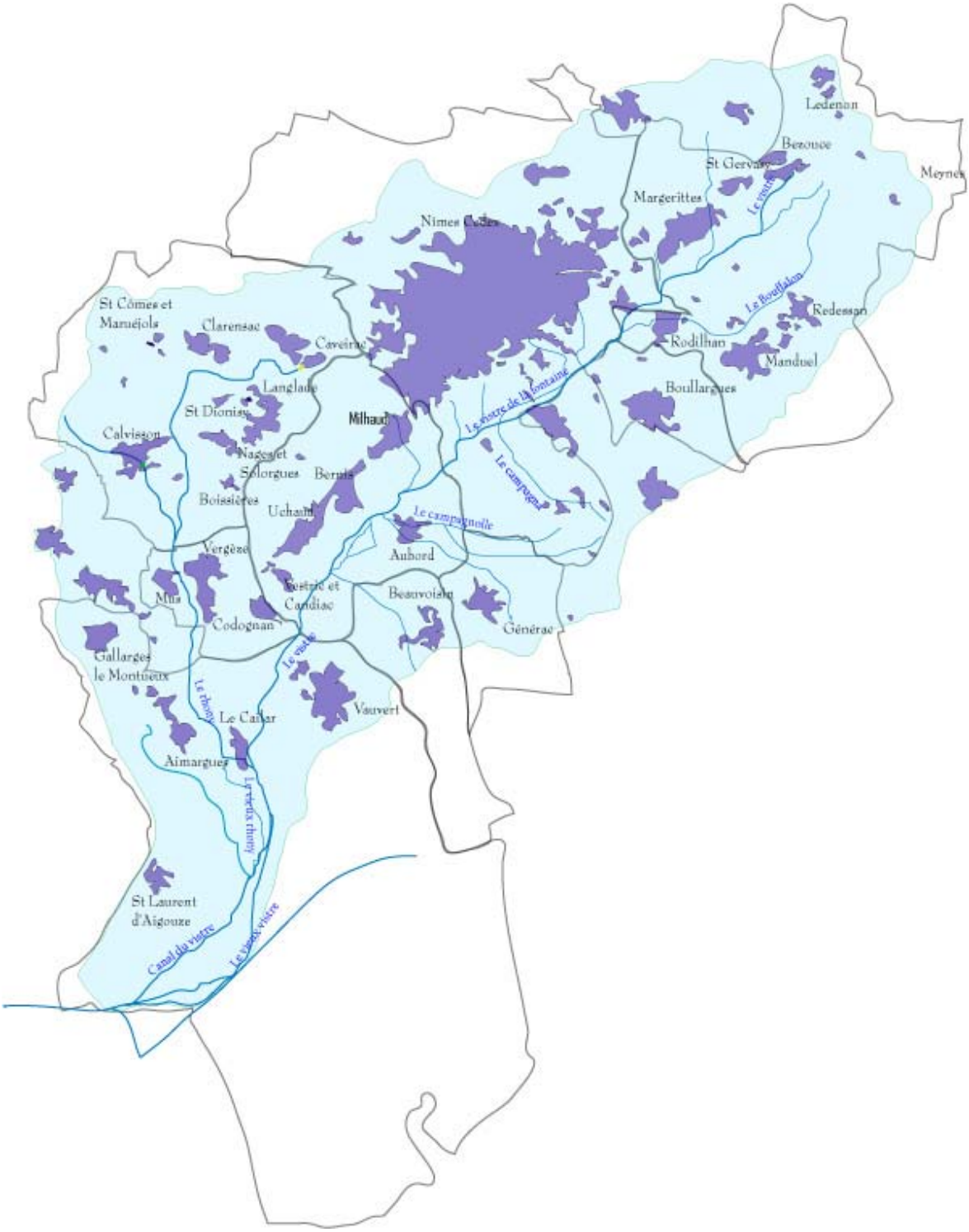
N°	Intitulé de l'étude	Date	Commanditaire(s)	Prestataire(s)	Commune(s) concernée(s)
	actuel				
15	Etude globale du bassin versant des Agaous	Juin 2004	Commune de Lédenon	BRLi	Lédenon
16	Etude du risque d'inondation par ruissellement torrentiel	Juillet 1996	Commune de Manduel	BRLi	Manduel
17	Etude hydraulique 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-Rhôny	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 Rhôny	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 Rhôny	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 Rhôny	Septembre 2004	SMBVV	BCEOM-ISL	Communes sur le bassin du Rhôny (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, Rhôny, 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 Rhony 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. DESCRIPTION GENERALE DU BASSIN VERSANT

Le bassin versant du Vistre.



Source : SMBVV.

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 Rhôny, le Vistre draine un bassin versant de l'ordre de 480 km^2 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, défluents ou bras morts constituant l'ancien cours d'eau. Parmi les plus importants, principalement à l'aval du Cailar, le Vieux Vistre, le Rhôny Vieil ou Vieux Rhôny.

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.

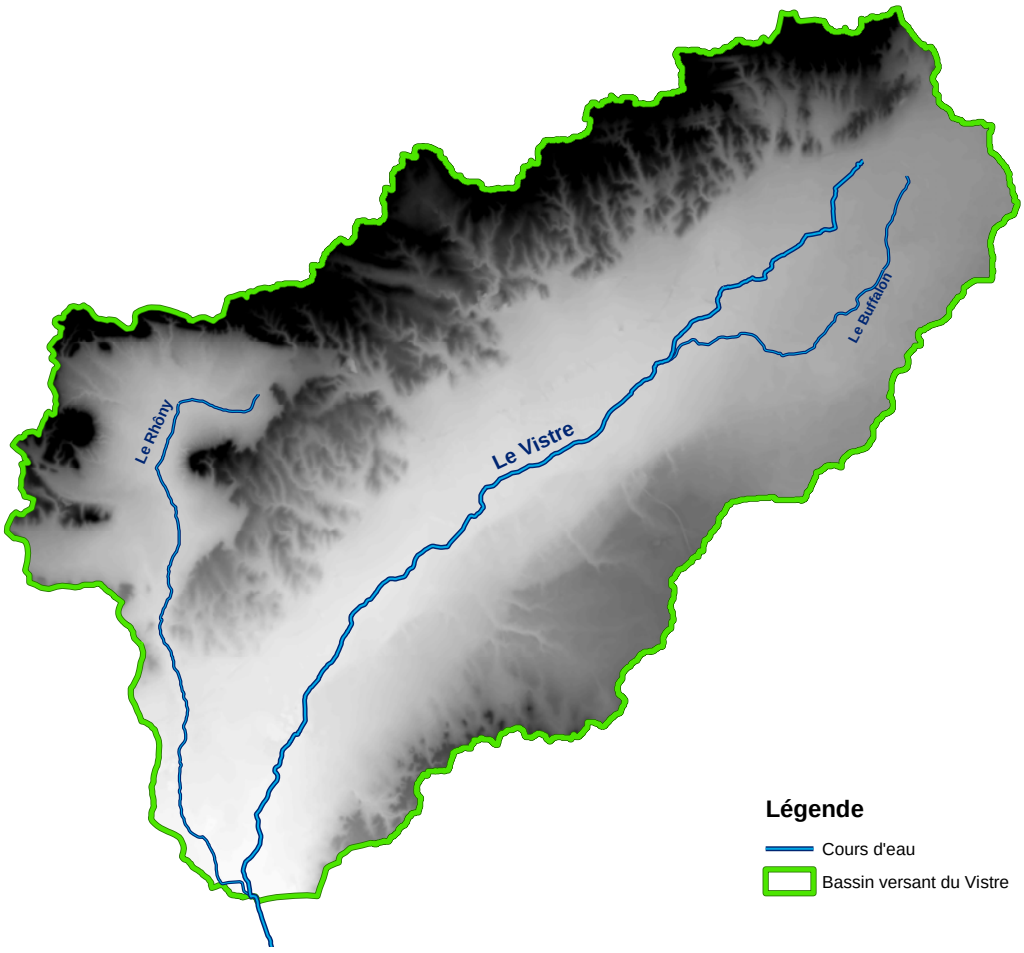
Le réseau hydrographique s'est adapté au relief disparate du bassin versant, constituant ainsi des ruisseaux à fortes pentes, issus des plateaux des Garrigues et des Costières, et des cours d'eau de plaine, à écoulement lentique (Vistre, Rhôny et Buffalon).

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 Rhôny en rive droite, qui constitue le principal affluent, qui a lui-même comme principal affluent le Rhôny 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 Bezouce 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 Rhôny 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 Bezouce 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 Rhôny :

- de Caveirac au pont de la RD139 à Vergèze, les berges sont endiguées de façon irrégulière (protection des cultures viticoles, dérivations du Rhôny 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 Rhôny est totalement endigué (à l'extérieur de ses anciens bras et annexes hydrauliques) ;
- dans la traversée du Cailar (jusqu'à sa confluence avec le Vistre), les berges sont artificialisées et surmontées de murets contre les inondations ;

▶ sur le Buffalon :

- sur la partie amont (de sa source à Redessan), le Buffalon a été recalibré mais n'a pas été endigué.
- sur la partie aval, les berges sont partiellement endiguées ou artificialisées dans la traversée de la zone urbaine de Rodilhan.

ANNEXES HYDRAULIQUES EN LIT MAJEUR

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

▶ d'anciens bras secondaires, généralement déconnectés du lit principal,

▶ d'anciens méandres du lit principal du Vistre, abandonnés à la suite des rectifications.

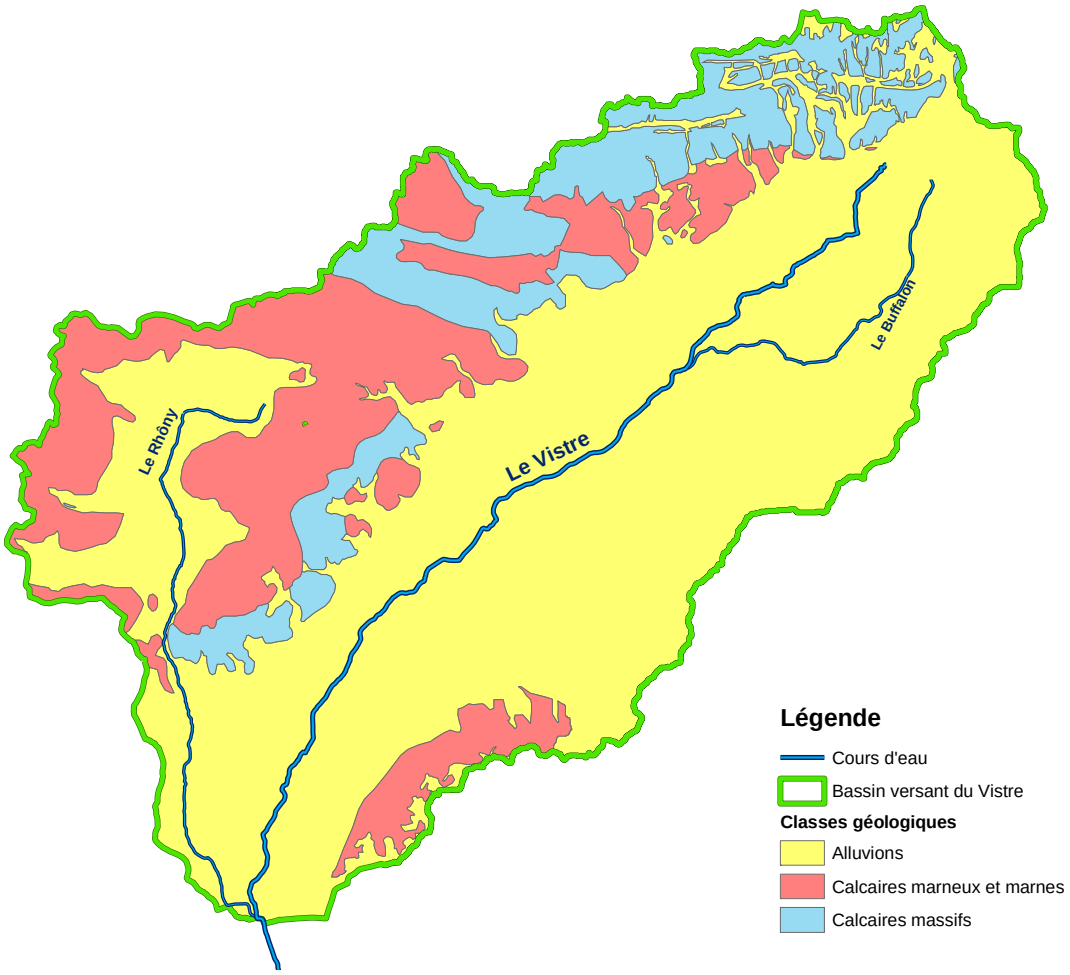
Dans la plupart des cas, les annexes hydrauliques sont déconnectées du Vistre à l'exception des tronçons où la confluence d'un ancien bras avec le Vistre coïncide avec la confluence d'un affluent (exemples : Grand Courant, Vieux Vistre).

2.2 NATURE ET OCCUPATION DU SOL

2.2.1 Entités géologiques

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

Formations géologiques du bassin du Vistre.



Source : BRGM.

FORMATIONS CRETACEES : CALCAIRES MASSIFS

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

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

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

FORMATIONS DU PLIOCENE : CALCAIRES MARNEUX ET MARNES

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

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

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

FORMATIONS QUATERNAIRES RECENTES : ALLUVIONS

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

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

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

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

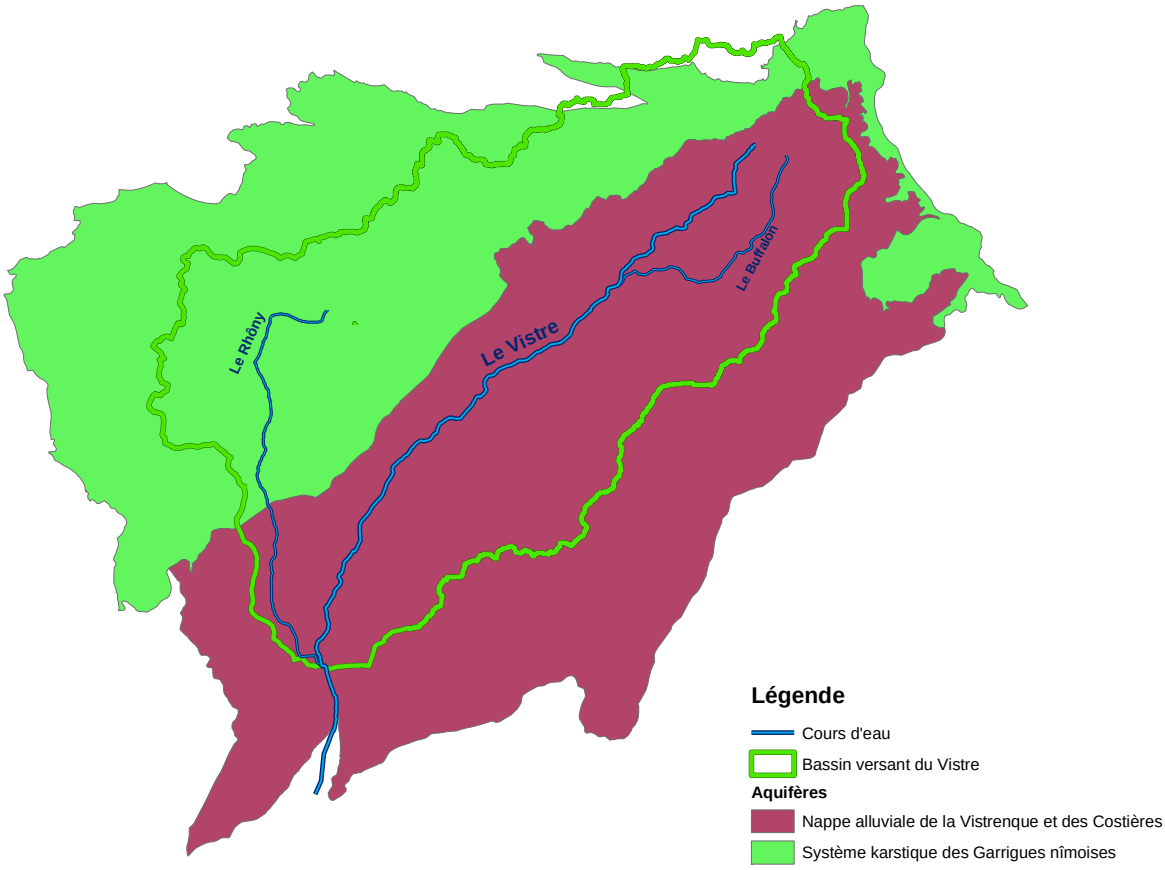
Les caractéristiques géologiques des sols seront prises en compte dans le cadre des analyses hydrogéomorphologique et hydrologique.

2.2.2 Entités hydrogéologiques

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

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

Formations hydrogéologiques du bassin du Vistre.



Source : AE RMC.

LA NAPPE ALLUVIALE DE LA VISTRENQUE ET DES COSTIERES

Source : SMNVC (SAGE, 2006).

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

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

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

LE SYSTEME KARSTIQUE DES GARRIGUES NIMOISES

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

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

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

En octobre 1988, le nappes des Garrigues, déjà gonflées par des infiltrations consécutives aux pluies de septembre, n'auraient stockées que 4 à 4 200 000 m^3 d'eau, et celles du piémont, alimentées en partie par celles des Garrigues, auraient emmagasiné 300 000 m^3 d'eau au maximum. Avec une rétention totale inférieure à 4 500 000 m^3, 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*).

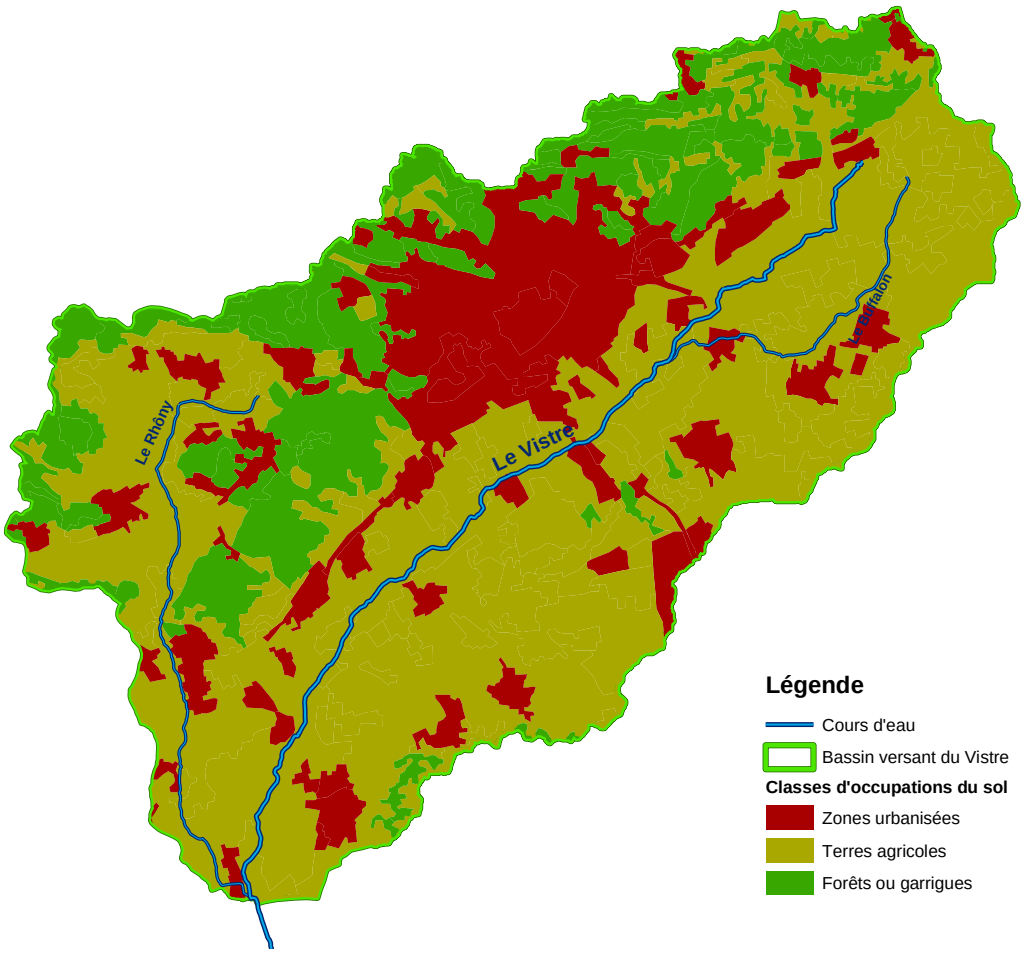
En septembre 2005, le premier épisode pluvieux du 6 septembre a saturé le karst provoquant une baisse de rétention de la capacité du bassin versant, ce qui a induit, lors du second épisode du 8 septembre, une aggravation de la crue (source : *Analyse hydrogéologique de la contribution de l'eau souterraine 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^2 au total) entre les différents zonages est la suivante :

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

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

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

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

2.3 CLIMAT ET PLUVIOMETRIE

2.3.1 Caractéristiques hydroclimatiques

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

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

- il pleut en moyenne 95 jours par an dont :
  - 34 jours seulement avec une pluie supérieure à 5 mm,
  - 22 jours seulement avec une pluie supérieure à 10 mm,
  - 10 jours seulement avec une pluie supérieure à 20 mm,
  - 6 jours seulement avec une pluie supérieure à 30 mm ;
- la pluviométrie moyenne interannuelle est de 740 mm/an ;
  - avec une forte variabilité interannuelle : écart-type de 195 mm/an, minimum observé de 422.1 mm/an pour l'année hydrologique 1952-1953, maximum observé de 1213.7 mm/an sur 1995-1996 ;
  - et une forte variabilité intra-annuelle (ou saisonnière) : le cumul pluviométrique interannuel est de 385 mm pour la saison de septembre à février (6 premiers mois) contre seulement 217 mm sur la saison de mars à août (6 derniers mois), le mois d'octobre est le plus pluvieux avec une pluviométrie moyenne de 113.6 mm/mois, le mois de juillet est le plus sec avec 25.9 mm/mois.
- les pluies journalières maximales (supérieures à 120 mm/j) observées sont :
  - 226.8 mm le 12/10/1990,
  - 228.0 mm le 03/10/1988,
  - 215.1 mm le 06/09/2005,
  - 133.7 mm le 08/09/2005,
  - 132.4 mm le 24/05/1948,
  - 129.3 mm le 26/08/1987,
  - 122.8 mm le 20/10/1999,
  - 122.1 mm le 02/10/1973,
  - 121.8 mm le 20/10/1994.

Ces pluies très fortes s'abattent sur le bassin versant en un cours 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 :

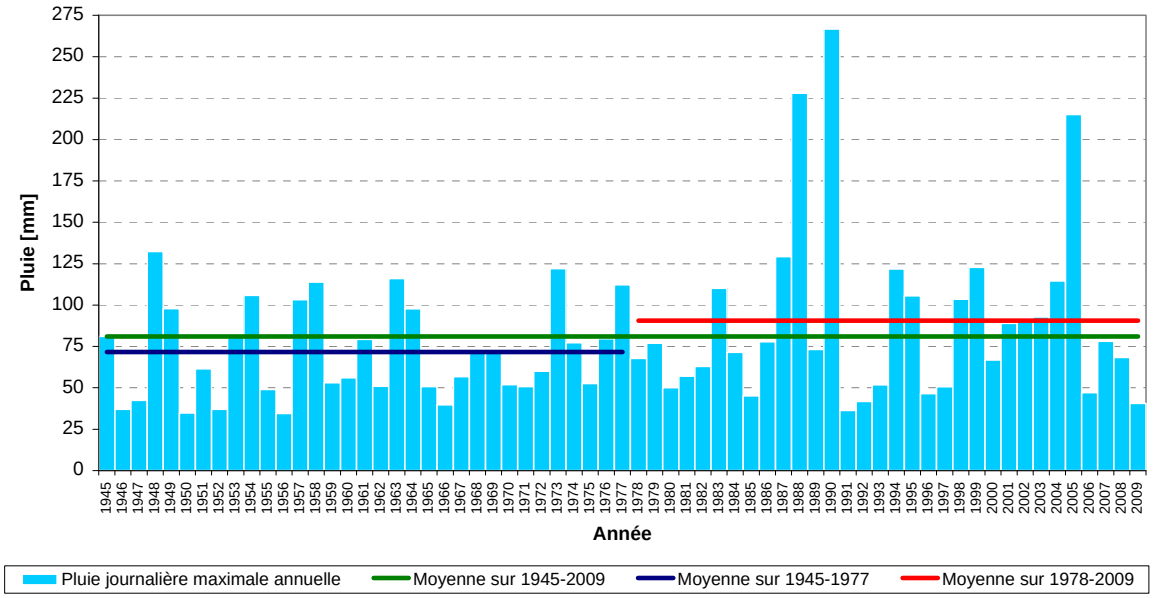
- 420 mm de précipitations ont été enregistrées à la station Météo France de Nîmes – Mas de Ponge dans la nuit du 2 à la matinée du 3 octobre 1988, dont plus de 220 mm qui se sont abattus en 3h30 (le pluviomètre a débordé) ;
- 325 mm de précipitations en 24 heures ont été enregistrées à Bernis dans la 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 évènements 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 évènements les plus intense 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 XIXEME SIECLE

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. Rhôny, 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'abreuvage 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 XIXEME SIECLE : 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 contigües.

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 Rhôny 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 Rhôny

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

JUSQU'A LA FIN DU XVIIIEME SIECLE

Jusqu'au XIIème siècle, date vers laquelle commencèrent les premiers travaux d'importance, les eaux du Rhôny, 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 Rhôny, 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 XIIème et le XVIème siècle, on recense des travaux d'endiguements sur le Rhôny pour faire face à la fréquence des inondations. Néanmoins, l'essentiel de ces travaux a été réalisé sur le cours aval du Rhôny (en aval du Cailar). Divers travaux seront ensuite menés sur le Vistre du XVIIème au XVIIIème 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 Rhôny a été modifié, pour rejeter ses eaux dans le canal du Vistre. Mais, suite aux inondations fréquentes des terres, le Rhôny a ensuite canalisé jusqu'à la Cubelle dont la confluence a été déplacée plus en aval.

DU XIXEME SIECLE A LA SECONDE GUERRE MONDIALE

Sur cette période, des travaux de curage du Rhôny 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 Rhôny 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 Rhôny 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 Rhôny 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 Rhôny. 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'élément 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 Bezouce :
  - 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 Bezouce :
- 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 Viecouloures
  - 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 Rhôny :

- 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 Bezouce :
  - 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 Vicaresse
  - OH_BUF_22 : pont du Moulin de l'Hôpital
  - OH_BUF_23 : pont RD135
  - OH_BUF_24 : pont du Mas de Peyre

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

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

LIGNES STRUCTURANTES

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

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

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

3. ANALYSE PREALABLE DES CRUES HISTORIQUES

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

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

3.1 LES CRUES DU VISTRE DEPUIS PLUS D'UN SIECLE

Source : SMBVV (site internet, 2009).

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

Dates	**Cours d'eau ou localité inondée**
6 et 8 septembre 2005	*Vistre – Rieu – Campagnolle*
Décembre 2003	*Rhône – Vistre*
22 septembre 2003	*Vistre – Rhôny – Rieu - Campagnolle*
8 au 9 septembre 2002	*Vistre – Buffalon*
21 octobre 1999	*Vistre – Rhôny – Rieu –Campagnolle*
Décembre 1996	*Vistre – Rhôny*
Octobre 1990	*Nîmes*
2 au 3 octobre 1988	*Cadereaux - Vistre - Rhôny*
Janvier 1988	*Rhôny*
Février 1987	*Vistre – Rhôny*
23 août 1984	*Cadereaux*
26 octobre 1977	*Cadereaux – Vistre*
1976	*Vistre – Rhôny*
1974	*Rieu – Campagnolle*
1972	*Le Cailar*
1967	*Rhôny*
5 novembre 1963	*Cadereaux – Vistre – Rhôny*
1962	*Le Cailar*
4 octobre 1958	*Rhôny*
1952	*Le Cailar*
17 novembre 1951	*Aubord*
10-11 novembre 1951	*Vistre*
1945	*Rhôny*
1942	*Le Cailar*
Septembre 1938	*Calvisson-Vauvert-Le Cailar*
26-27 septembre 1933	*Rhôny – 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	*Rhôny – 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 2ème 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 (*source : SAFEGE, 2006*).

Station d'épuration de Vauvert (*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 Rhôny, le Vistre surverse en rive droite au droit du mas du Vistrhôny 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 2ème 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 Rhôny 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 Rhôny, la crue est majeure et atteint une partie des zones urbanisées de Vergèze et Codognan.

Au Cailar, la conjonction du Vistre et du Rhôny 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 utilisées dans le cadre des études hydrauliques du Rhôny (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 HYDROGEOMORPHOLOGIQUE

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.

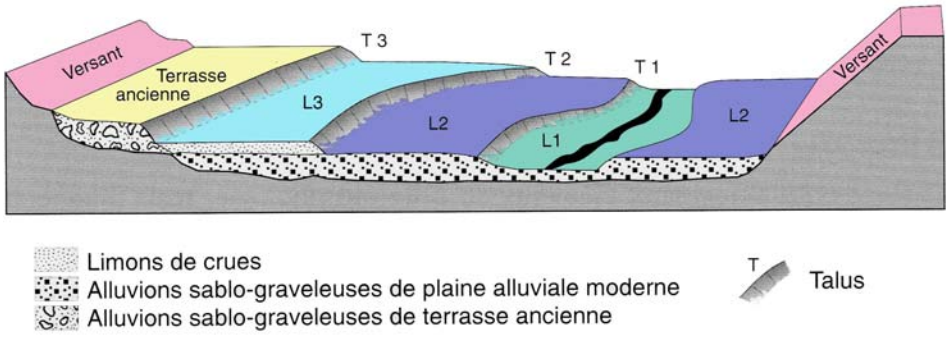
Les données de base utiles à l'analyse géomorphologique et qui ont été exploitées sont les suivantes :

- 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.



Source : Cartographie des zones inondables, 1996.

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 disparait 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 définis par Carex. La plaine alluviale fonctionnelle du Vistre a été précisée à l'échelle cadastrale.

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

4.2.3 Ruissellements

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

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

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

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

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

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

5. CARTOGRAPHIE ET ANALYSE DES ENJEUX URBAINS

5.1 METHODOLOGIE

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

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

L'analyse a consisté à délimiter :

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

Les investigations s'appuient sur :

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

5.2 TYPOLOGIE DES ENJEUX URBAINS

5.2.1 Zonage de l'occupation des sols

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

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

- habitat léger (camping ou gens du voyage),
- Zone d'activité (commerciale, artisanale ou industrielle)
- équipement divers (zones de loisir, stades, cimetières, etc),
- zone mixte mélangeant l'activité et l'habitat.

- Espace de développement futur : espaces de développement futur figurant dans les P.O.S. ou P.L.U., ou mentionnées dans un projet de P.L.U. arrêté par délibération du Conseil Municipal.

5.2.2 Enjeux urbains ponctuels

Enjeux ponctuels stratégiques

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

Enjeux ponctuels sensibles

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

Autres enjeux ponctuels

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

Habitat isolé

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

5.2.3 Enjeux linéaires

Les enjeux linéaires comprennent :

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

5.3 CARTOGRAPHIE DES ENJEUX URBAINS

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

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

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

5.4 ANALYSE DES ENJEUX URBAINS

5.4.1 Généralités

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

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

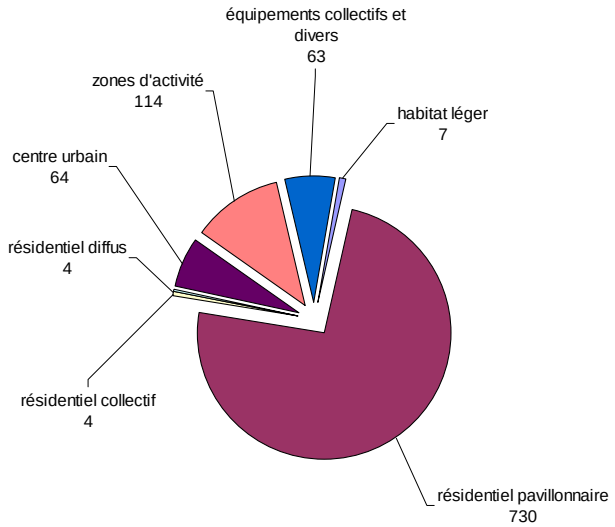
La partie aval du bassin versant du Vistre constitue une porte d'entrée vers la Petite Camargue et vers certaines villes touristiques comme Aigues Mortes, La Grande Motte ou Le Grau du Roi. Cette même zone est traversée par le sentier de Grande Randonnée GR 653.

5.4.2 Démographie

Cette zone regroupe 231 013 habitants sur un territoire de 490 km^2, 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, Bezouce, Bouillargues et Beauvoisin).

5.4.3 Commentaires sur les enjeux par commune

5.4.3.1 Aubord

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

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

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

5.4.3.2 Beauvoisin

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

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

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

Le hameau de Franquevaux est exposé aux crues du rhône.

5.4.3.3 Bernis

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

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

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

5.4.3.4 Bezouce

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

5.4.3.6 Caissargues

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

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

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

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

5.4.3.7 Cabrières

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

5.4.3.8 Générac

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

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

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

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

5.4.3.9 Lédenon

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

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

5.4.3.10 Manduel

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

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

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

A noter également quelques habitations isolées à proximité du Buffalon.

5.4.3.11 Marguerittes

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

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

5.4.3.12 Milhaud

La Pondre 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 évènements historiques :
  - Haut Vistre (65 km^2),
  - Buffalon (60 km^2),
  - Moyen Vistre Amont Nord (105 km^2),
  - Moyen Vistre Amont Sud (45 km^2),
  - Moyen Vistre Aval Nord (55 km^2),
  - Moyen Vistre Aval Sud (70 km^2),
  - Rhôny (85 km^2)

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

6.2 ANALYSE PLUVIOMETRIQUE

6.2.1 Réseau de suivi pluviométrique

PLUVIOMETRIE AU SOL

Réseau pluviométrique du bassin du Vistre.

Notation : « HS » pour « Hors Service »

Source : Météo France, SPC GD.

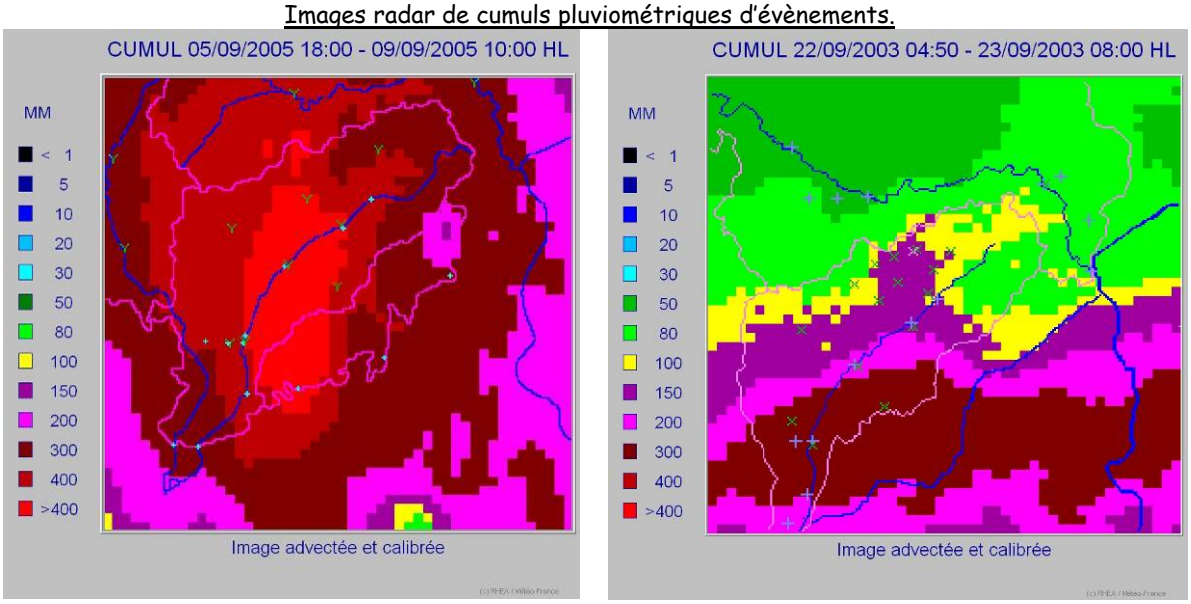
Le réseau de suivi pluviométrique au sol actuel du bassin du Vistre est composé des stations pluviométriques suivantes (14 pluviographes et 10 pluviomètres).

Type	Code	Désignation	Altitude [mNGF]	Disponibilité des mesures
Pluviographe	30036001	Bernis_SPC	16	1994 – 2010 (16 ans)
	30059002	Cailar_SPC	7	1994 – 2010 (16 ans)
	30060001	Caissargues_SPC	22	1993 – 2010 (17 ans)
	30123001	Gallargues_MF	17	1985 – 2010 (25 ans)
	30128003	Générac_SPC	80	1994 – 2010 (16 ans)
	30156001	Marguerittes_SPC	41	1994 – 2010 (16 ans)
	30189001	Nîmes-Courbessac_MF	59	1921 – 2010 (89 ans) *
	30189015	Nîmes-DDE_SPC	50	1980 – 2010 (30 ans)
	30258001	Nîmes-Garons_MF	92	1964 – 2010 (46 ans)
	30212003	Remoulins_SPC	22	1980 – 2010 (30 ans)
	30321002	Sommières_SPC	29	1989 – 2010 (21 ans)
	30249001	Saint-Dionisy_SPC	36	1994 – 2010 (16 ans)
	30341005	Vauvert_SPC	50	1994 – 2010 (16 ans)
	30352002	Villevieille_MF	41	1970 – 2010 (40 ans)
Pluviomètre	30034002	Bellegarde-Balandran_MF	51	1964 – 2010 (46 ans)
	30047001	Bouilllargues_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 Rhôny 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 évènements 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 Rhôny 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

Ecarts absolus 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 Rhôny au Cailar"	BV "Buffalon"	Moyenne
du 8 au 9 sept.02	47.2 (24%)	36.4 (22%)	30.5 (21%)	29.5 (22%)	41.5 (18%)	**37.0 (24%)**
le 22 sept.03	3.2 (4%)	11.6 (11%)	15.6 (13%)	4.6 (4%)	4.8 (6%)	**8.0 (4%)**
du 6 au 8 sept.05	63.8 (18%)	57.7 (15%)	32.4 (8%)	11.8 (4%)	74.3 (22%)	**48.0 (18%)**
Moyenne	**38.1 (15%)**	**35.2 (16%)**	**26.2 (14%)**	**15.3 (10%)**	**40.2 (15%)**	**31.0 (15%)**

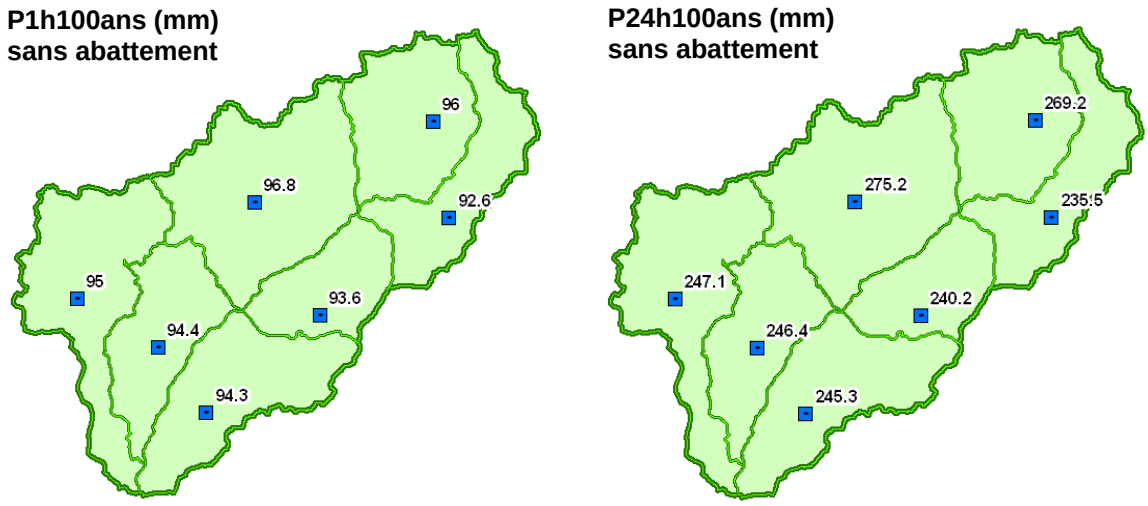
L'écart global moyen entre les pluies « radar » et « sol » est de 15%. On retiendra cette valeur 15% comme ordre de grandeur de l'incertitude sur les mesures radar.

6.2.2 Méthode régionalisée SHYREG

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

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.



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

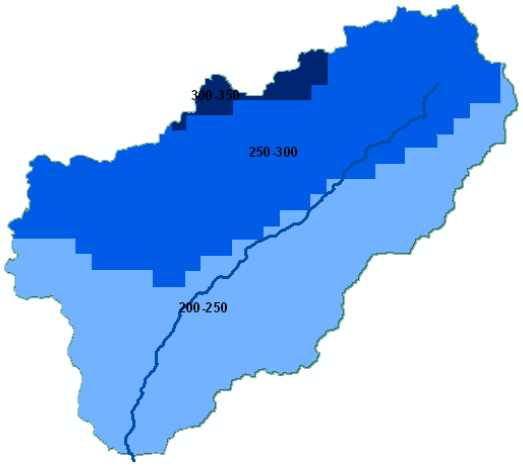
Au regard des cartes ci-avant, on constate que :

- 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 épicentre 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[1] par plusieurs méthodes couramment appliquées en hydrologie ont été réalisés :

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

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

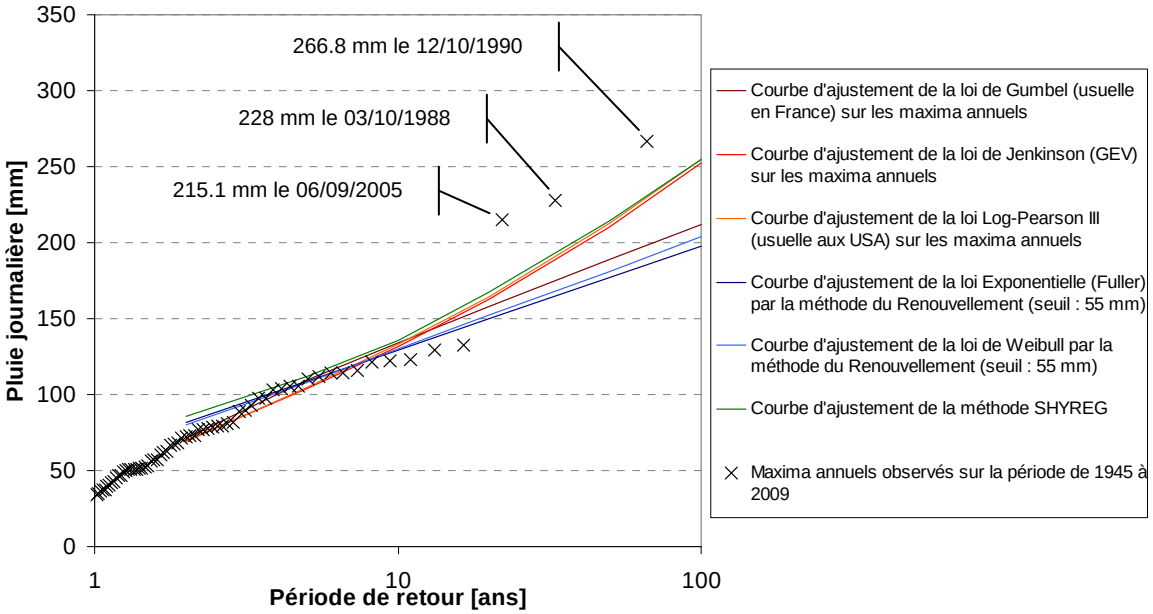
[1] La méthode des Moments a été utilisée pour l'estimation des paramètres des lois statistiques.

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

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

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

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



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

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

Etude statistique des pluies horaires

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

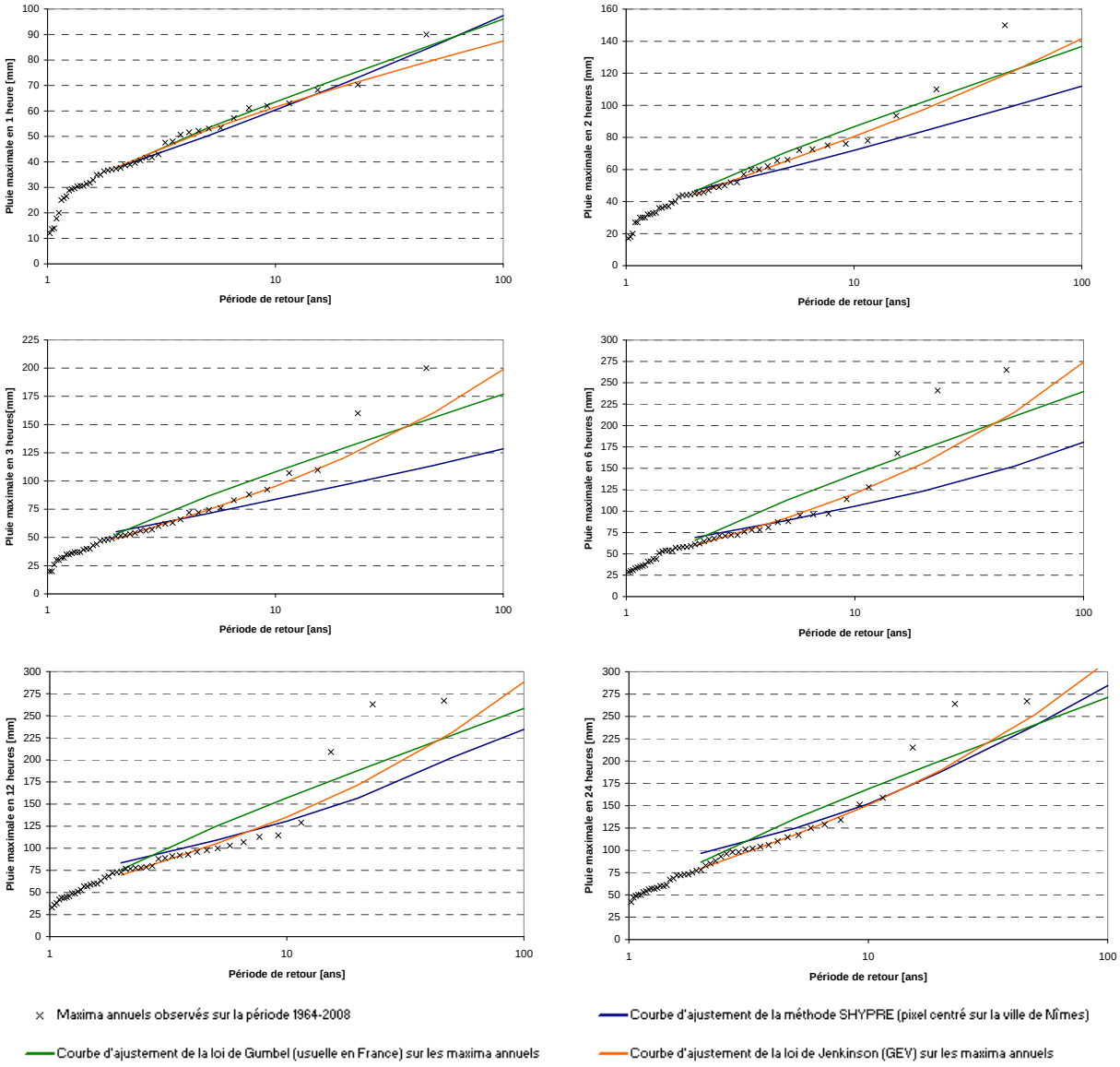
- ajustement de la loi de Gumbel (usuelle en France) sur maxima annuels,
- ajustement de la loi de Jenkinson (ou GEV) sur les maxima annuels.

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

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

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

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



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

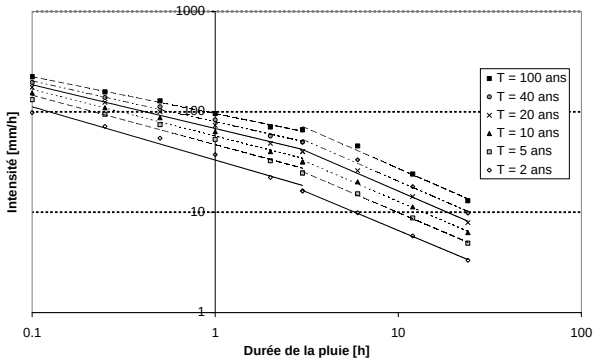
- les valeurs maximales observées pour les pluies du 12 octobre 1990 et du 2 au 3 octobre 1988 revêtent un caractère très exceptionnel pour les durées de 2 à 24 heures ;
- les valeurs maximales observées pour les pluies du 12 octobre 1990, du 2 au 3 octobre 1988 et du 6 septembre 2005 revêtent un caractère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

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

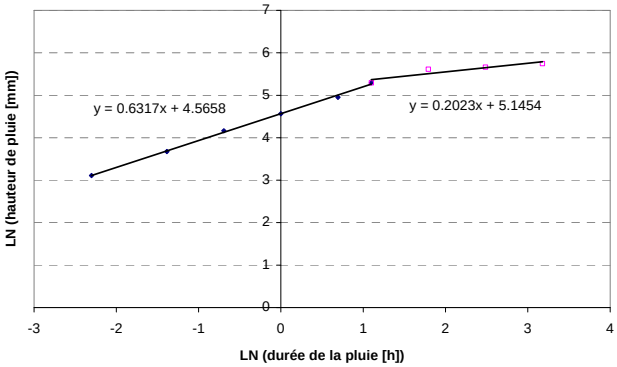
Construction des courbes IDF et des courbes de Montana

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

Courbes IDF à Nîmes-Courbessac.



Courbe de Montana T=100 ans à 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 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.

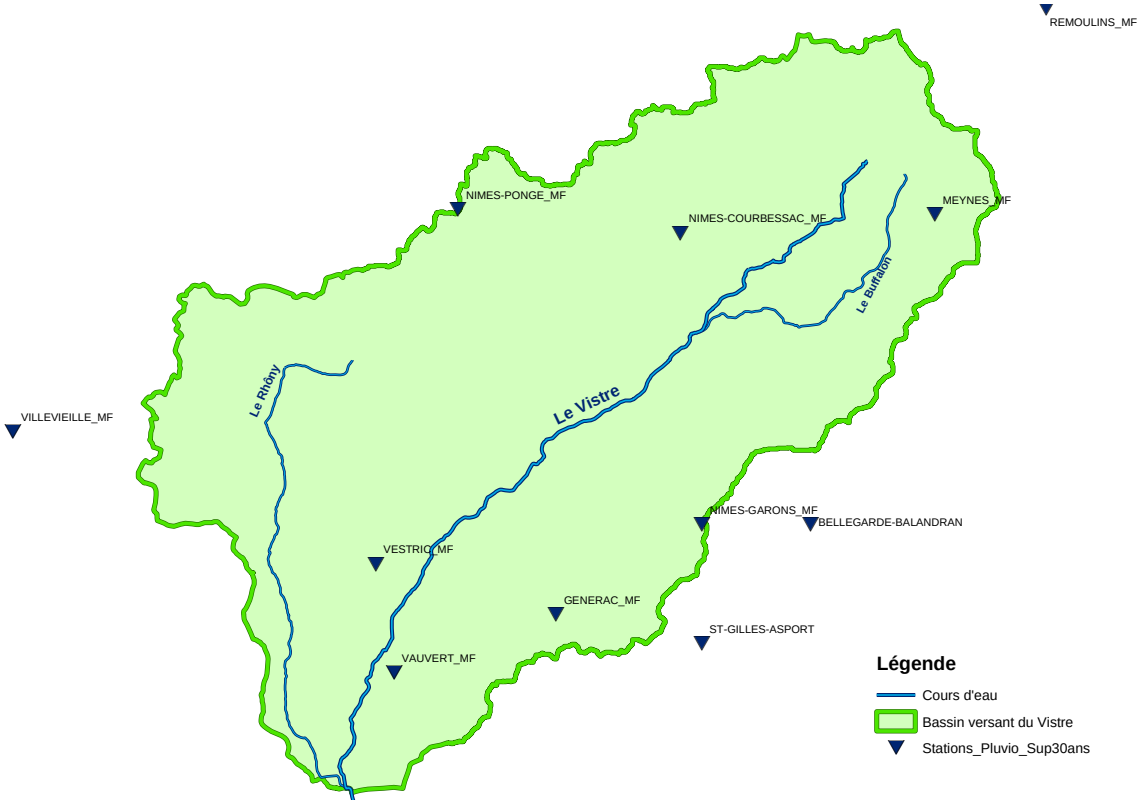
Cette période est suffisamment longue (plus de 30 années d'observations) au sens de la norme fixée par l'Organisation Mondiale de Météorologie (OMM).

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.

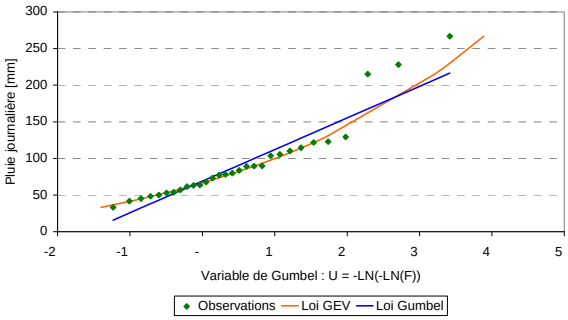
Deux lois statistiques suivantes : Gumbel (usuelle en France) et GEV (Generalized Extreme Value). La méthode des Moments a été utilisée pour estimer les paramètres de ces deux lois.

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[7]), en considérant l'année hydrologique de septembre à août.

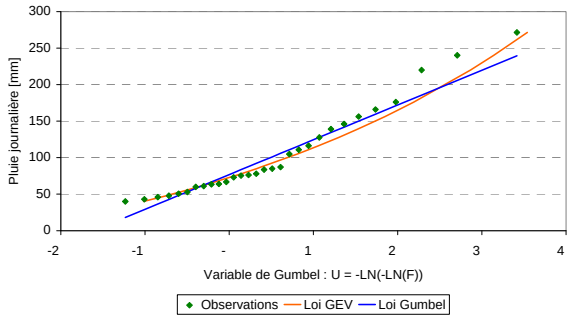
Ajustements des maxima annuels de pluies journalières en 11 postes pluviométriques du bassin (1978 – 2009).

[7] Pour les postes Météo France de Vauvert (fermé fin 2007) et de Générac (fermé fin 2008), les maxima annuels des dernières années correspondent respectivement à ceux des stations SPC GD de Vauvert et de Générac.
Pour le poste Météo France de Générac, la valeur de pluie journalière pour le 6 septembre a été considérée comme un « hors – sain » et la valeur du poste SPC GD de Générac pour la même date a été retenue à la place.

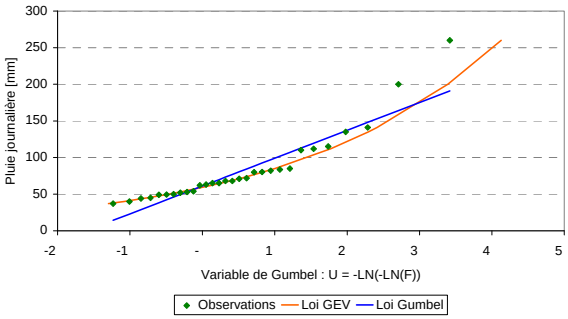
Nîmes-Courbessac_MF



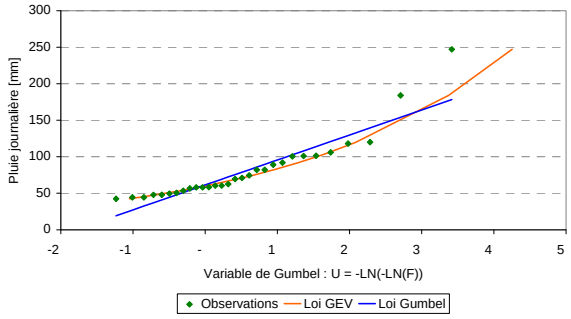
Nîmes-Ponge_MF



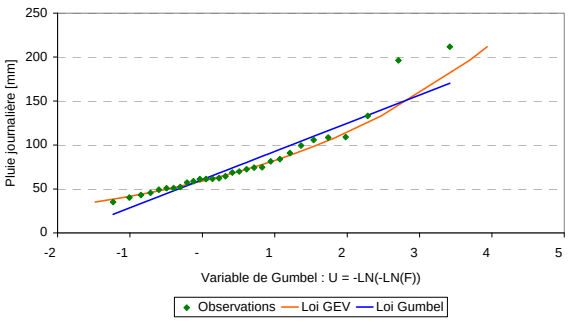
Générac_MF



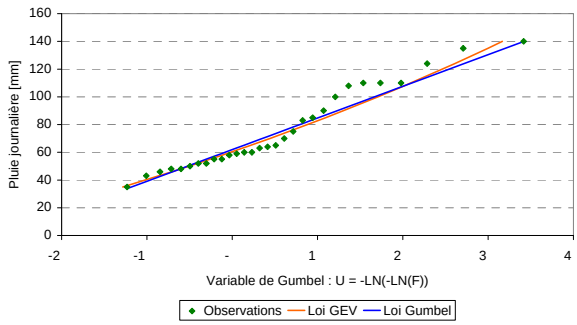
St-Gilles-Asport_MF



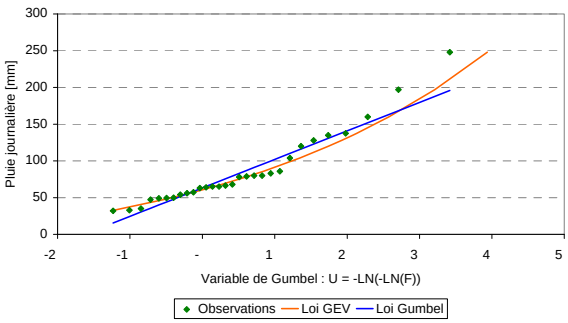
Nîmes-Garons_MF



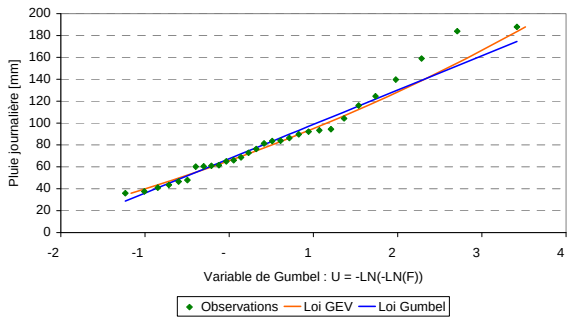
Meynes_MF

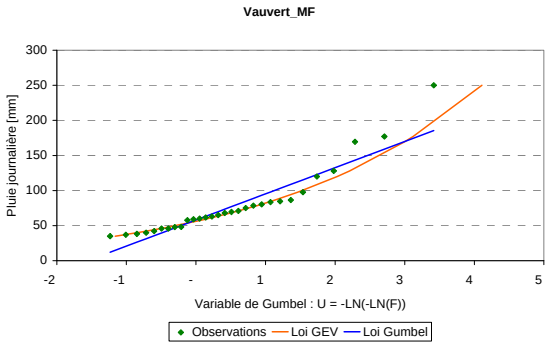


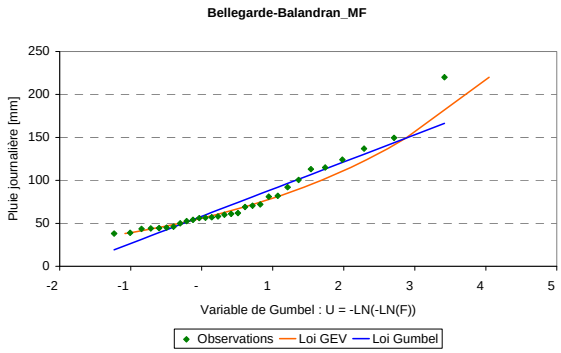
Vestric_MF

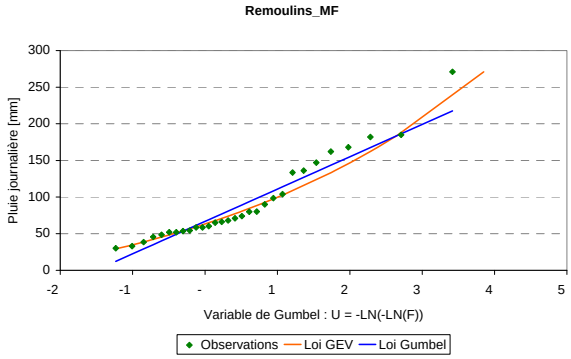


Villevieille_MF









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[8].

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

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

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

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

Estimation des quantiles centennaux de pluies horaires

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

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

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

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

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

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

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

ESTIMATION DES QUANTILES CENTENNAUX DE PLUIES BASSINS

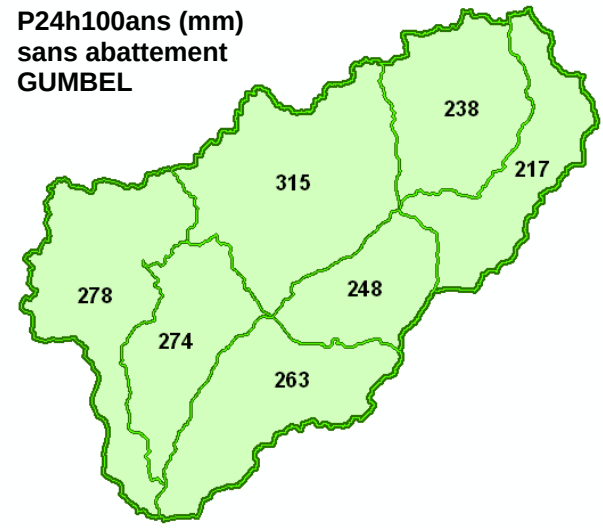
Quantiles centennaux non abattus

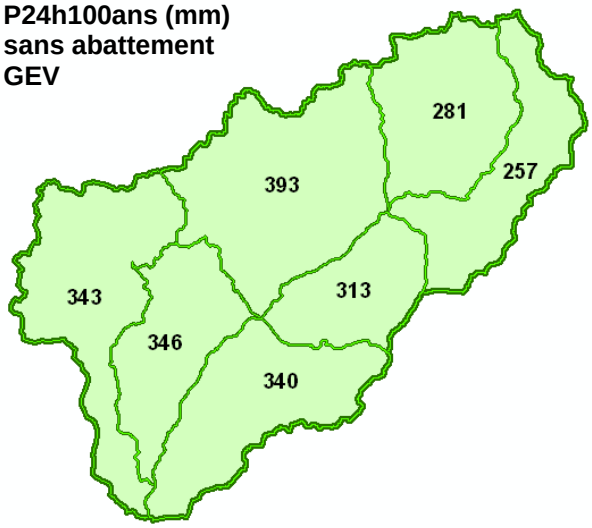
Les quantiles de pluies bassins non abattus ont été déterminés par application de la méthode des polygones de Thiessen. Le tableau ci-après fournit les coefficients de pondération pour les 7 sous-bassins versants principaux ainsi que pour le bassin versant du Vistre au Cailar (zone d'étude).

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

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
Rhôny	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





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*S0.5/((1/T)0.07*d0.33)) avec S la superficie du BV en km^2, 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
Rhôny	73	117	155	184	217	255	90	145	191	227	268	315
Vistre au Cailar	55	92	124	152	184	221	68	114	153	188	228	274

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

6.2.4 Comparaison avec les pluies diluviennes observées

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

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

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

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

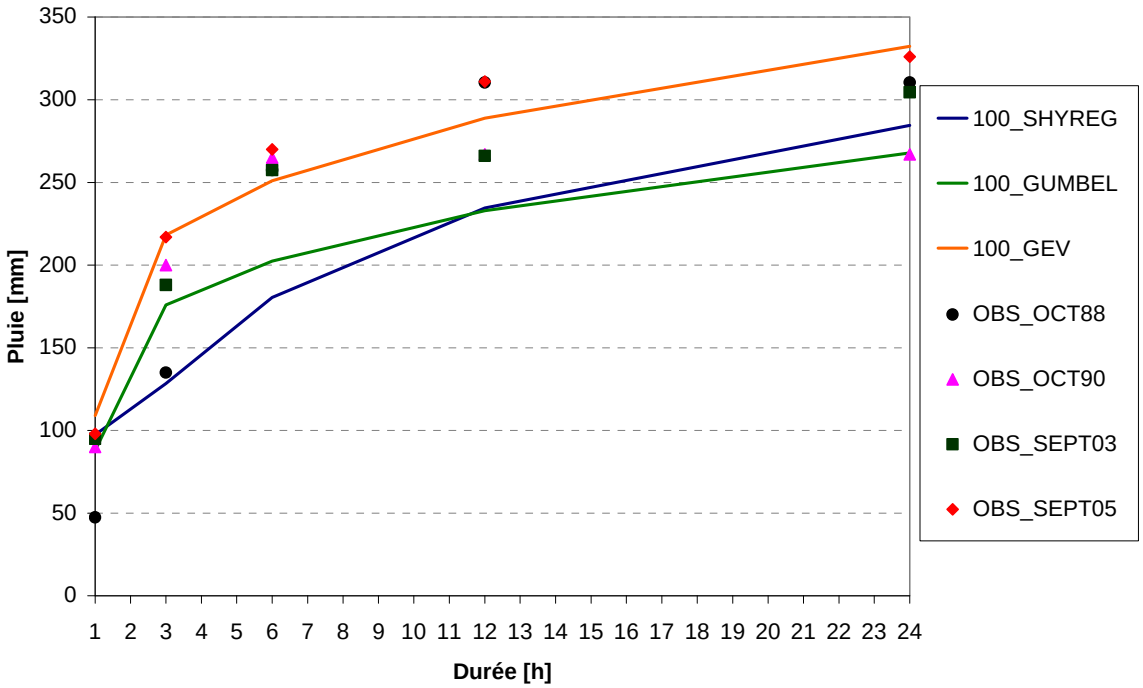
Le cumul record observé sur le bassin versant du Vistre est de 420 mm en 8h30 (220 mm en 3h30) au Mas de Ponge à Nîmes le 3 octobre 1988 (la valeur réelle est supérieure mais le pluviomètre a débordé).

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

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

Comparaison entre les pluies diluviennes et les pluies extrêmes.

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



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

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

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

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

6.3 ANALYSE DE L'HYDROMETRIE

6.3.1 Réseau hydrométrique

DESCRIPTION GENERALE

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

Code	Désignation	Surface BV [km²]	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 Rhôny	490	0.99	1968 – 2010 (42 ans)
Y3525010	Le Rhôny 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.

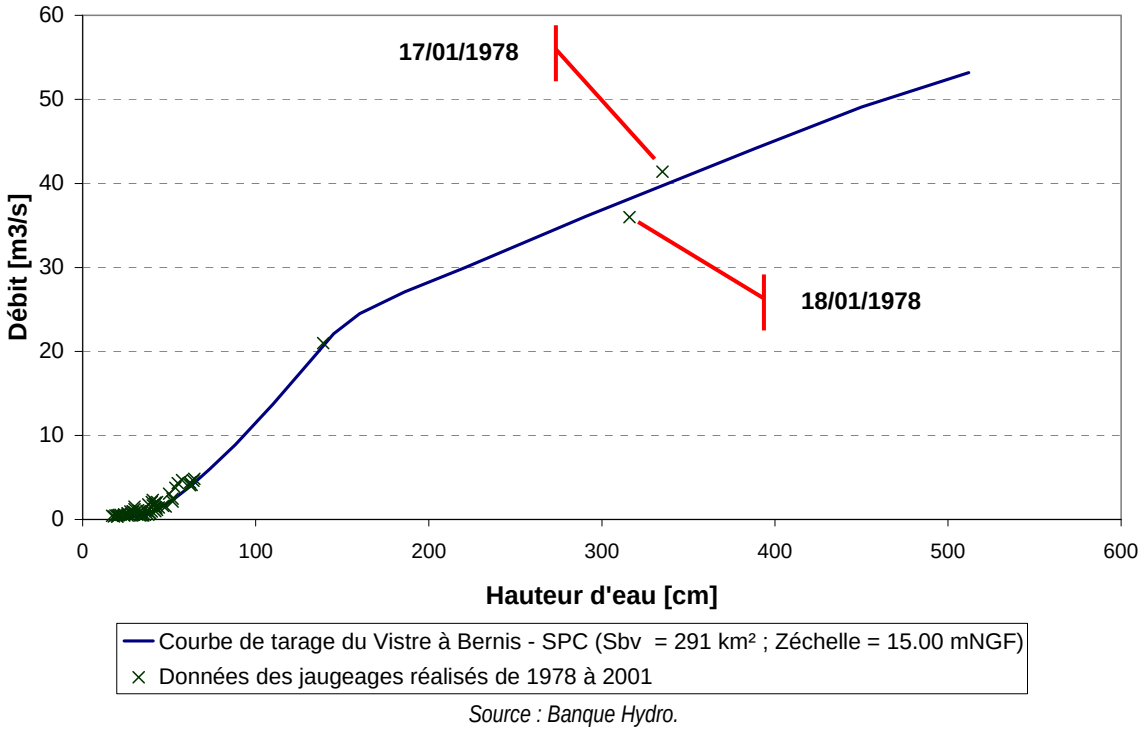
COURBES DE TARAGE

Pour la station du Vistre à Caissargues, celle du Vistre à Vauvert et celle du Rhôny 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[9]. Par conséquent, il n'est pas possible de construire une relation hauteur-débit en ce point, y compris pour les crues non débordantes.

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

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



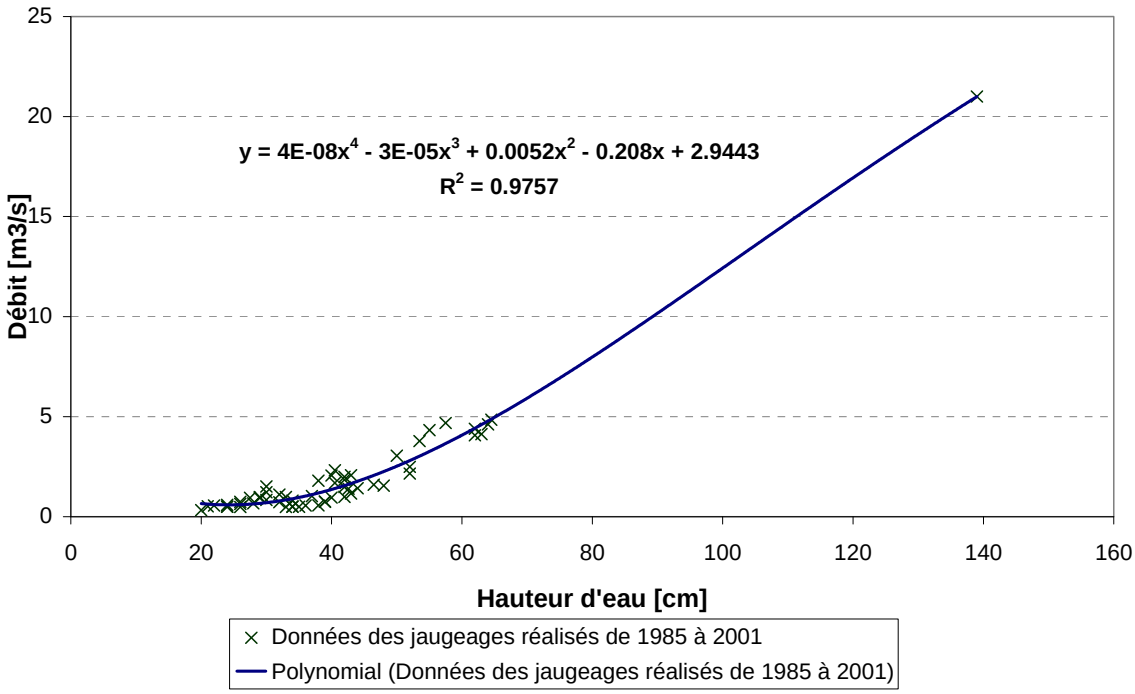
Source : Banque Hydro.

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

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

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

Courbe de tarage du Vistre à Bernis (2).



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

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

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

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

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

CONCLUSION

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

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

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

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

6.3.2 Les hauteurs d'eau maximales observées depuis 1985

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

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

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

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

6.4 ANALYSE HYDROLOGIQUE DES CRUES HISTORIQUES

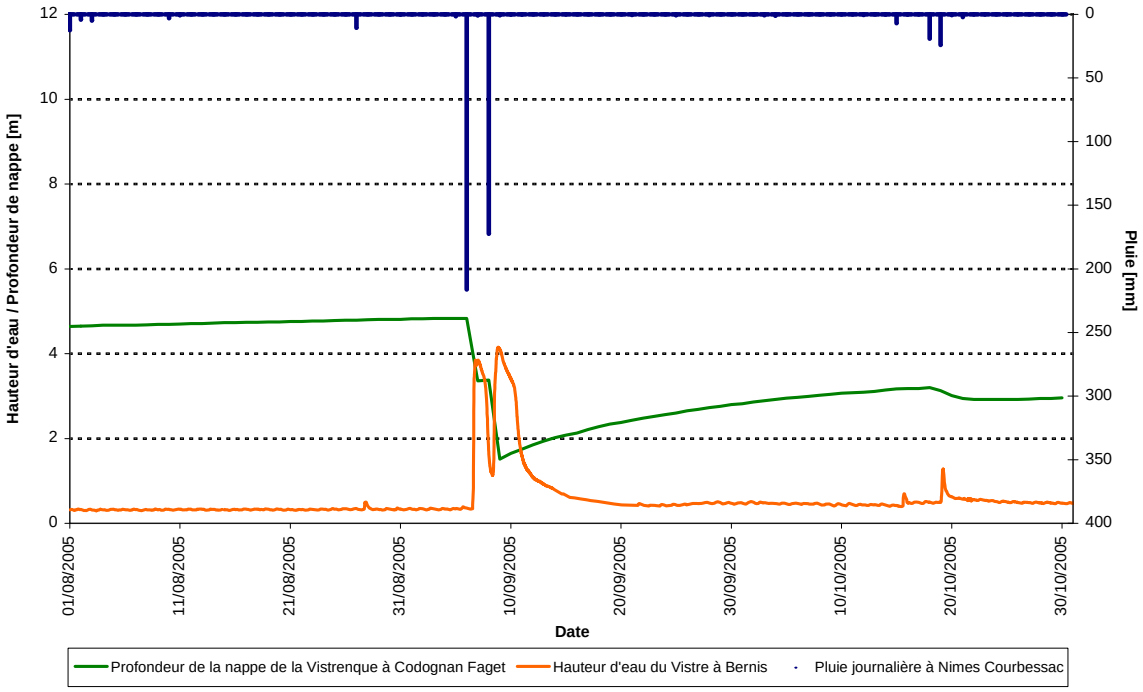
6.4.1 Crue de septembre 2005

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

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

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

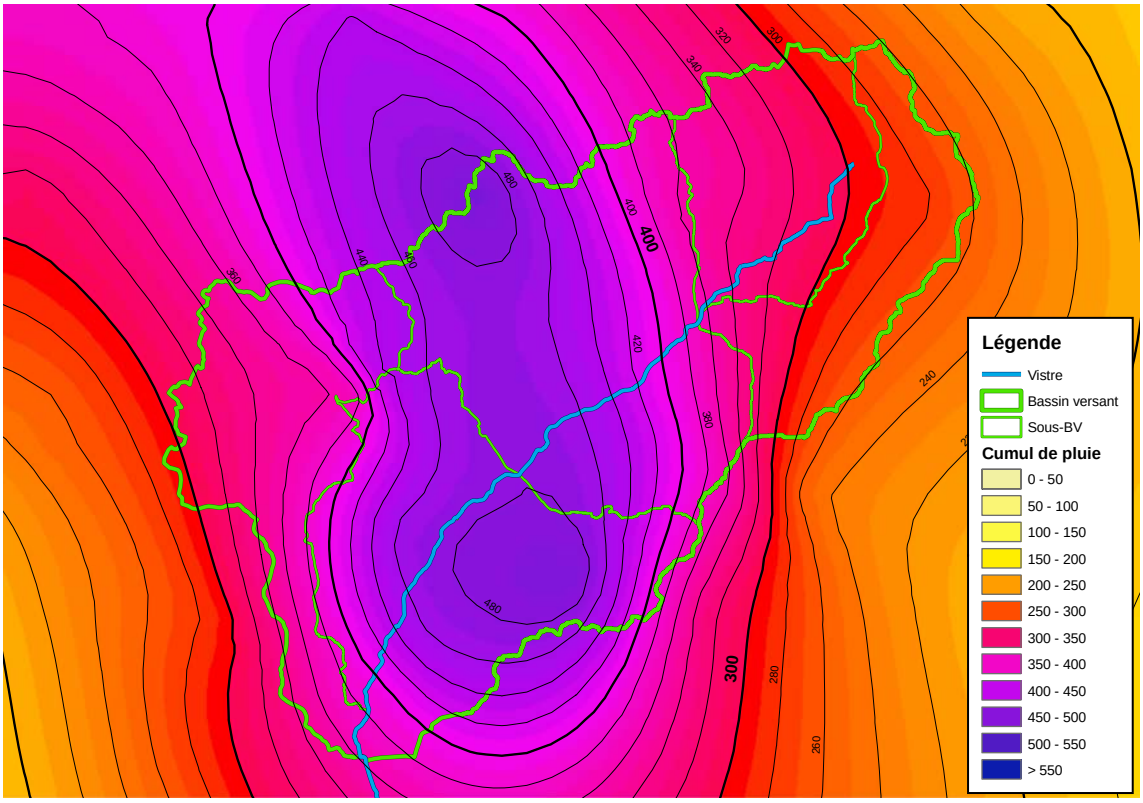
Comportement hydrologique général du Vistre lors de la crue de septembre 2005.



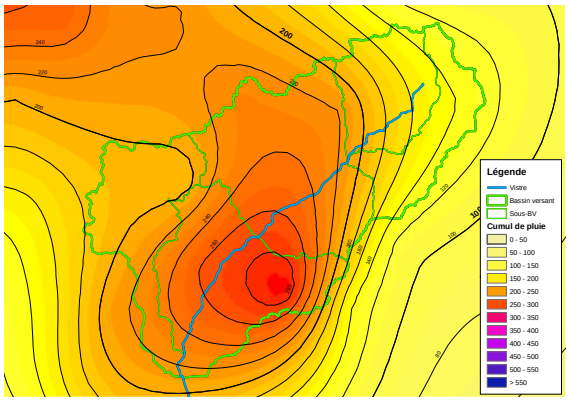
Au vu du graphique précédent, on peut faire les constations suivantes :

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

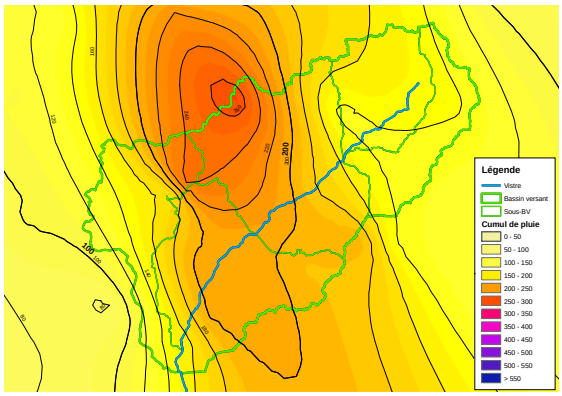
Cumul pluviométrique spatialisé du 06/09/2005 06h00 au 09/09/2005 06h00 (UTC).



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



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

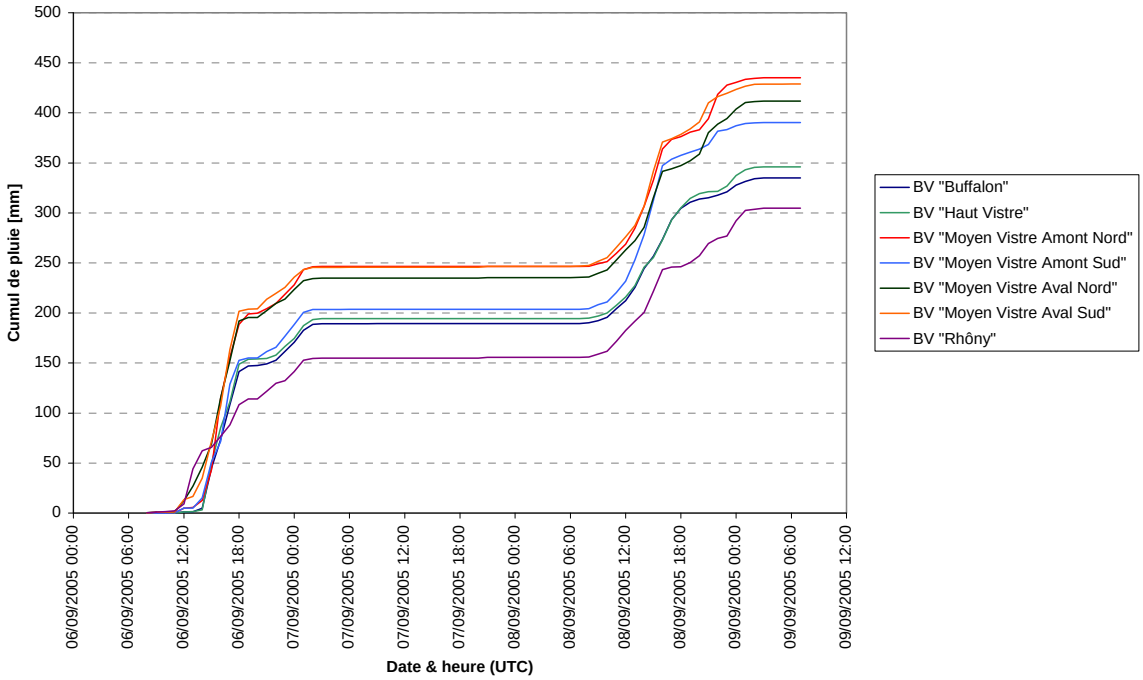


Source : OHMCV (SEVNOL).

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

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

Pluies de bassin - septembre 2005.



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

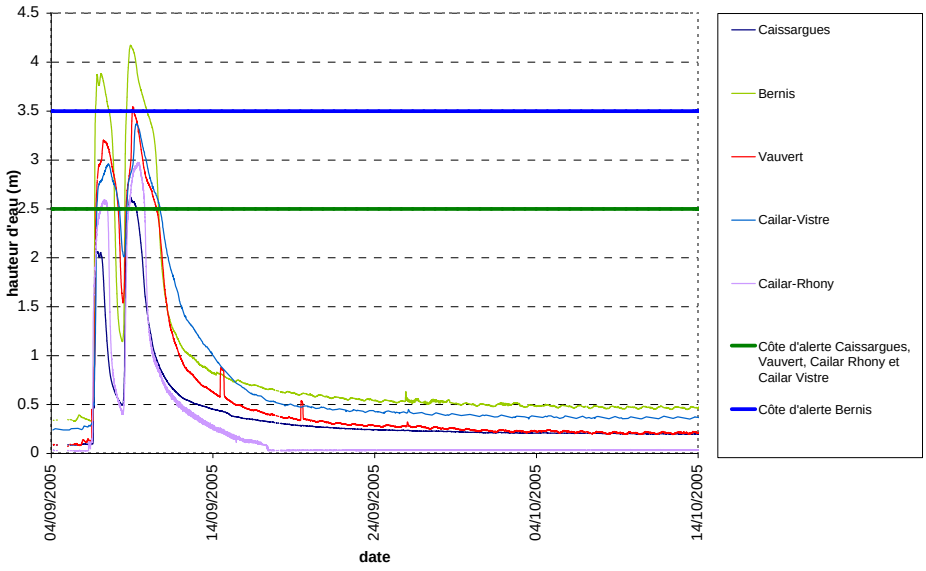
Au regard des pluies de bassin maximales en 12 heures (durée de chacune des deux averses), la période de retour des pluies des sous-bassins versants principaux est inférieure à l'occurrence centennale.

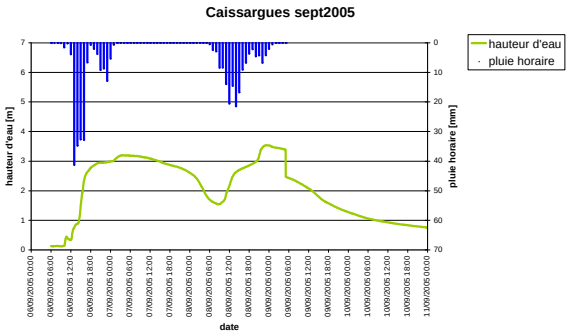
A l'échelle globale du bassin versant (490 km2), la pluie maximale en 12h est de 192 mm (1ere averse), soit une période de retour comprise entre 25 et 30 ans.

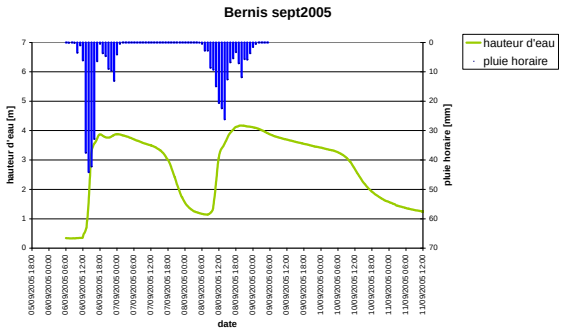
Toujours à l'échelle globale du bassin versant, le cumul pluviométrique total qui correspond à une pluie maximale en 72h est de 388 m. Cette valeur est supérieure au quantile de pluie bassin centennale en 72h (361 mm). **La pluie maximale observée en 72h lors de la crue de septembre 2005 est donc plus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

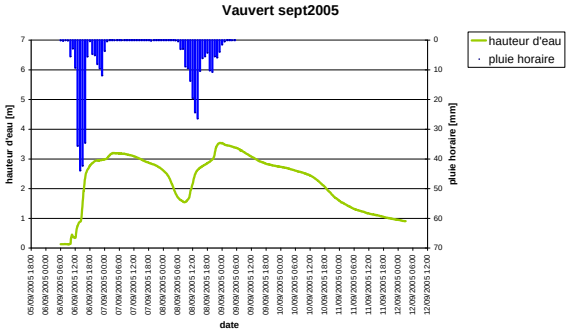
Localement, au regard de la pluie bassin du Vistre sans prise en compte de l'abattement, les cumuls atteints sont plus que centennaux. A Bernis par exemple, le cumul maximal en 12h est de 308 mm, soit une période de retour de 130 ans environ.

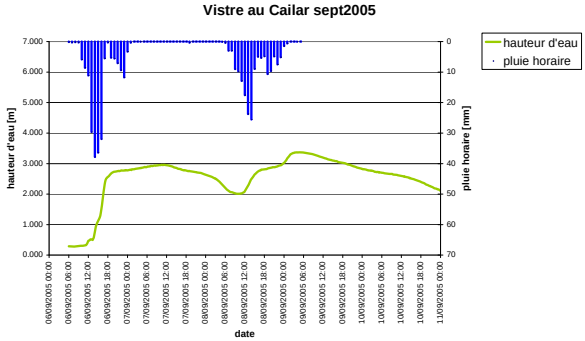
Limnigrammes et hyétogrammes associés - septembre 2005.

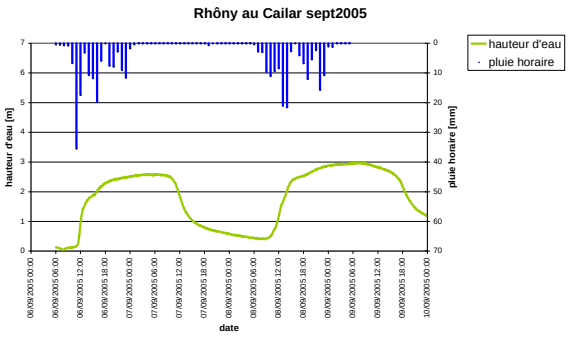












Les éléments concernant les temps de propagation entre les stations et les temps de réponse du bassin versant figurent dans la synthèse de l'analyse hydrologique des crues historiques.

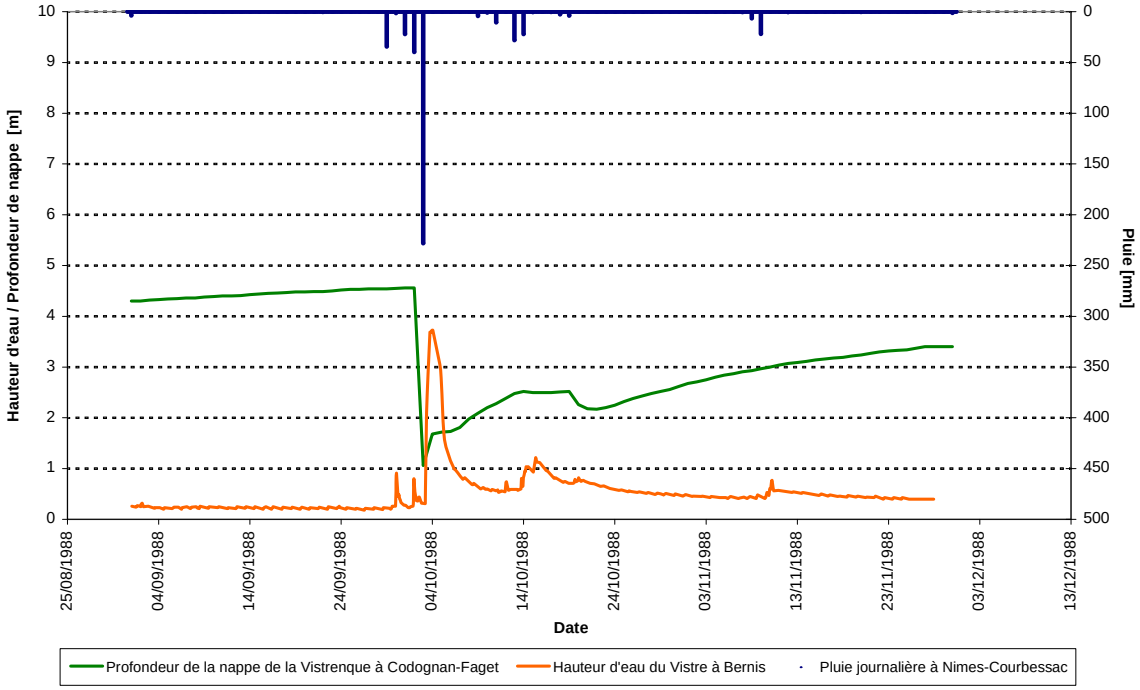
6.4.2 Crue d'octobre 1988

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 Rhôny. En effet, les stations de Bouillargues et de Nîmes-Garons situés quelques kilomètres au Sud-Est n'ont respectivement relevé que mm.

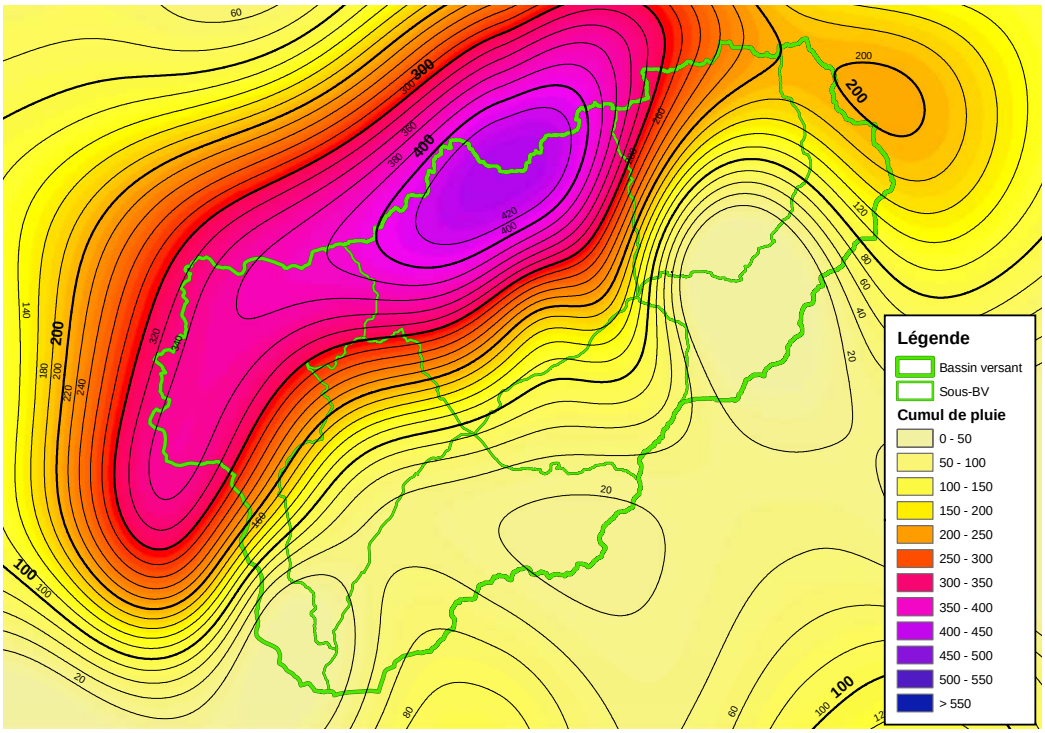
Comportement hydrologique général du Vistre lors de la crue d'octobre 1988.



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, Rhôny 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 "Rhôny"	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 Rhôny 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 Rhôny, son occurrence est inférieure à la centennale (comprise entre 50 et 60 ans).

A l'échelle globale du bassin versant (490 km^2), 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 Rhôny) 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.

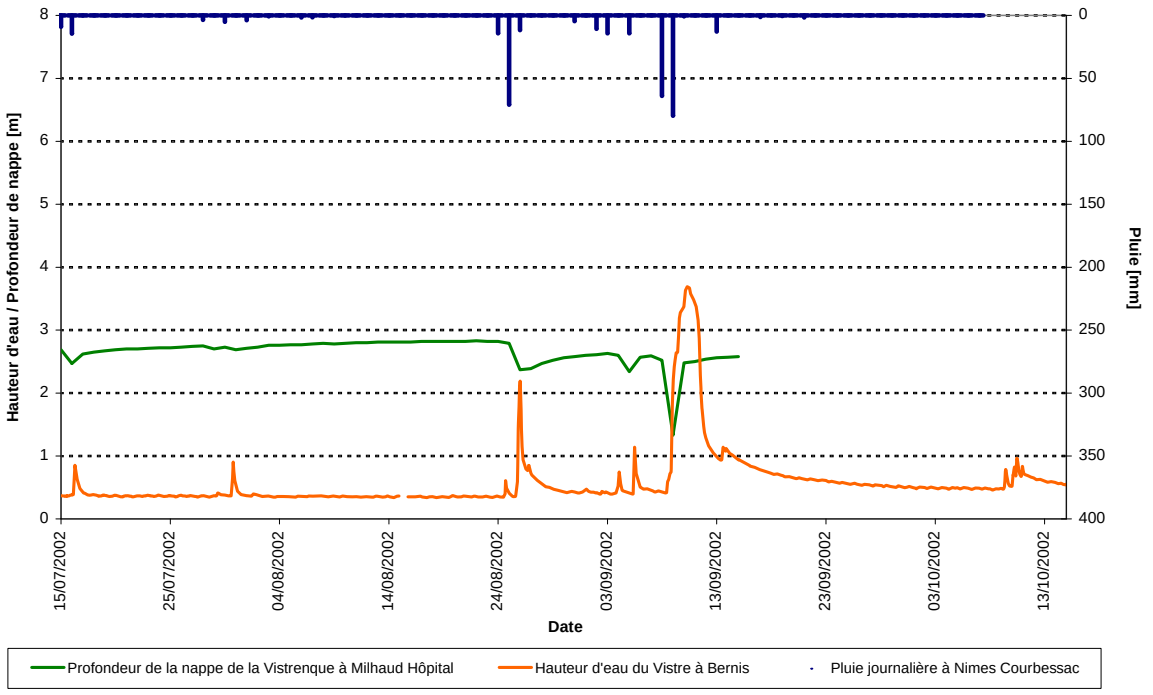
6.4.3 Crue de septembre 2002

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

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

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

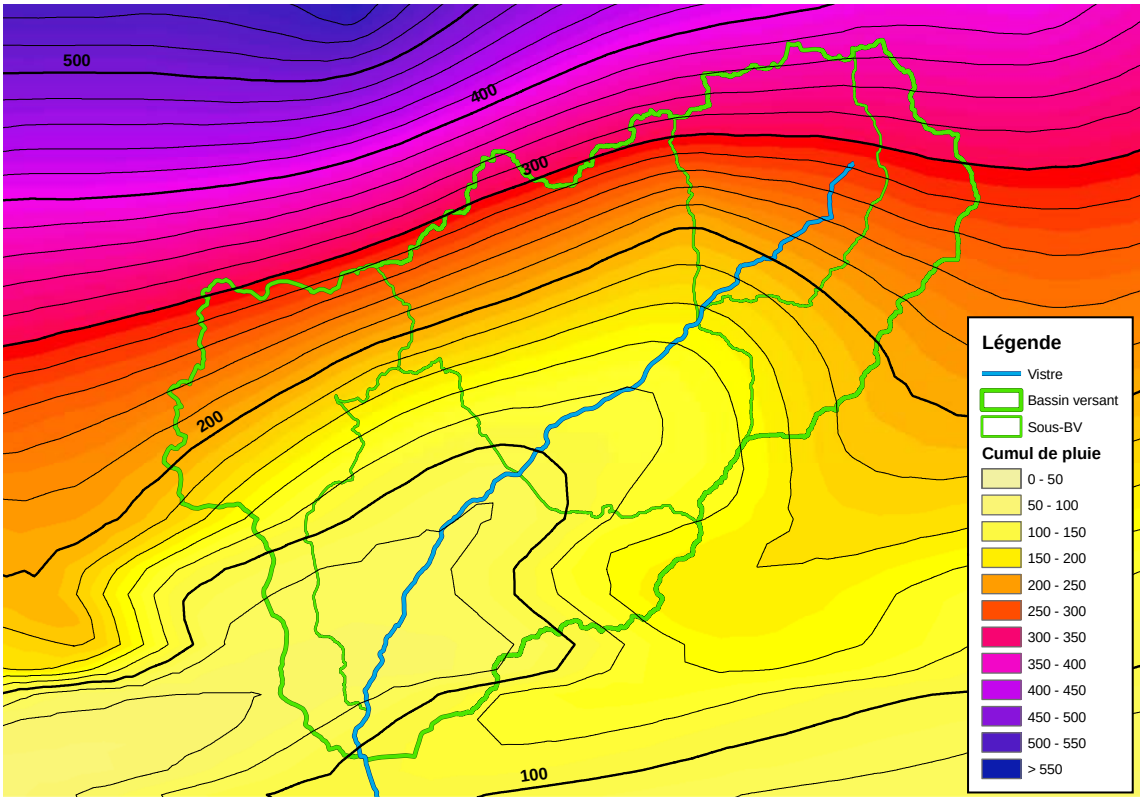
Comportement hydrologique général du Vistre lors de la crue de septembre 2002.



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

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

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

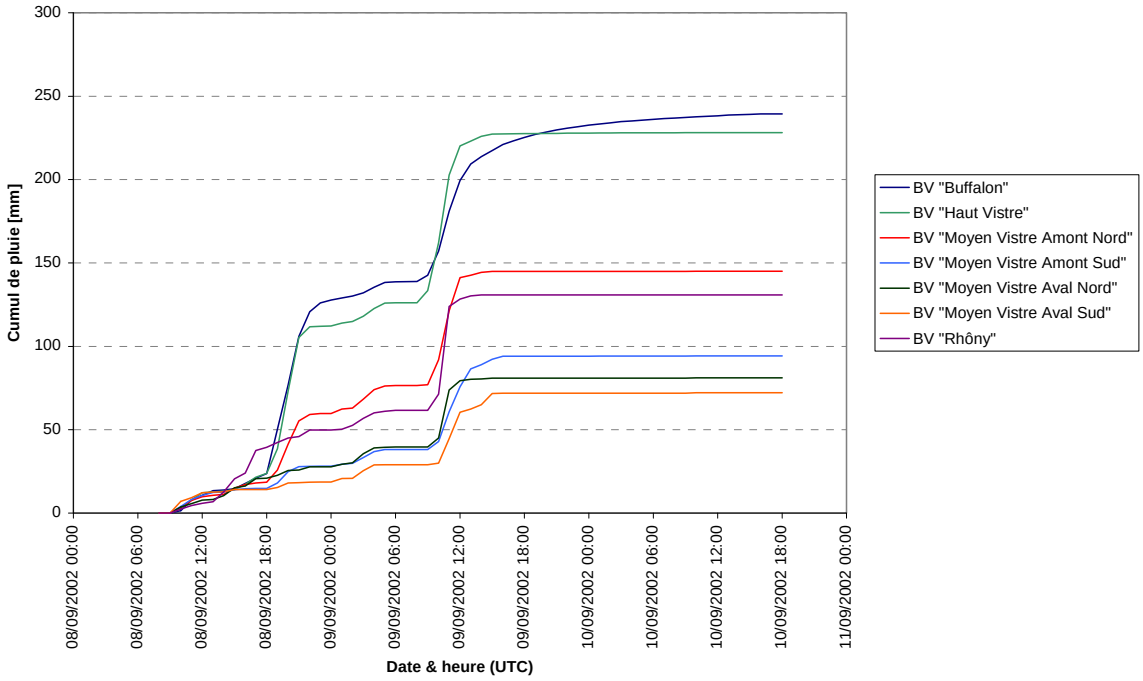


Source : OHMCV (SEVNOL).

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

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

Pluies de bassin - septembre 2002.



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

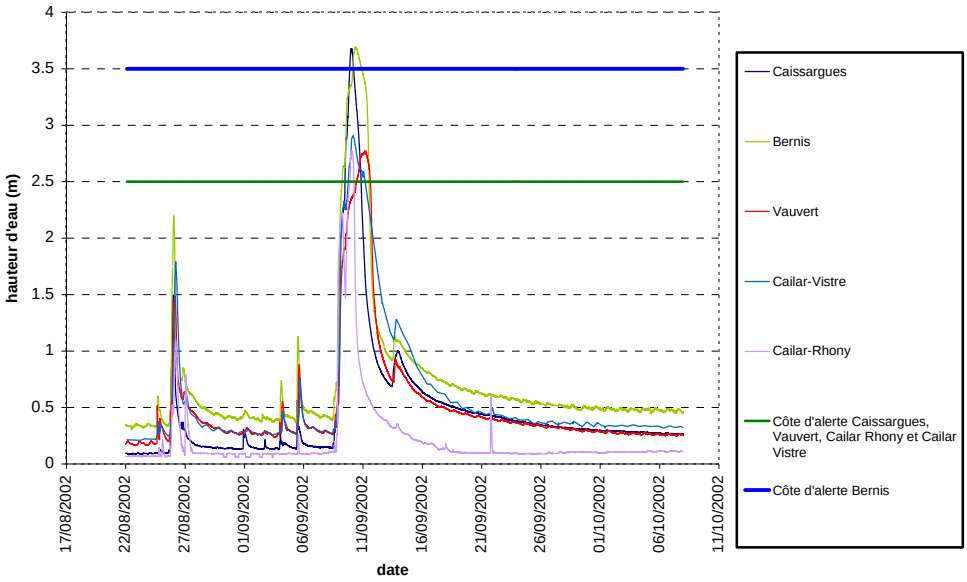
Le graphique ci-dessus montre que cet évènement pluvieux se décompose en 2 épisodes intenses, le 8 septembre en fin d'après-midi et le 9 septembre entre 10h et 13h, la deuxième averse étant la plus intense.

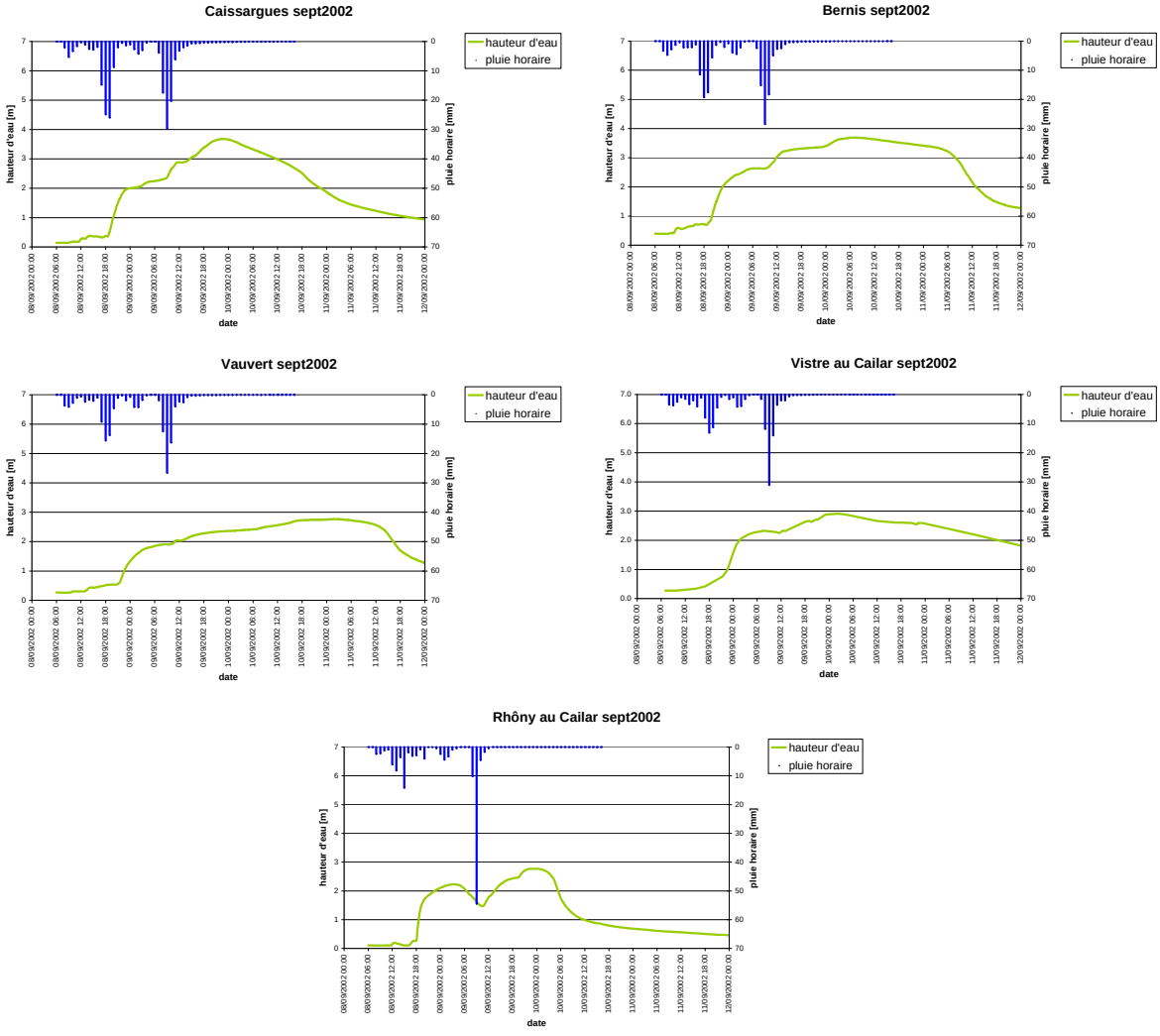
Au regard des pluies de bassin maximales en 3 heures (durée approximative de chacune des deux averses), la période de retour des pluies de chaque secteur reste inférieure à l'occurrence centennale.

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

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

Limnigrammes et hyétogrammes associés - septembre 2002.





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.

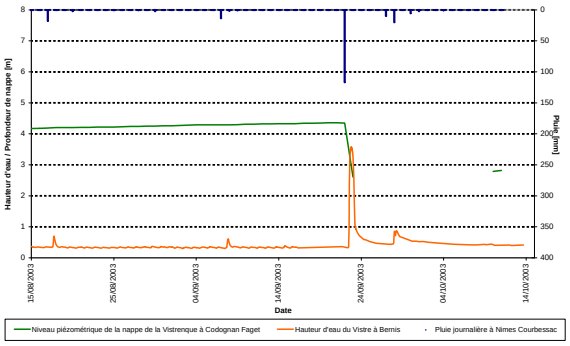
6.4.4 Crues de septembre 2003 et de décembre 2003

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.

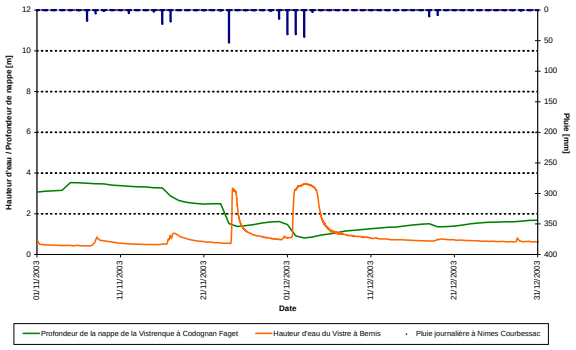
La crue du 22 septembre 2003 fait suite à une longue période de sécheresse et reste très localisée dans le temps (averse de 12 heures) et dans l'espace (cellule pluvio-orageuse centrée sur le plateau des Costières sur l'amont des bassins versants du Rieu, du Petit et du Grand Campagnolle, du Gour et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

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

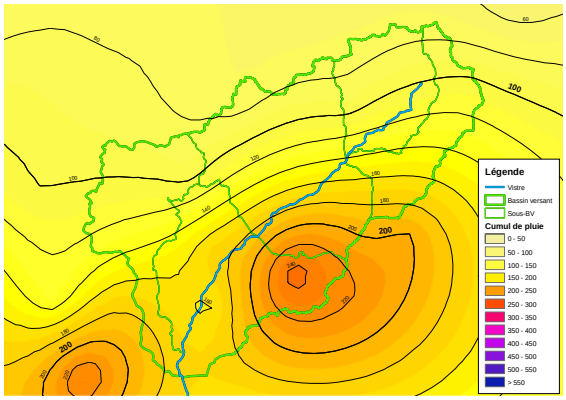
Crue de septembre 2003.



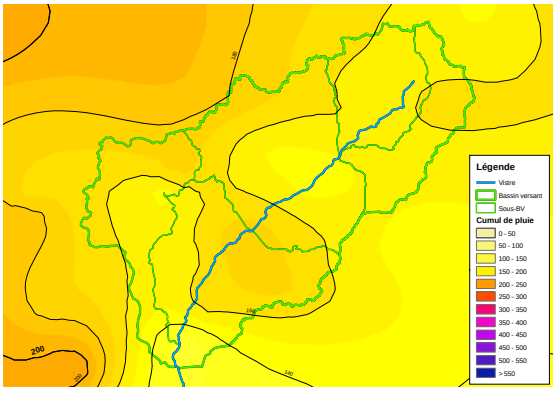
Crue de décembre 2003.



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

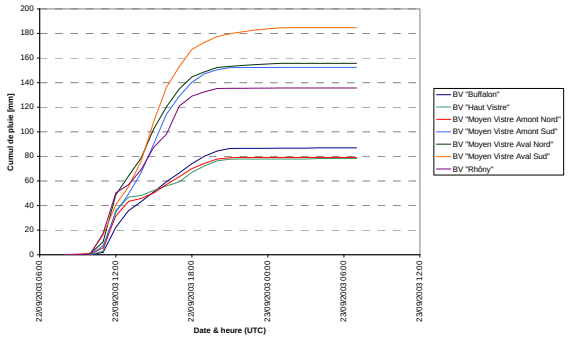


Cumul pluviométrique spatialisé du 29/11/2003 06h00 au 04/12/2003 06h00 (UTC).



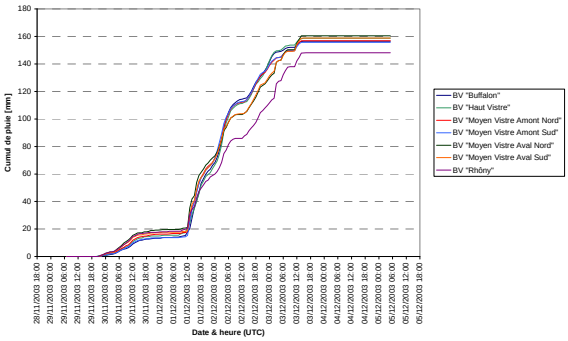
Source : OHMCV (SEVNOL).

Pluies de bassin - septembre 2003.



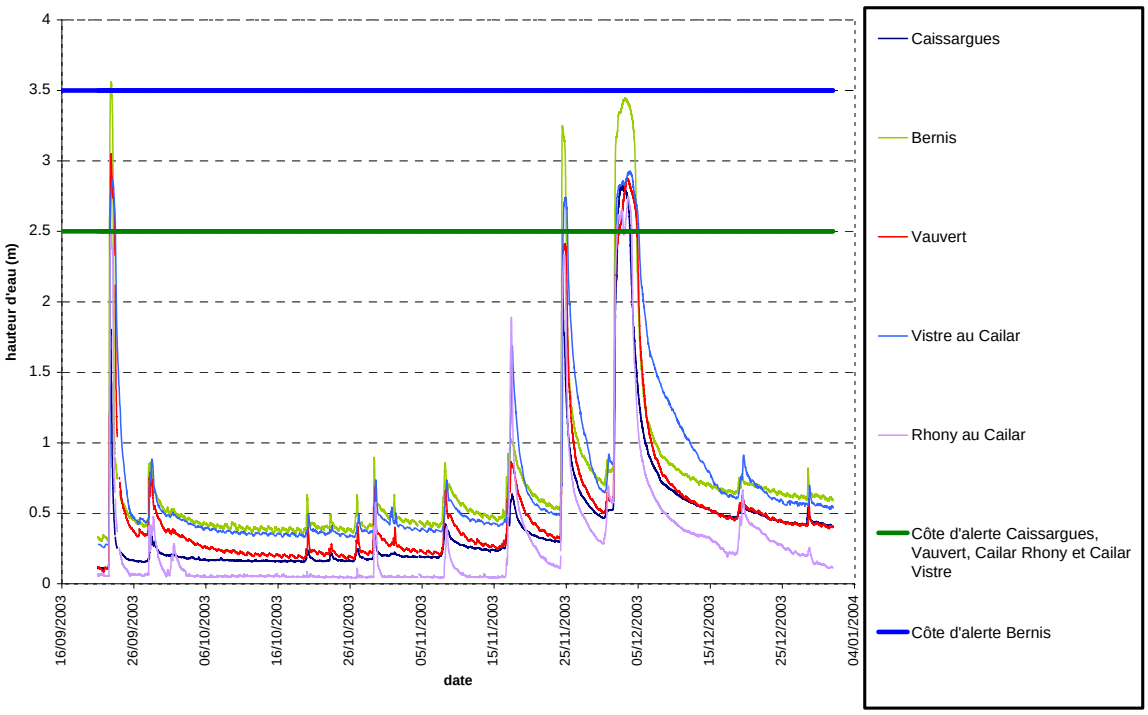
	P1Hmax	P2Hmax	P3Hmax	P6Hmax	P12Hmax	P24Hmax	PJMAX	CUMUL
BV "Buffalon"	20.5	33.8	41.2	64.5	86.6	86.9	117.2	117.2
BV "Haut Vistre"	33.0	43.8	46.8	56.1	77.8	78.2	82.2	82.2
BV "Moyen Vistre Amont Nord"	26.0	37.7	42.8	57.7	78.6	79.2	81.1	81.1
BV "Moyen Vistre Amont Sud"	27.4	47.5	64.8	121.6	152.3	152.4	159.7	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 "Rhôny"	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	98.9	101.2	163.7
BV "Haut Vistre"	9.6	16.4	23.0	36.5	51.9	93.7	91.0	161.6
BV "Moyen Vistre Amont Nord"	9.3	17.7	22.0	39.6	53.6	94.3	99.1	172.2
BV "Moyen Vistre Amont Sud"	10.6	18.4	25.0	41.9	56.4	98.1	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 "Rhôny"	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.

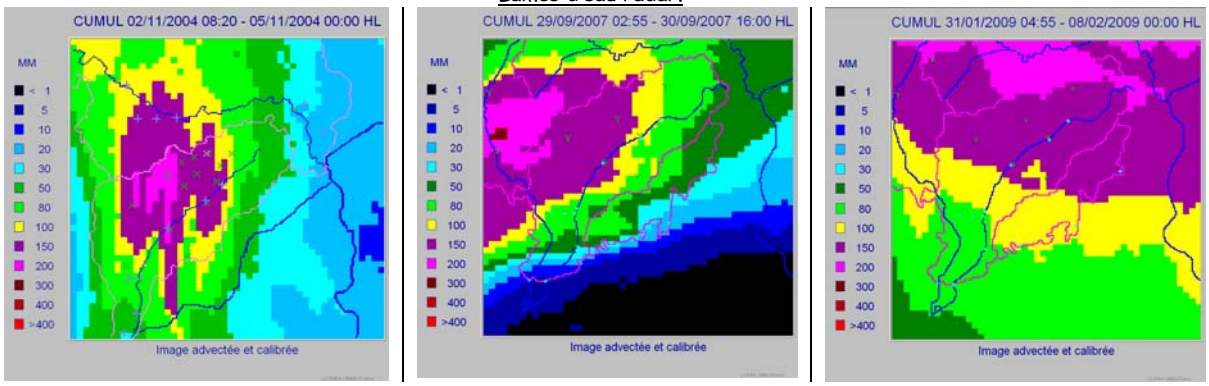


Les éléments concernant les temps de propagation entre les stations et les temps de réponse du bassin versant figurent dans la synthèse de l'analyse hydrologique des crues historiques.

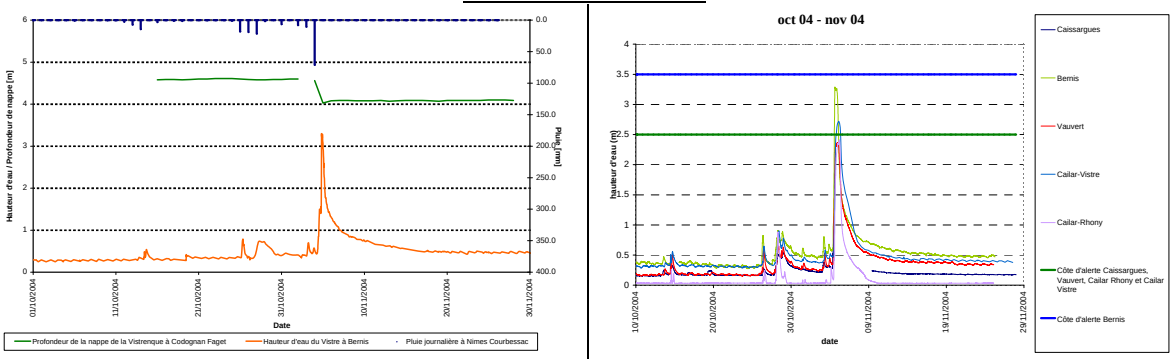
6.4.5 Crues de novembre 2004, septembre 2007 et février 2009

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

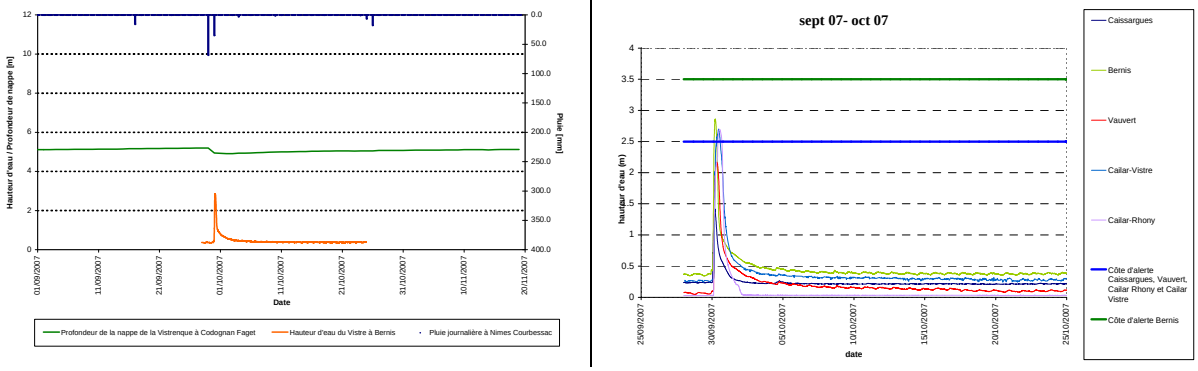
Lames d'eau radar.



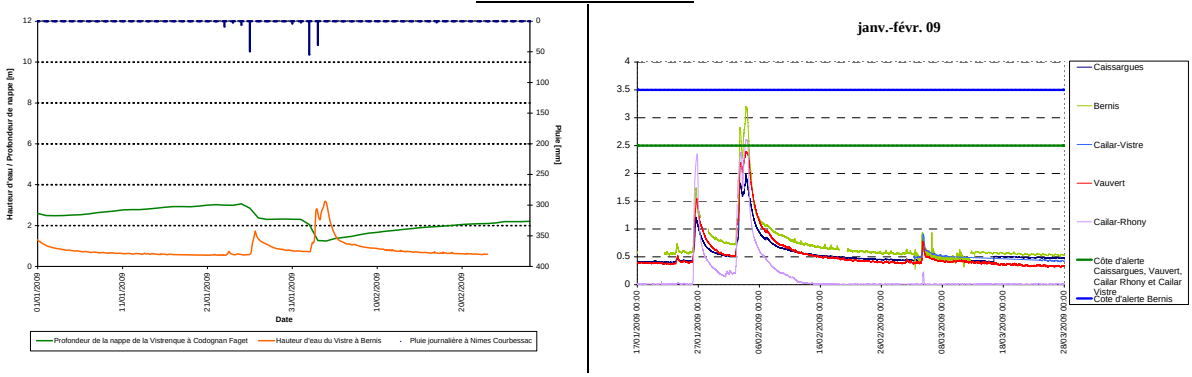
Crue de novembre 2004.



Crue de septembre 2007.



Crue de février 2009.

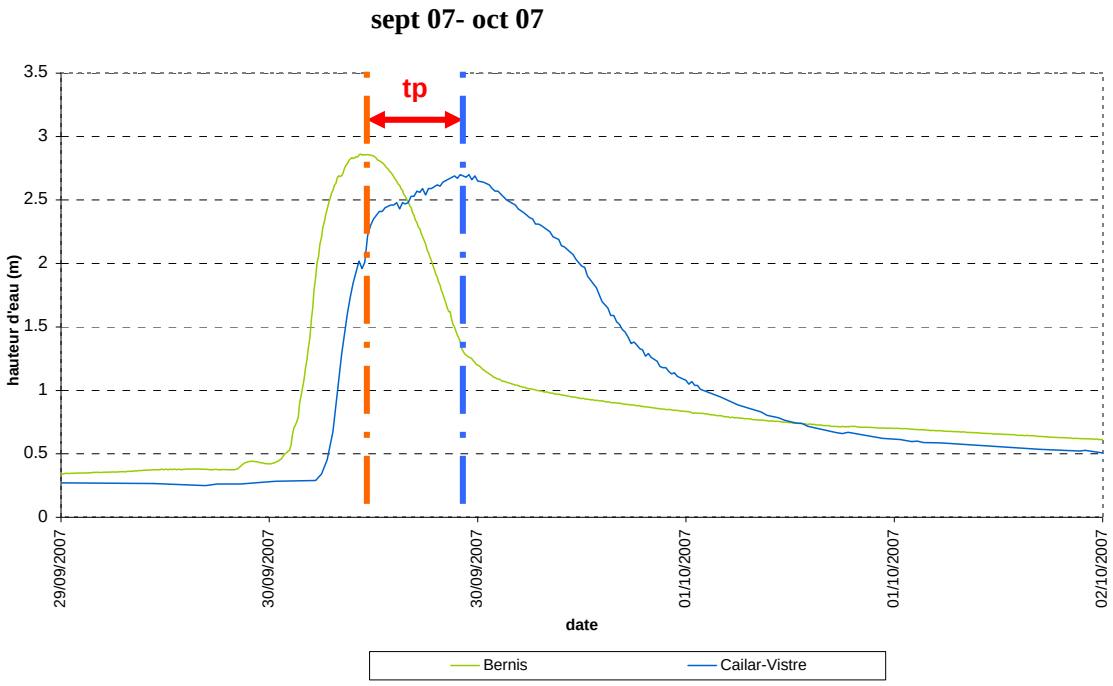


6.4.6 Temps de propagation et temps de réponse

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

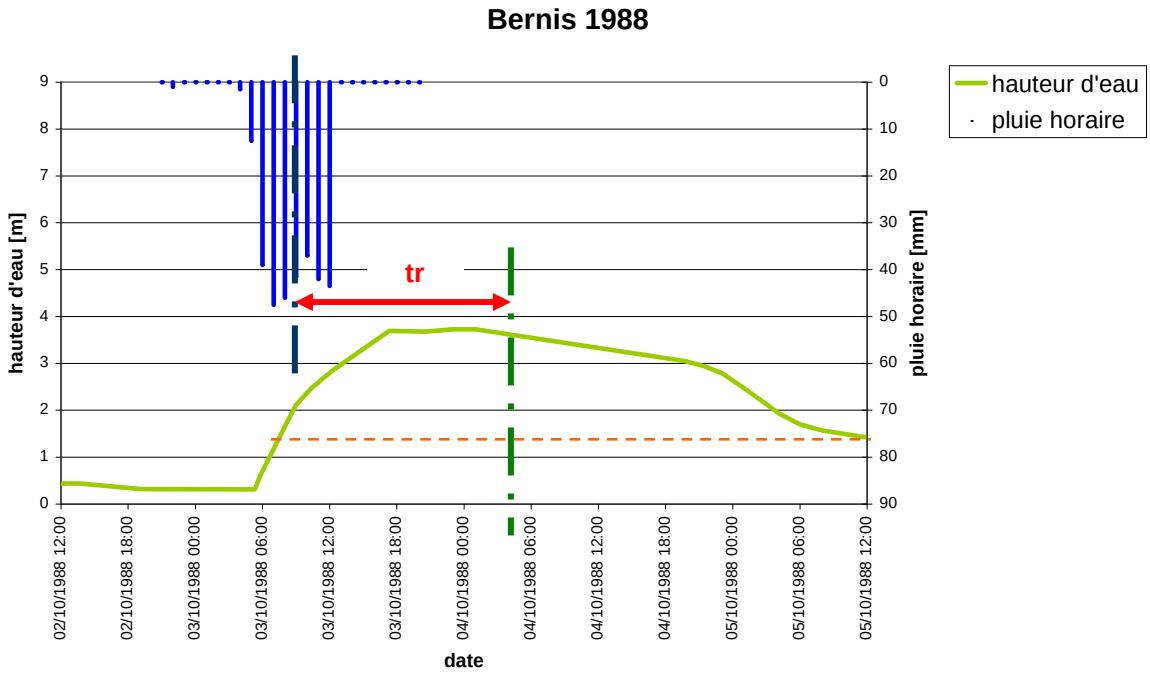
On constate que la vitesse de propagation décroît progressivement de l'amont vers l'aval, ce qui est logique compte tenu des caractéristiques morphologiques de pente du cours d'eau.

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 hyétogramme 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 [km2]	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
Rhôny 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 Rhôny (apport situé entre les stations du Vistre à Vauvert et au Cailar), le pic de crue « Vistre + Rhôny » 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 Rhôny au Cailar de 13 heures.

6.5 SYNTHESE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE

6.5.1 Description générale du fonctionnement hydraulique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

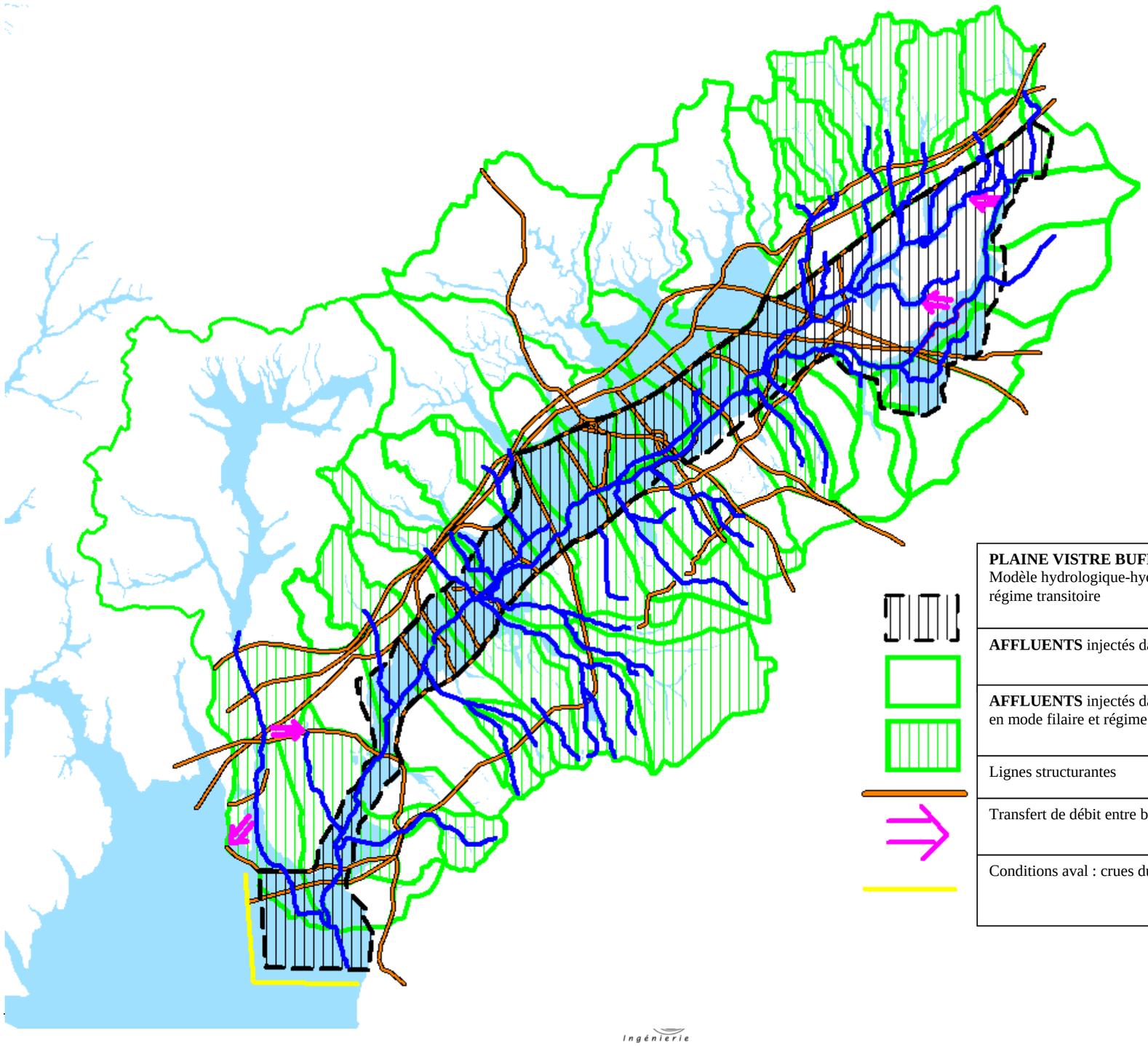
- **étape 3 : débordement des cours d'eau de plaine** avec possibilités de transfert de débit du Buffalon vers le Haut Vistre à l'aval des communes de Lédenon et Bezouce et entre Redessan et Marguerittes ; début de débordement constatés entre 3 heures à 1 demi-journée après le pic d'averse selon que 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.



PLAINE VISTRE BUFFALON Modèle hydrologique-hydraulique pseudobidimensionnel / régime transitoire
AFFLUENTS injectés dans le modèle de la plaine
AFFLUENTS injectés dans le modèle de la plaine et modélisés en mode filaire et régime permanent
Lignes structurantes
Transfert de débit entre bassin versant
Conditions aval : crues du Vidourle et submersion marine

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).

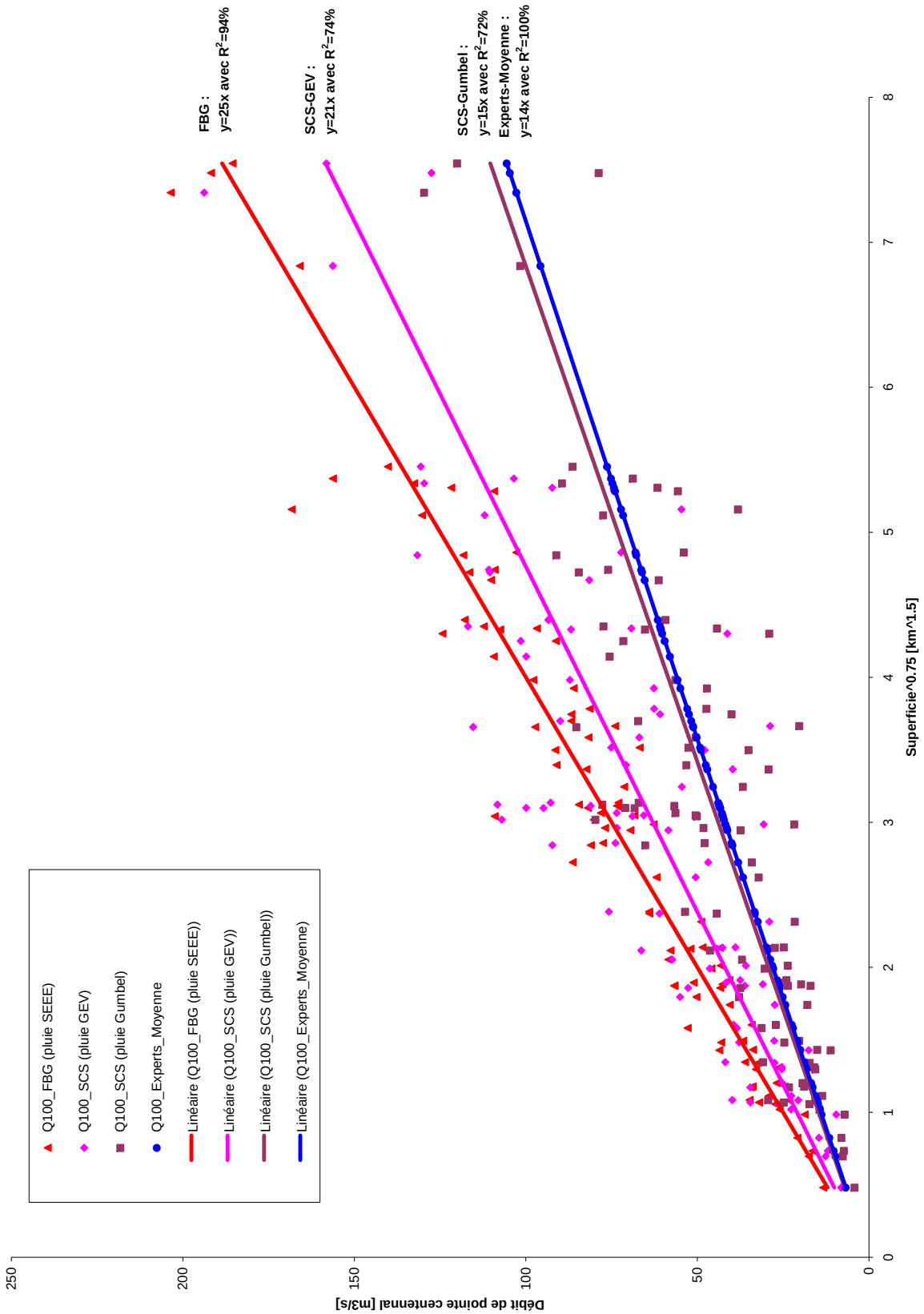
Les méthodologies et les résultats des calculs sont détaillés en annexe 1.

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.


FBG :
y=25x avec R²=94%
SCS-GEV :
y=21x avec R²=74%
SCS-Gumbel :
y=15x avec R²=72%
Experts-Moyenne :
y=14x avec R²=100%
Q100_FBG (pluie SEEE)
Q100_SCS (pluie GEV)
Q100_SCS (pluie Gumbel)
Q100_Experts_Moyenne
Linéaire (Q100_FBG (pluie SEEE))
Linéaire (Q100_SCS (pluie GEV))
Linéaire (Q100_SCS (pluie Gumbel))
Linéaire (Q100_Experts_Moyenne)
Débit de pointe centennal [m3/s]
Superficie^0.75 [km^1.5]
0
50
100
150
200
250
1
2
3
4
5
6
7
8

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-Rhôny*. BCEOM pour DDE30, Décembre 1992 [BCEOM 1992]
- *TGV Méditerranée – Branche Avignon-Montpellier – Etude hydraulique des franchissements du Vistre et du Rhôny*. 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, Rhôny, Cubelle, Razil, Vistre*. BCEOM pour SIABV/DDE30/DDAF30, Décembre 2000 [BCEOM 2000]
- *Ligne Nouvelle de Contournement de Nîmes et Montpellier – Rapport d'expertise hydrologique et hydraulique*. Comité d'experts pour RFF, Octobre 2004 [Experts CNM 2004]
- *Etude de caractérisation de l'évènement de septembre 2005 sur le Vistre*. CETE Méditerranée pour DDE30, Juin 2006 [CETE 2006]
- *Ligne Nouvelle de Contournement de Nîmes et Montpellier – Etudes spécifiques hydrauliques en préalable à l'avant projet détaillé – Le Vistre*. INGEROP pour RFF, Septembre 2007 [INGEROP 2007]
- *Etude hydraulique et de restauration du Vistre*. SAFEGE Environnement pour SMBVV, actuellement en cours [SAFEGE 2010]

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

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

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

Débits décennaux et centennaux

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

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

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

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

Débits des crues d'octobre 1988 et de septembre 2005

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

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

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

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

Conditions aval :

L'étude SAFEGE 2010 reprend ses valeurs et réalise un modèle hydraulique 1D à casiers (MIKE11) qui prolonge le modèle INGEROP 2007 et est calé sur la crue de septembre 2005 ainsi que sur la crue de septembre 2002. Ce modèle prolonge également le modèle SOGREAH 2007 sur le Rhôny. 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 Rhôny-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 parait 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 Rhôny 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, Rhôny, Cubelle, Razil, Vistre*. BCEOM pour SIABV/DDE30/DDAF30, Décembre 2000 [BCEOM 2000]
- *Schéma d'aménagement hydraulique du bassin versant du Rhôny*. 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 Rhôny*. SOGREAH pour RFF Novembre 2007 [SOGREAH 2007]
- *Renaturation du Rhôny 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 Rhôny au droit de l'A9, les valeurs des débits de pointe décennaux (Q10) et centennaux (Q100) et de la crue d'octobre 1988 fournies dans les études antérieures, ainsi que les valeurs estimées dans le cadre de la présente étude :

	BCEOM 1994 BCEOM 1998 CEDRAT 1999	BCEOM 2000 BCEOM 2004	CNM Experts 2004	ISL 2006	SOGREAH 2007	ISL 2008 2009	SAFEGE 2010	BRLi 2010
Surface [km²]	**67**	**70**	**74**	**69**	**69.1**	**72.4**	**69.1**	**71.6**
Débit [m3/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 Rhôny 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 Rhôny, avec une estimation du débit de 450 m3/s au droit de l'A9, valeur retenue dans les différentes études ayant mis en œuvre des modèles **calés sur les PHE d'octobre 1988**.

L'étude SAFEGE 2010 a mis en œuvre un modèle hydraulique 1D à casiers qui prolonge le modèle SOGREAH 2007 sur le Rhôny et est calé sur la crue de septembre 2005 ainsi que sur la crue de septembre 2002. Ce modèle prolonge également le modèle INGEROP 2007 sur le Vistre (valeur de 370 m3/s au droit du projet LGV). Enfin, ce modèle s'appuie sur les bases du modèle de l'étude « *Villetelle à la Mer* » réalisée par SAFEGE en août 2004 pour le SIAV et prend en compte les conditions limite aval spécifiques à la zone en terme de concomitance des crues Rhôny-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-Rhôny*. 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 Lédenon, 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
Surface [km²]	**6.8**	**4.8**	**-**	**4.4**
Débit spécifique [m3/s/km²]				
Q10	**3.1**	**7.9**	**-**	**4.7**
Q100	**5.0**	**15.2**	**-**	**15.7**

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

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

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

Secteur « Buffalon et Tavernolle »

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

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

Les différentes estimations montrent une évolution à la hausse. Cependant des bascules de débit entre le Buffalon et le Haut Vistre auraient lieu à l'aval de Bezouce 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 Bezouce, Saint-Gervasy et Marguerittes) et du Buffalon (communes de Manduel, Redessan et Rodilhan).**

Secteur « Tavernolle + Fossé Sud + Fossé Nord »

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

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

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

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

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

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

- *Etude générale d'aménagement hydraulique du Vistre-Rhôny*. 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 *Amont voie SNCF*	BCEOM 1992	ISL 2006	BRLi 2010
Surface [km²]	**1.6**	**-**	**1.2**
Débit spécifique [m3/s/km²]			
Q10	**5.1**	**-**	**7.7**
Q100	**7.4**	**-**	**19.0**

Le Bastide *Amont A9*	BCEOM 1992	ISL 2006	BRLi 2010
Surface [km²]	**7.2**	**7.6**	**6.7**
Débit spécifique [m3/s/km²]			
Q10	**3.1**	**3.8**	**4.6**
Q100	**5.2**	**21.7**	**15.0**

Le Pradinas *Amont RN86*	BCEOM 1992	ISL 2006	BRLi 2010
Surface [km²]	**-**	**3.6**	**5.5**
Débit spécifique [m3/s/km²]			
Q10	**-**	**4.2**	**3.6**
Q100	**-**	**23.9**	**12.2**

Le Canabou *Amont A9*	BCEOM 1992	ISL 2006	BRLi 2010
Surface [km²]	**14.9**	**12.4**	**6.2**
Débit spécifique [m3/s/km²]			
Q10	**2.3**	**3.7**	**2.9**
Q100	**4.0**	**19.0**	**10.1**

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

Les valeurs issues de l'étude BCEOM 1992 paraissent trop faibles (ceci peut s'expliquer par la non prise en compte des évènements 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 [km²]	**3.6**	**2.5**	**2.5**
Débit spécifique [m3/s/km²]			
Q10	**5.3**	**6.4**	**2.7**
Q100	**26.7**	**14.8**	**14.1**
Sept-05	**-**	**5.2**	**6.7**

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

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

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

- *Déviation 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 *Amont A9*	-	SAFEGE 2010	BRLi 2010
Surface [km²]	-	**4.5**	**4.6**
Débit spécifique [m3/s/km²]			
Q10	-	**2.7**	**7.1**
Q100	-	**14.7**	**23.7**
Oct-88	-	**21.3**	**18.6**
Sept-05	-	**9.6**	**12.3**

Le Chivallas *Amont A9*	-	SAFEGE 2010	BRLi 2010
Surface [km²]	-	**4.5**	**4.5**
Débit spécifique [m3/s/km²]	-		
Q10	-	**2.2**	**6.0**
Q100	-	**13.8**	**21.0**
Oct-88	-	**20.9**	**17.0**
Sept-05	-	**8.7**	**10.9**

Le Vallongue *Amont A9*	ISL 2006	SAFEGE 2010	BRLi 2010
Surface [km²]	**3.8**	**4.7**	**4.6**
Débit spécifique [m3/s/km²]			
Q10	**4.5**	**2.8**	**6.0**
Q100	**24.2**	**15.5**	**20.2**
Oct-88	-	**21.3**	**16.3**
Sept-05	-	**9.1**	**10.2**

Grand Bernard / Barbière *Amont A9*	BCEOM 1993	SAFEGE 2010	BRLi 2010
Surface [km²]	**2.5**	**2.0**	**2.2**
Débit spécifique [m3/s/km²]			
Q10	**8.4**	**4.5**	**6.7**
Q100	**18.4**	**23.5**	**25.2**
Oct-88	-	**23.0**	**24.7**
Sept-05	-	**11.5**	**16.0**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Le ruisseau de Barbe Blanche ***Amont Chemin Estagel***	**DDE 1996 CEREG 1997-2003**	**ISL 2006**	**IPSEAU 2006**	**BRLi 2010**
Surface [km²]	**-**	**-**	**1.4**	**1.0**
Débit spécifique [m3/s/km²]				
Q10	**-**	**-**	**4.3**	**4.3**
Q100	**-**	**-**	**17.1**	**22.1**

Le Valat de Fontaines des Pigeons ***Amont Voie SNCF***	**DDE 1996 CEREG 1997-2003**	**ISL 2006**	**IPSEAU 2006**	**BRLi 2010**
Surface [km²]	**1.5**	***~~0.2~~***	**1.4**	**1.5**
Débit spécifique [m3/s/km²]				
Q10	**11.3**	***~~5.0~~***	**12.1**	**10.5**
Q100	**22.6**	***~~30.0~~***	**25.0**	**28.2**

Le Valat de Casseport ***Amont Voie SNCF***	**DDE 1996 CEREG 1997-2003**	**ISL 2006**	**IPSEAU 2006**	**BRLi 2010**
Surface [km²]	**1.0**	**-**	**1.1**	**1.1**
Débit spécifique [m3/s/km²]				
Q10	**8.0**	**-**	**7.3**	**5.3**
Q100	**21.0**	**-**	**20.9**	**21.5**

L'étude PPRi (BRLi 2010) propose des valeurs de débits décennaux et centennaux réactualisées (prise en compte des évènements 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 [km²]	**1.48**	**1.1**
Débit spécifique [m3/s/km²]		
Q10	**13.5**	**16**
Q100	**31.6**	**35.7**

L'Arriasse	**SIEE 2001-2007**	**BRLi 2010**
Surface [km²]	**1.06**	**1.2**
Débit spécifique [m3/s/km²]		
Q10	**9.7**	**7.4**
Q100	**24.9**	**28.0**

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

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

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

LE VALAT DE LA REYNE (VAUVERT)

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

Le Valat de la Reyne	BRLi 2001	ISL 2004	ISL 2006	GINGER 2008	BRLi 2010
Surface [km²]	**3.26**	**3.26**	**2.4**	**3.3**	**2.6**
Débit spécifique [m3/s/km²]					
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.

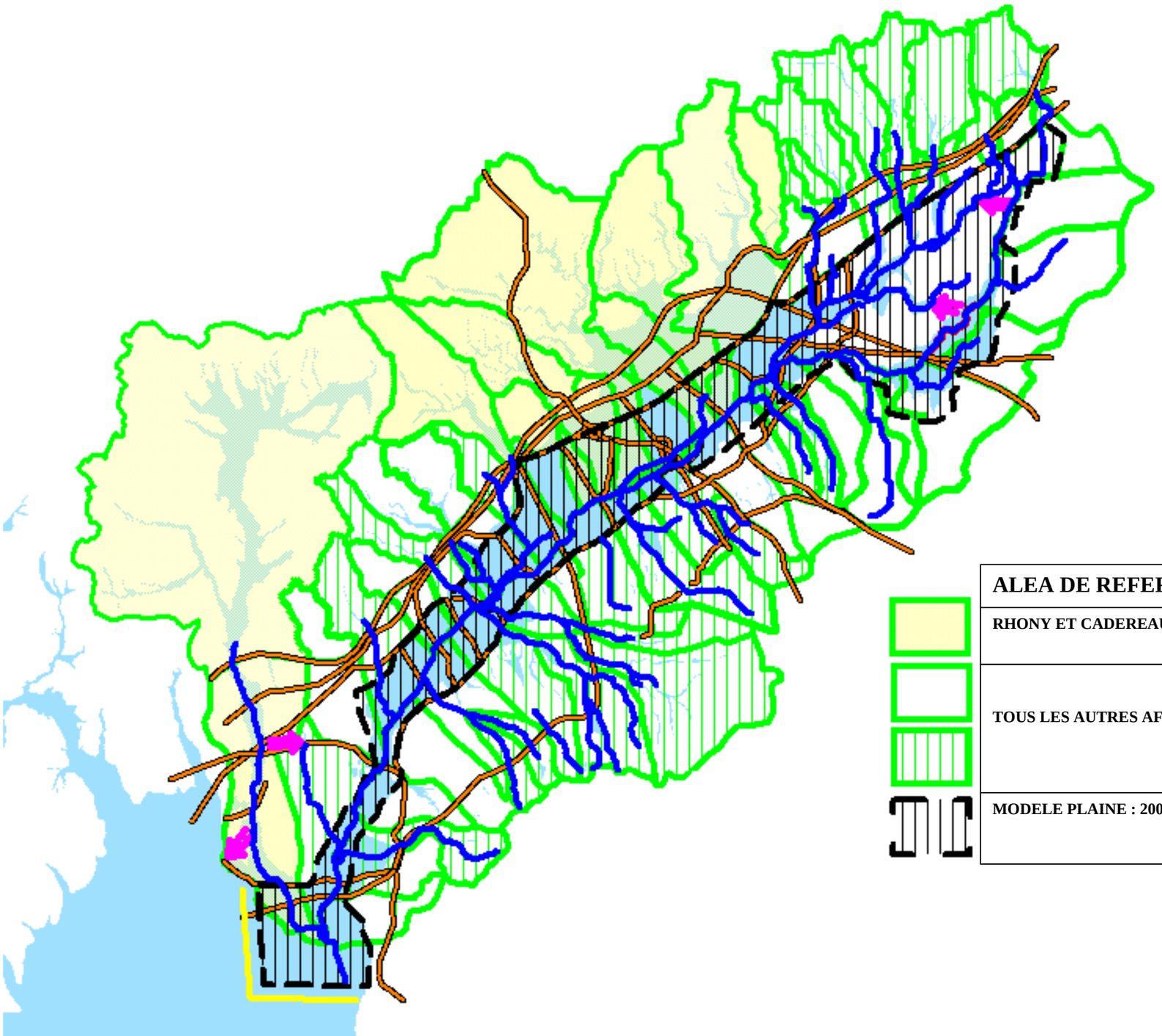
LES CADEREAUX DE NIMES : LE VALLADAS, LE CADEREAU D'UZES, LE CADEREAU D'ALES, LE CADEREAU DE VALDEGOUR – SAINT-CESAIRE ET LA PONDRE (NIMES ET MILHAUD)

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 écrêtant les débits de pointe, notamment la carrière de Caveirac, dont le volume est très important – 4,6 millions de m3 – et le risque de défaillance quasi nul). **Les résultats de cette modélisation pourront donc être intégrés au PPRi.**

6.6.3 Synthèse de l'aléa de référence

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



ALEA DE REFERENCE :
RHONY ET CADEREAUX : 1988
TOUS LES AUTRES AFFLUENTS : 100 ANS
MODELE PLAINE : 2005 ?

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'Equipement
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

Caractéristiques des sous-bassins versants du Vistre

Code Bassin Versant	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	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%

Caractéristiques des sous-bassins versants du Vistre

Code Bassin Versant	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	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%

Caractéristiques des sous-bassins versants du Vistre

	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	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 basin 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, Tc.

- Tc = f (L,H).=((0.87 x 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 Tc < D < 2/3 Tc

Il est caractérisé par :

- Son débit de pointe : QP
- Son temps de montée : $Tp = \frac{D}{2} + K1\ Tc$
- Son temps de descente : Td = K2 Tp
- Son temps de base : Tb = Tp + Td

K1 et K2 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 : K1=0.6 et K2=1.67

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

- P1=0.08 P6D
- P2=0.09P6D
- P3=0.11P6D
- P4=0.49P6D
- P5=0.15P6D
- P6=0.08P6D

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=S0+S1 t
- S0 : seuil de ruissellement (mm),
- S1 : 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 Smax à t=6D, une courbe dite courbe de ruissellement identifiée par son numéro CN (curve number) variable entre 0 et 100 :

Smax = 25.4 (1000-10CN) / CN, 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 Smax par :

S0=0.2 Smax

S1=(Smax-S0)/6D

Et à chaque pas élémentaire i=1 à 6 :

Si=S0+S1 t

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

Le volume ruisselé élémentaire est donc :

- VE = LR x A
  A : surface du bassin versant
  et $VE = \frac{Qp \times Tb}{2}$

Ces équations permettent de déterminer QP, 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

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

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	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	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

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

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	Curve Number SCS	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m3/s]	Débit de pps
CAS01	Le Valat de Casseport à la voie ferrée	1.1	65	2	131	23	21.5
CLA05	Le Cabassan à l'entrée d'Aubord.	2.7	57	3	222	43	15.5
CLA06	Le Cabassan au Puech du Poussin	0.4	61	1	84	8	21.5
DON01	Le Donadille au Buffalon	5.6	55	7	194	29	5.1
FON01	Le Serre de la Font à l'A9	1.1	67	2	130	21	18.5
GAR01	Le Garra de Paille au Buffalon	3.1	61	4	211	40	13.1
GMI01	Le Grand Michel au canal BRL	2.3	57	3	183	36	15.7
GMI03	Le Grand Michel au Buffalon	4.8	62	5	219	55	11.3
GOU01	Le Gour à la voie ferrée	1.1	82	1	111	40	35.7
GOU03	Le Gour à la confluence avec l'Arriasse	2.3	70	3	199	53	23.1
LON01	La Lone au Vistre	9.4	57	5	245	103	11.0
MIR01	Le Mirman à l'amont de Caissargues	2.5	57	3	201	36	14.1
MIR03	Le Mirman au Vistre	8.8	64	4	210	112	12.7
PER01	Le Perret à l'A9	1.3	68	2	122	25	19.8
PRA01	Le Pradinas à la N86	5.5	63	4	184	67	12.2
PRA03	Le Pradinas à la voie ferrée	5.9	63	4	190	63	10.6
REY00	Le Valat de la Reyne à l'entrée de Vauvert	2.6	61	2	157	57	22.0
REY01	Le Valat de la Reyne au canal BRL	4.5	69	3	211	100	22.1
REY03	Le Valat de la Reyne au Vistre	14.3	65	5	233	194	13.6
REZ01	Le Rézil à l'A9	4.0	64	2	180	92	22.9
REZ03	Le Rézil au Vistre	9.3	63	5	238	130	13.9
RHO01	Le Rhôny à l'A9	71.6	64	13	274	483	6.8
RIE03	Le Rieu à la ligne LGV	7.1	63	4	221	117	16.5

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

Valeurs retenues

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

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	Curve Number SCS	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m3/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

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

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	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 Génerac	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

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	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	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 Rhôny 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

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	Curve Number SCS	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m3/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

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

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	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	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

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

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	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

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

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	Curve Number SCS	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m3/s]	Débit de pps
RIE04	Le Rieu au Vistre	13.0	61	5	183	102	7.8
RIE06	Le Rieu à la confluence avec le ruisseau de Barbe Blanche	3.2	70	2	143	54	16.8
ROU01	La Roussignole à la limite communale de Générac	0.8	56	1	89	8	10.3
ROU03	La Roussignole au Rieu	1.4	56	3	152	16	11.1
VAF01	Le Valat de la Fontaine des Pigeons à la voie ferrée	1.5	78	2	127	31	20.7
VDN01	Le Valdebane au Vistre	7.1	56	5	170	44	6.3

Formule des Experts « moyenne »

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

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

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

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

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

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

Avec Q (m^3/s) le débit de projet centennal
S (km²) la superficie du bassin versant.

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

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

Débits centennaux estimés par la formule des Experts "moyenne"

Pour information

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

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	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 Génerac	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

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

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	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	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

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

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m3/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^2 :

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

Le temps de concentration (tc) 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 (tc) 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 :

$$C = 0.8 * (1 - \frac{P_o}{P_{j100}})$$

Avec :

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

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

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

Couverture végétale	Morphologie	Pente (%)	P_0 (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_0

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

- Bassin versant de superficie comprise entre 20 km^2 et 400 km^2 :

La formule empirique de Bressand Golossof 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^2 et 400 km^2, 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^2

Débits centennaux estimés par la méthode FBG

Pour information

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

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m3/s]	Débit de pps
AGA01	Le Valat des Agaouts à la N86	4.4	0	61	109	35.9
AGA03	Le Valat des Agaouts à la voie ferrée	5.1	1	86	91	26.8
ARR01	l'Arriasse à la voie ferrée	1.2	0	52	35	29.5
ARR03	L'Arriasse à la confluence avec le Gour	1.9	1	87	34	21.3
ARR05	L'Arriasse au Vistre	9.6	2	109	140	25.7
BAR01	Le Bartadet à l'A9	4.5	1	85	78	25.5
BAR04	Le Bardadet après la confluence avec le Perret et le Serre de la Font à la N86	7.9	1	103	116	24.7
BAR05	Le Bartadet après la confluence avec la Chilonne à la voie ferrée	14.8	2	121	186	24.6
BAS01	La Bastide à l'A9	6.7	1	92	109	26.4
BAS04	La Bastide à la N86	7.1	1	99	108	24.8
BAS05	La Bastide à la voie ferrée	7.8	1	108	110	23.6
BBL01	Le Barbe Blanche à Génerac	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

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

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	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	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

Code BV	Désignation du bassin versant	Surface [km²]	Durée de la pluie [h]	Pluie totale [mm]	Débit de pointe [m3/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 Nîmois (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 Rhôny (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-Dionizy 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-Dionizy en 24 heures)
- pluie de période de retour inférieure à 5 ans partout ailleurs

Pluie du 1 au 3 février 2009

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

Commentaires :

- pluie de période de retour inférieure à 5 ans

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

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

Il est important de noter que :

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

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

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

Observations : Nîmes-Courbessac_MF

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

Quantiles : Nîmes-Courbessac_MF

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

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

Observations : Nîmes-Garons_MF

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

Quantiles : Nîmes-Garons_MF

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

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

Observations : Générac_SPC

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

Quantiles : Générac_MF

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

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

Observations : Vauvert_SPC

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

Quantiles : Vauvert_MF

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

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

Observations : Remoulins_SPC

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

Quantiles : Remoulins_MF

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

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

Observations : Villevieille_MF / *Vic-Le-Fesc_SPC*

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

Quantiles : Villevieille_MF

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

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

Observations : Bernis_SPC / *Calvisson*

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

Quantiles : Vestric_MF

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

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

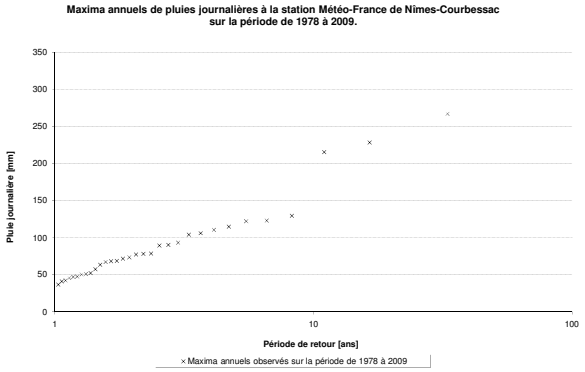
A Bernis, les valeurs de P6HMAX et P12HMAX respectivement de 270 et 308 mm observées du 6 au 8 septembre 2005 correspondent à des pluies de période de retour plus que centennale.

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tests d'hypothèses sur les échantillons

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

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

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

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

Source : Logiciel HYFRAN Version 1.1 © INRS-ÉTÉ

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

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

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

Tests d'adéquation des ajustements

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

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

Source : Logiciel HYFRAN Version 1.1 © INRS-ÉTÉ

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

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

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

Tests de comparaison entre les lois

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

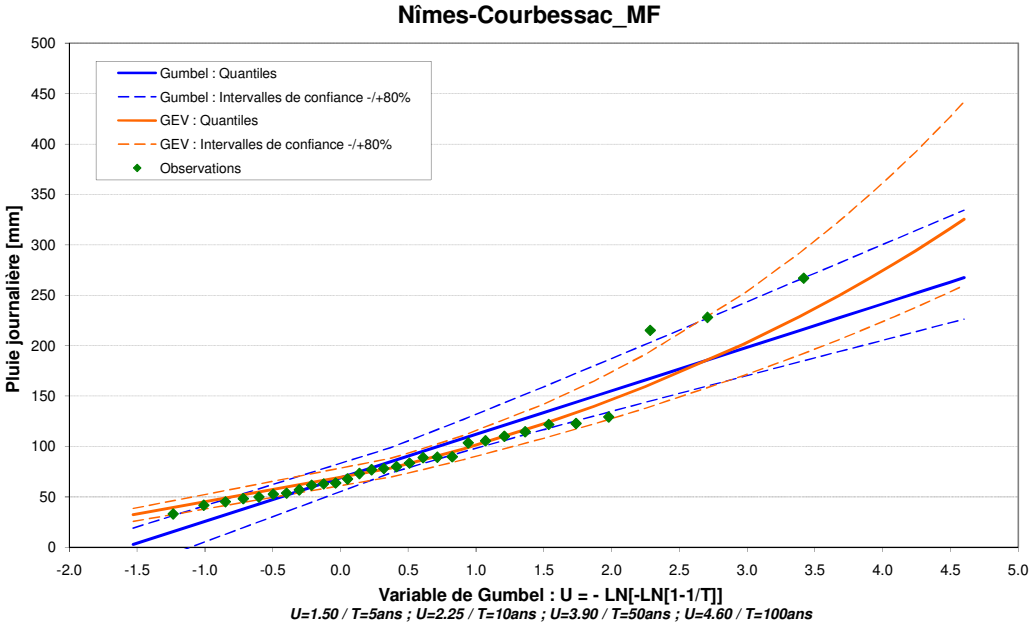
	Critère d'Information Akaïke		
	AIC - Loi de Gumbel	AIC - Loi GEV	meilleur ajustement**
Nîmes-Courbessac_MF	313.754	310.959	GEV
Nîmes-Ponge_MF	324.056	320.642	GEV
Générac_MF	302.879	296.509	GEV
St-Gilles-Asport_MF	296.283	288.888	GEV
Nîmes-Garons_MF	294.731	291.517	GEV
Meynes_MF	284.298	285.017	Gumbel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

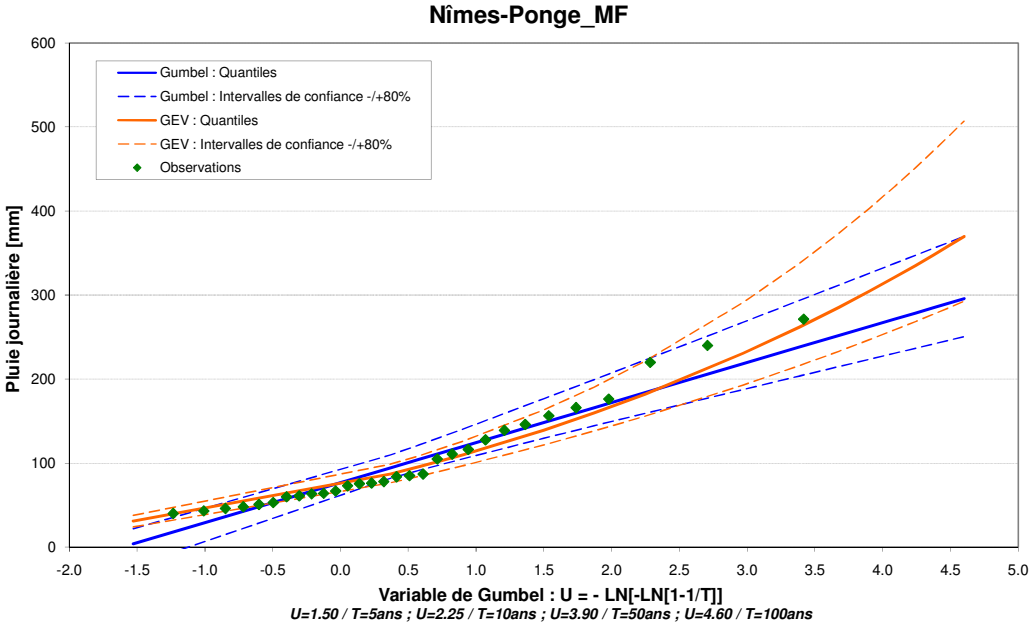
** Les meilleurs ajustements correspondent aux plus faibles valeurs de ces statistiques.*

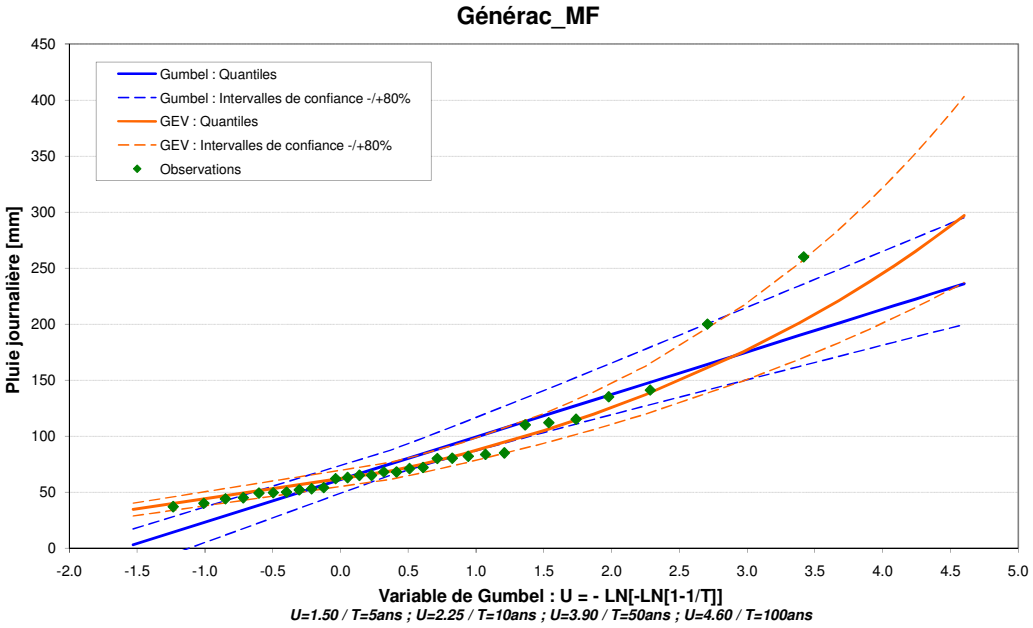
Source : Logiciel HYFRAN Version 1.1 © INRS-ÉTÉ

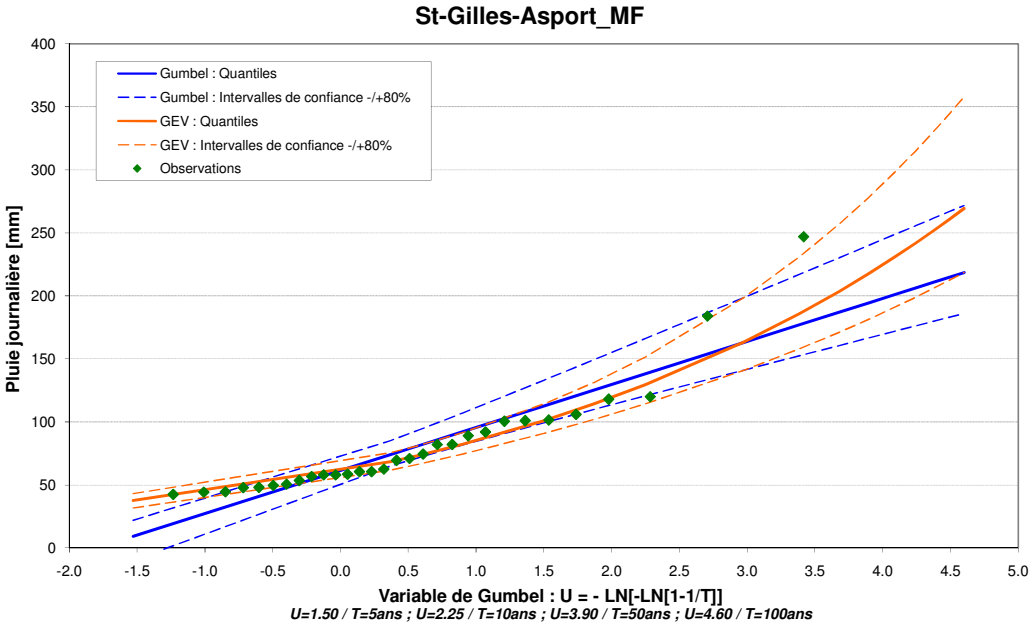
Au vu des tableaux précédents, les critères numériques BIC et AIC permettent de caractériser les ajustements issus de la loi GEV comme « meilleurs » que ceux issus de la loi Gumbel (excepté pour Meynes et Villevieille).

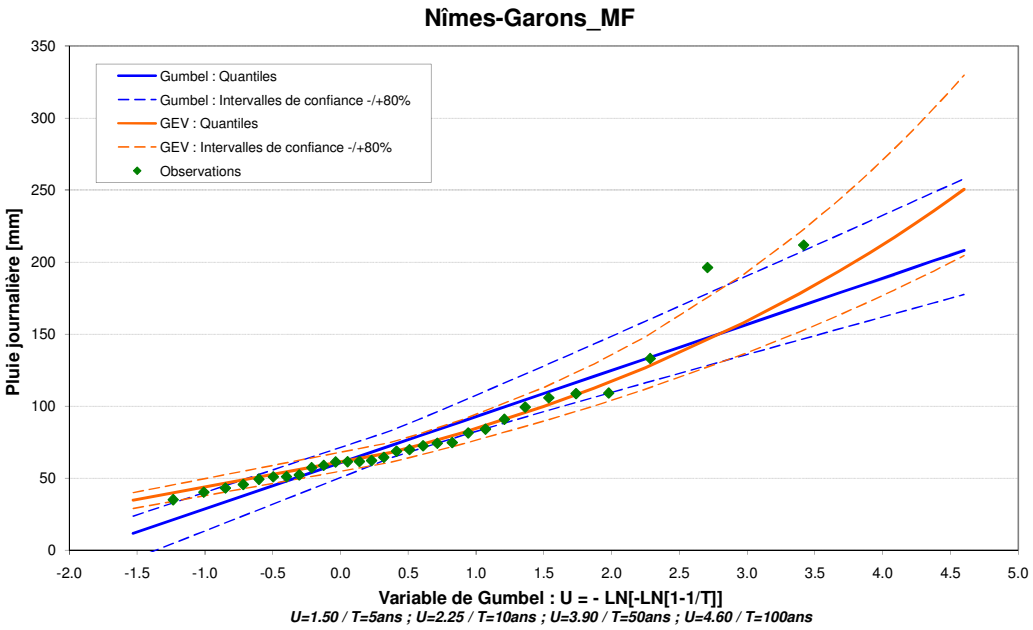
Les graphiques ci-après présentent les courbes d'ajustement des lois Gumbel et GEV et les intervalles de confiance à 80% pour les 11 postes Météo-France (calculs statistiques à partir des pluies journalières maximales annuelles sur la période 1978-2009).

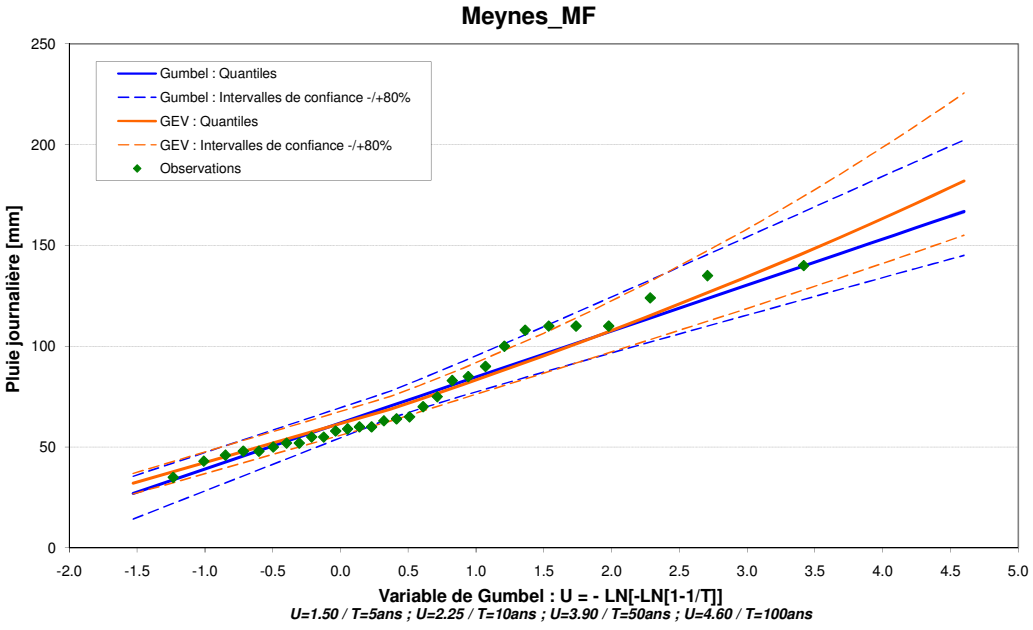


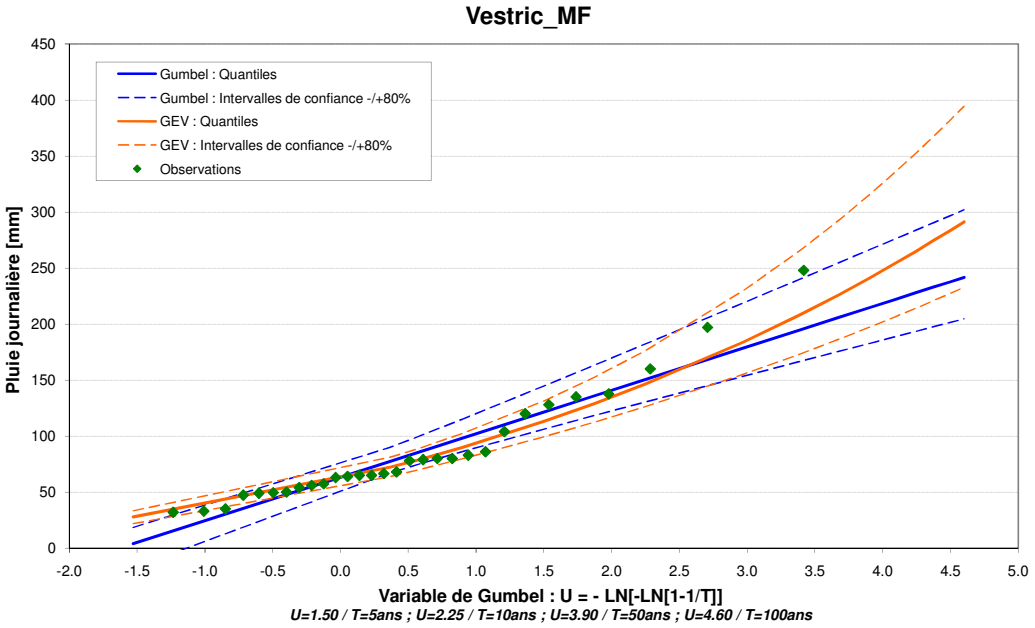


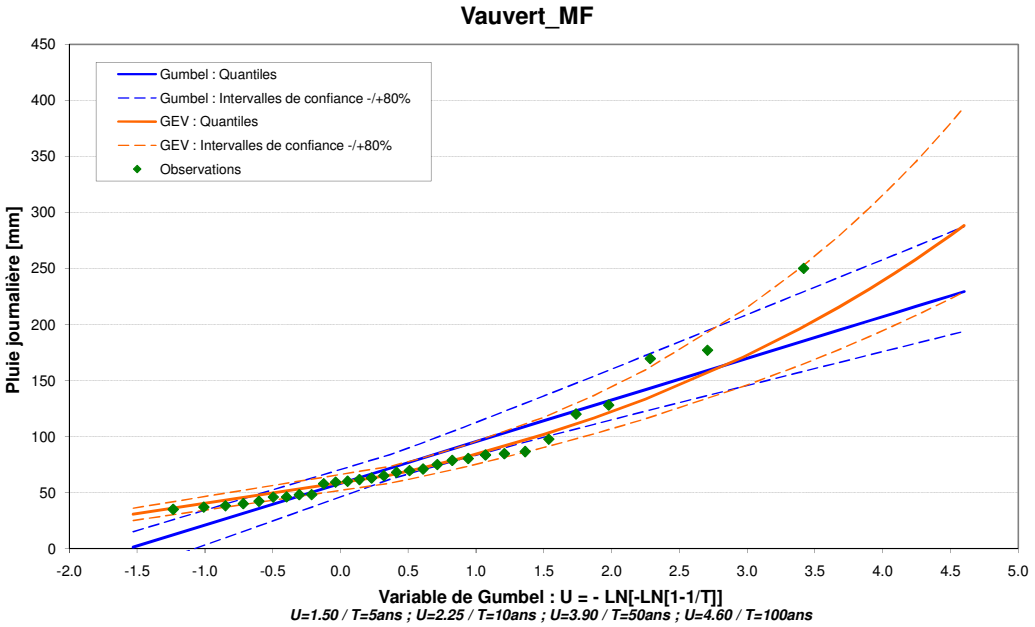

Générac_MF
Gumbel : Quantiles
Gumbel : Intervalles de confiance -/+80%
GEV : Quantiles
GEV : Intervalles de confiance -/+80%
Observations
Pluie journalière [mm]
Variable de Gumbel : U = - LN[-LN[1-1/T]]
U=1.50 / T=5ans ; U=2.25 / T=10ans ; U=3.90 / T=50ans ; U=4.60 / T=100ans

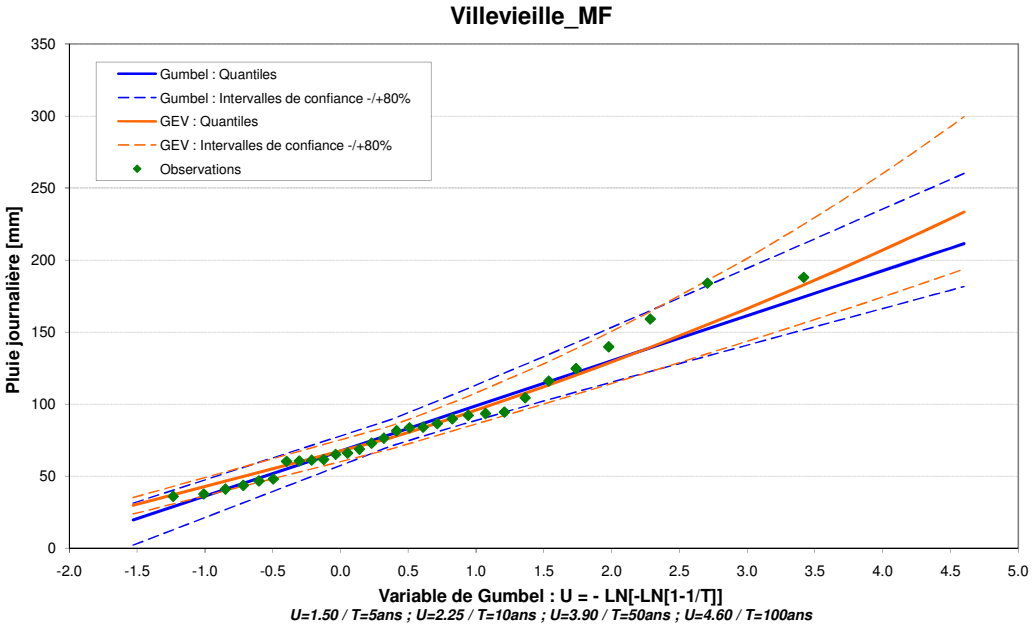

St-Gilles-Asport_MF
Gumbel : Quantiles
Gumbel : Intervalles de confiance -/+80%
GEV : Quantiles
GEV : Intervalles de confiance -/+80%
Observations
Pluie journalière [mm]
Variable de Gumbel : U = - LN[-LN[1-1/T]]
U=1.50 / T=5ans ; U=2.25 / T=10ans ; U=3.90 / T=50ans ; U=4.60 / T=100ans

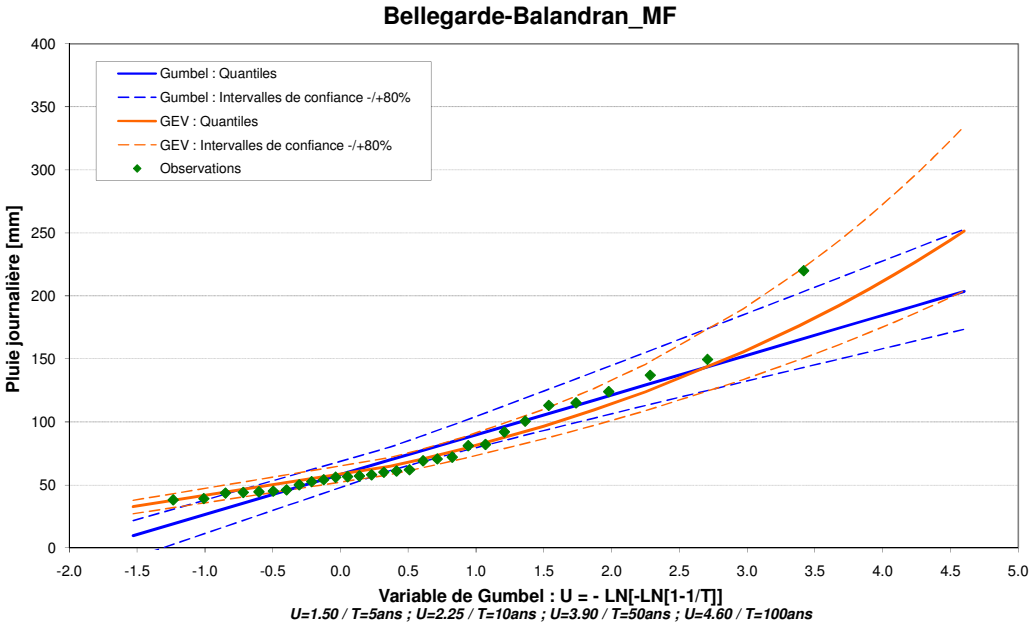

Nîmes-Garons_MF
Gumbel : Quantiles
Gumbel : Intervalles de confiance -/+80%
GEV : Quantiles
GEV : Intervalles de confiance -/+80%
Observations
Pluie journalière [mm]
Variable de Gumbel : U = - LN[-LN[1-1/T]]
U=1.50 / T=5ans ; U=2.25 / T=10ans ; U=3.90 / T=50ans ; U=4.60 / T=100ans

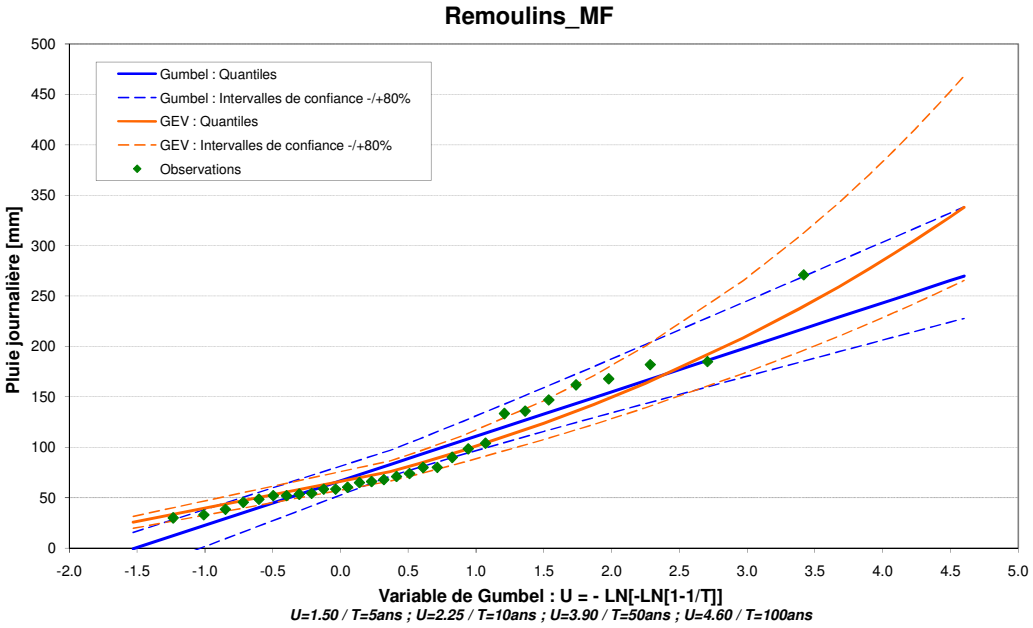

Meynes_MF
Gumbel : Quantiles
Gumbel : Intervalles de confiance -/+80%
GEV : Quantiles
GEV : Intervalles de confiance -/+80%
Observations
Pluie journalière [mm]
Variable de Gumbel : U = - LN[-LN[1-1/T]]
U=1.50 / T=5ans ; U=2.25 / T=10ans ; U=3.90 / T=50ans ; U=4.60 / T=100ans


Vestric_MF
Gumbel : Quantiles
Gumbel : Intervalles de confiance -/+80%
GEV : Quantiles
GEV : Intervalles de confiance -/+80%
Observations
Pluie journalière [mm]
Variable de Gumbel : U = - LN[-LN[1-1/T]]
U=1.50 / T=5ans ; U=2.25 / T=10ans ; U=3.90 / T=50ans ; U=4.60 / T=100ans


Vauvert_MF
Gumbel : Quantiles
Gumbel : Intervalles de confiance -/+80%
GEV : Quantiles
GEV : Intervalles de confiance -/+80%
Observations
Pluie journalière [mm]
Variable de Gumbel : U = - LN[-LN[1-1/T]]
U=1.50 / T=5ans ; U=2.25 / T=10ans ; U=3.90 / T=50ans ; U=4.60 / T=100ans


Villevieille_MF
Gumbel : Quantiles
Gumbel : Intervalles de confiance -/+80%
GEV : Quantiles
GEV : Intervalles de confiance -/+80%
Observations
Pluie journalière [mm]
Variable de Gumbel : U = - LN[-LN[1-1/T]]
U=1.50 / T=5ans ; U=2.25 / T=10ans ; U=3.90 / T=50ans ; U=4.60 / T=100ans


Bellegarde-Balandran_MF
Gumbel : Quantiles
Gumbel : Intervalles de confiance -/+80%
GEV : Quantiles
GEV : Intervalles de confiance -/+80%
Observations
Pluie journalière [mm]
Variable de Gumbel : U = - LN[-LN[1-1/T]]
U=1.50 / T=5ans ; U=2.25 / T=10ans ; U=3.90 / T=50ans ; U=4.60 / T=100ans



Au vu des graphiques précédents, on constate que :

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

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

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

T = 10 ans

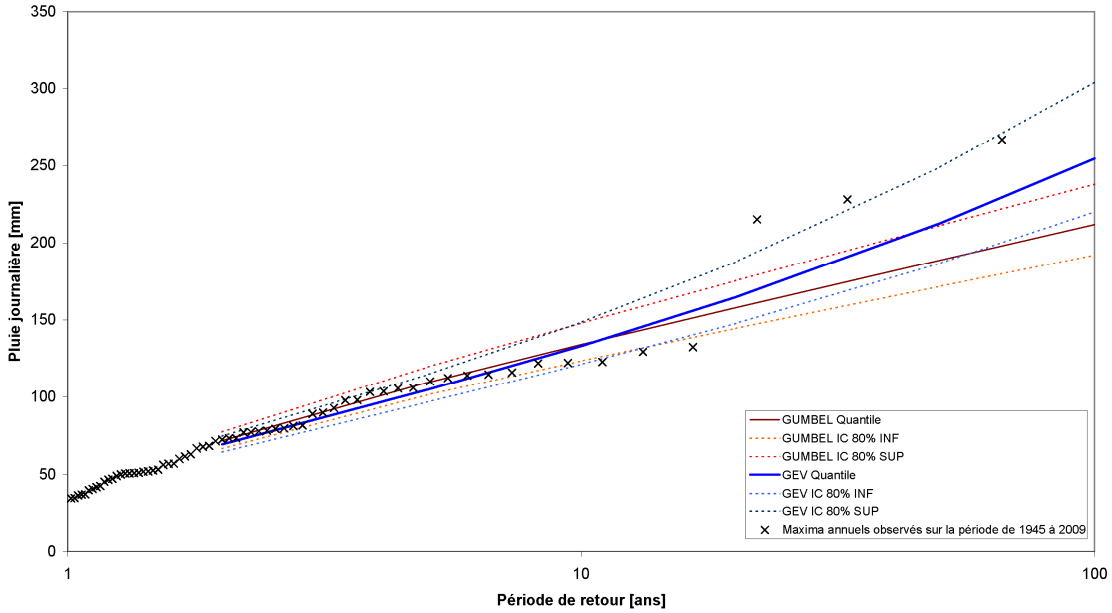
Gumbel	IC-80%	IC+80%
Nîmes-Courbessac_MF	-15%	29%
Nîmes-Ponge_MF	-15%	28%
Générac_MF	-15%	29%
St-Gilles-Asport_MF	-15%	27%
Nîmes-Garons_MF	-14%	27%
Meynes_MF	-12%	23%
Vestric_MF	-15%	28%
Villevieille_MF	-13%	26%
Vauvert_MF	-16%	29%
Bellegarde-Balandran_MF	-14%	27%
Remoulins_MF	-16%	29%
Moyenne	**-15%**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

T = 100 ans

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

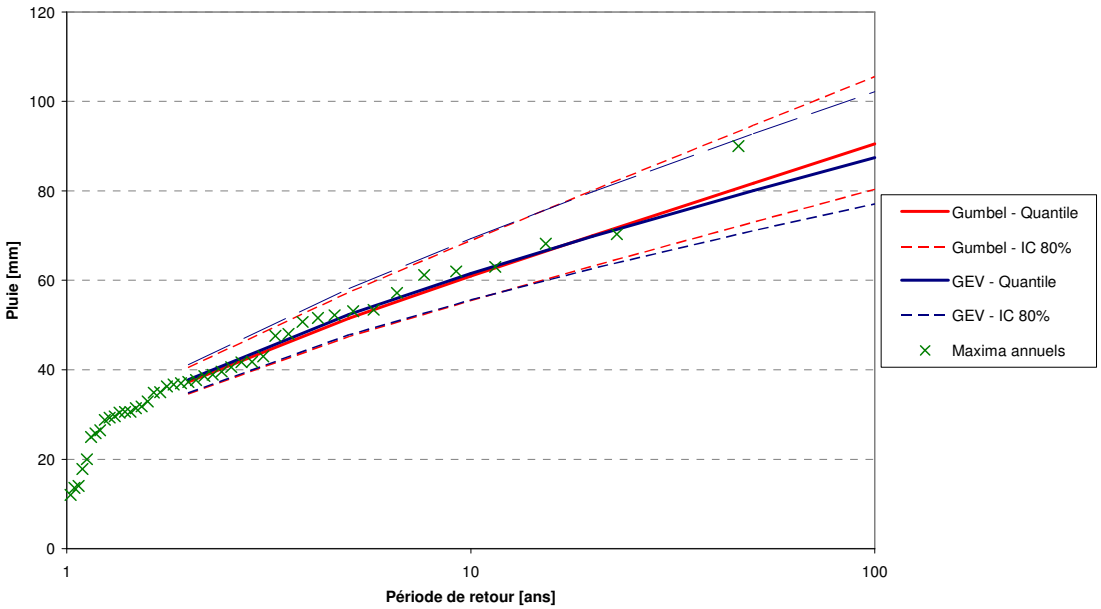
Les graphiques ci-après présentent les courbes d'ajustement des lois Gumbel et GEV et les intervalles de confiance à 80% pour le poste Météo-France de Nîmes-Courbessac (calculs statistiques à partir des pluies maximales journalières annuelles sur la période 1945-2009).

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

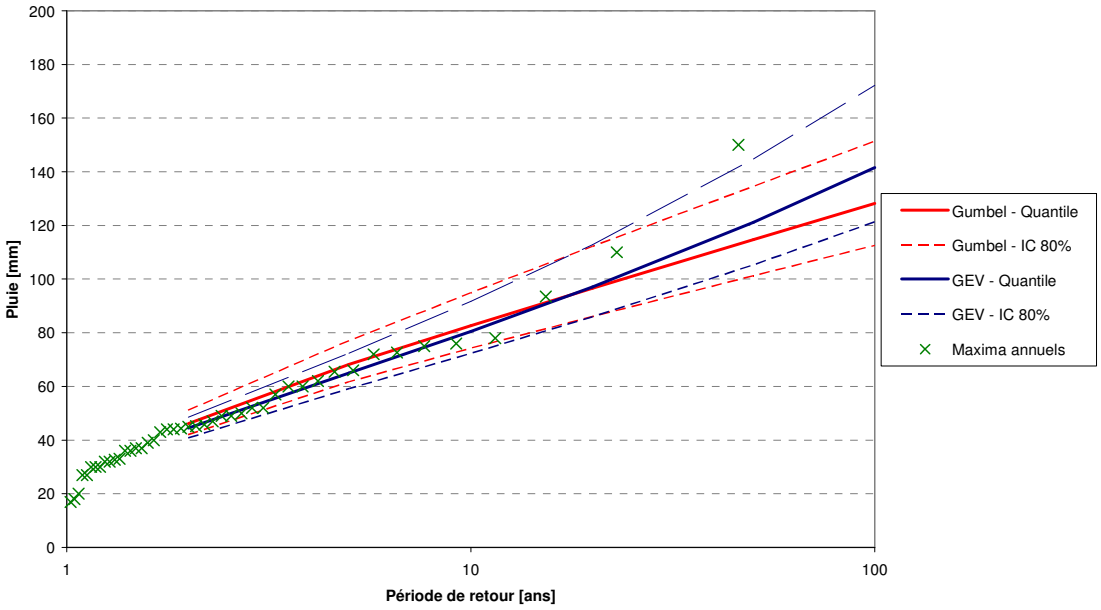


Les graphiques ci-après présentent les courbes d'ajustement des lois Gumbel et GEV et les intervalles de confiance à 80% pour le poste Météo-France de Nîmes-Courbessac (calculs statistiques à partir des pluies maximales en 1, 2, 3, 6, 12 et 24 heures annuelles sur la période 1964-2009).

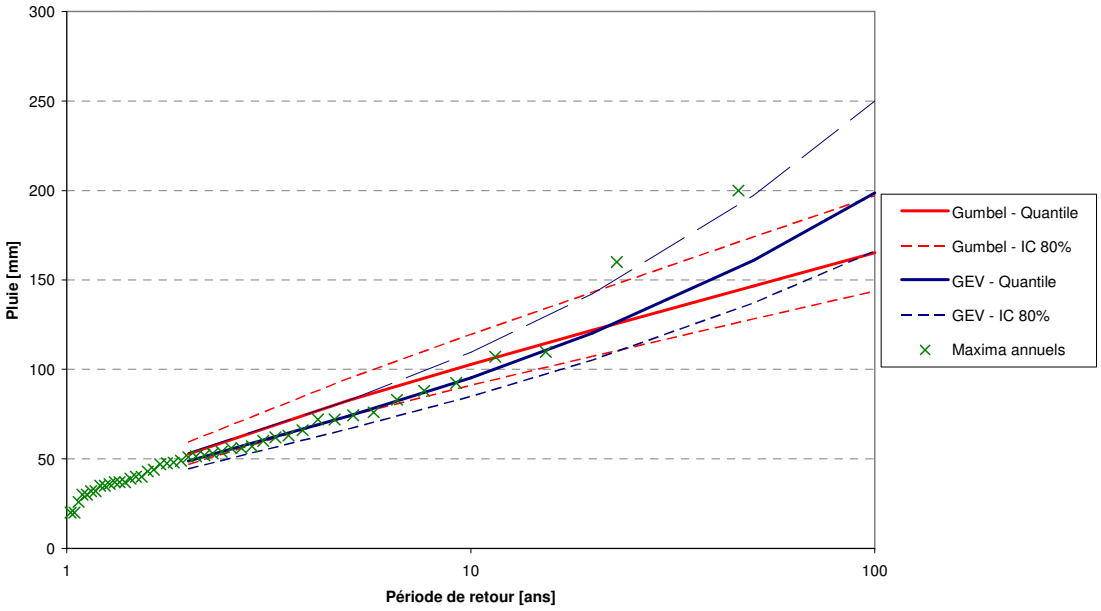
Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies en 1 heure à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008) avec intervalles de confiance à 80%.



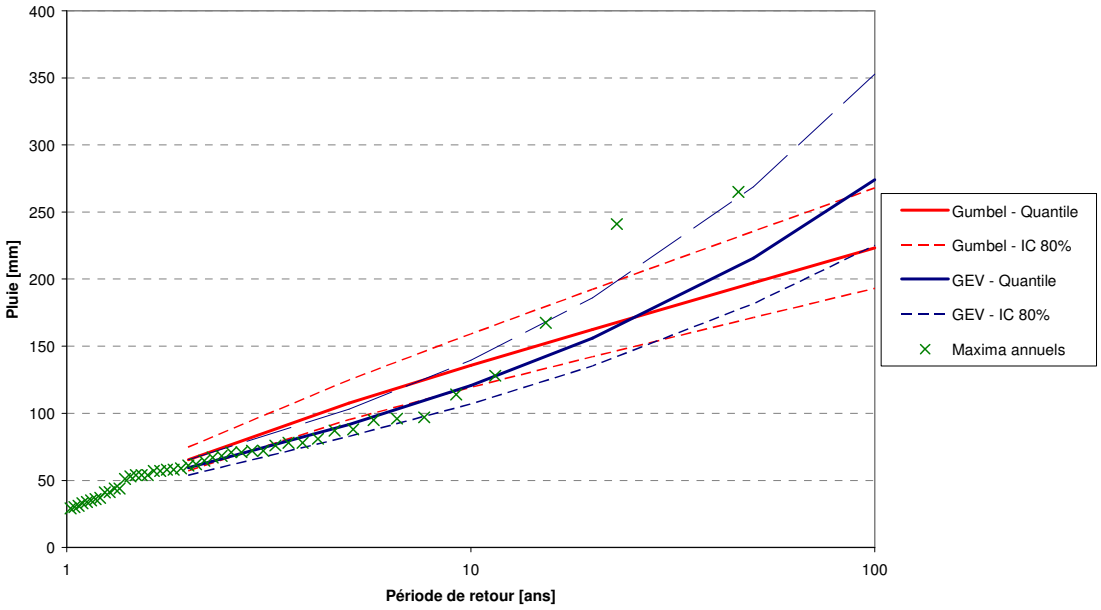
Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies en 2 heures à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008) avec intervalles de confiance à 80%.



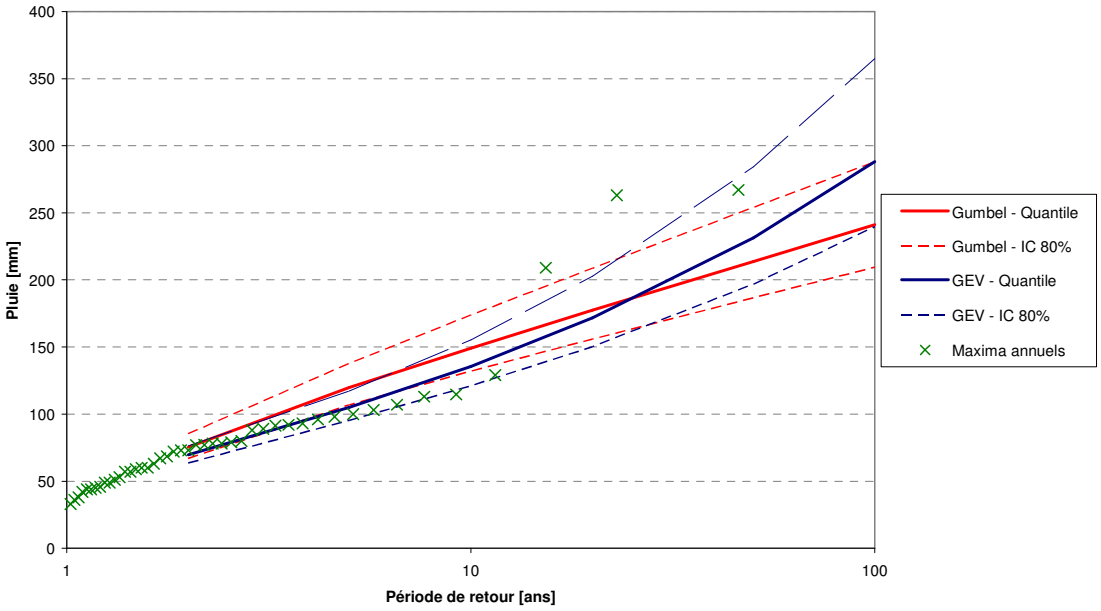
Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies en 3 heures à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008) avec intervalles de confiance à 80%.



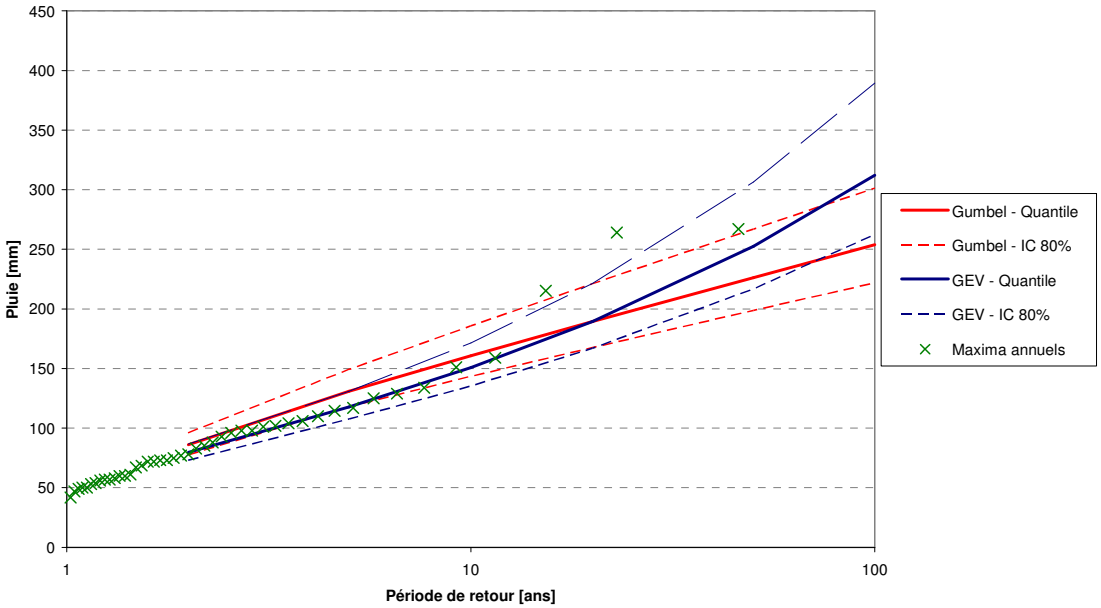
Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies en 6 heures à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008) avec intervalles de confiance à 80%.

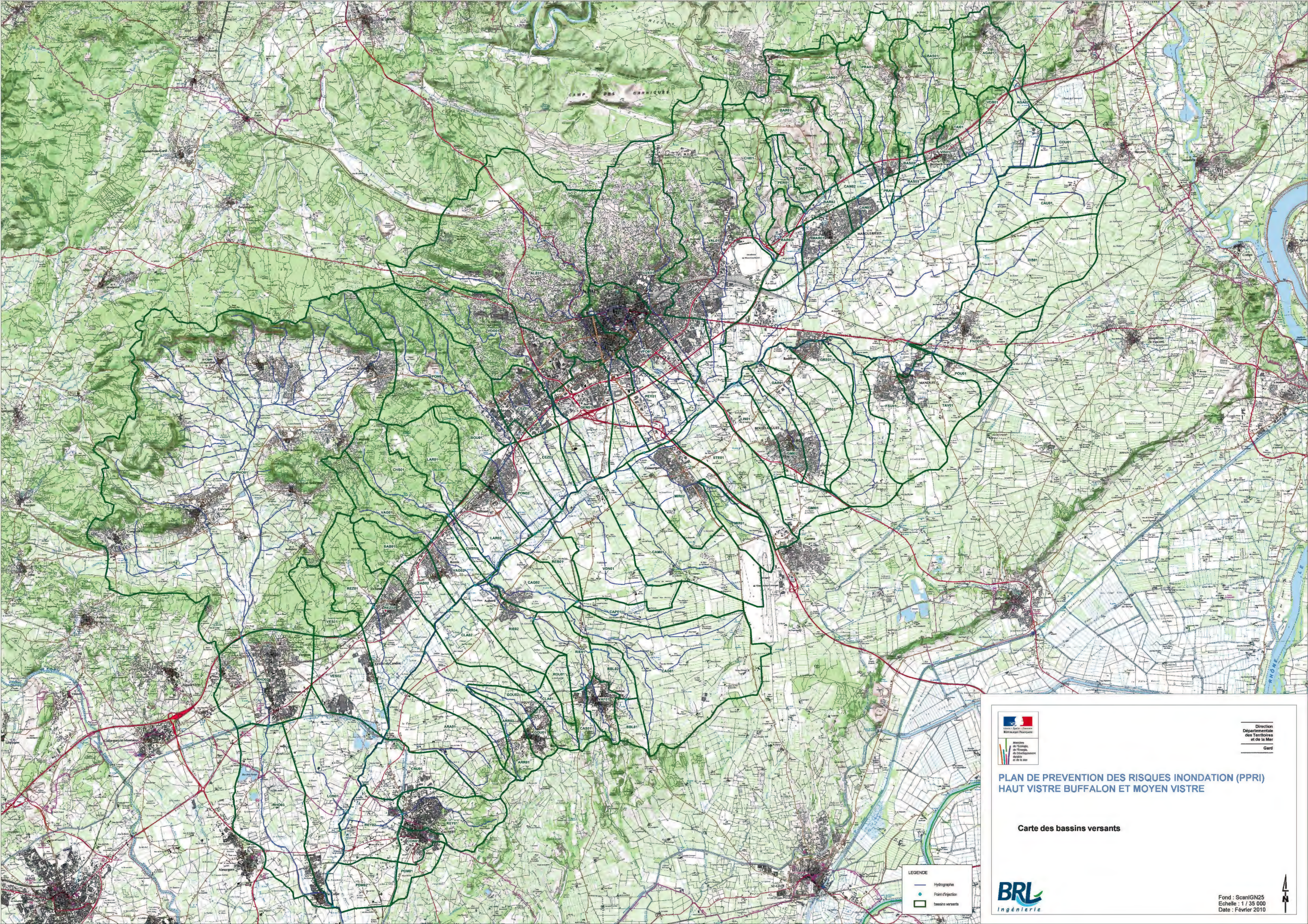


Ajustements graphiques des maxima annuels de pluies en 12 heures à la station Météo-France de Nîmes-Courbessac (1964-2008) avec intervalles de confiance à 80%.



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




CAMP DES GARRIGUES
Aimargues
Vauvert
Saint-Gilles
Beaucaire
Bellegarde
Jonquières-Saint-Vincent
Meynes
Montfrin
Générac
Redessan
Manduel
Caissargues
Milhaud
Bernis
Aubord
Caveirac
Calvisson
Cabrières
Lédignan
Lézan
Sainte-Anastasie
Vergèze
Codognan
Gallargues-le-Montueux
Le Cailar
Aigues-Mortes
Le Grau-du-Roi
Le Vigan
Ganges
Sumène
Alès
Nîmes
Arles
Tarascon
Saint-Rémy-de-Provence
Avignon
Pont du Gard
Remoulins
Uzès
Lussan
Barjac
Saint-Ambroix
Bessèges
Saint-Hippolyte-du-Fort
Sommières
Quissac
Le Vigan
Lasalle
Saint-Jean-du-Gard
Anduze
Saint-Christol-lès-Alès
Rousson
Molières-sur-Cèze
Saint-Chaptes
Vézénobres
Saint-Mamert-du-Gard
Saint-Dionisy
Saint-Bauzille-de-Putois
Saint-Martin-de-Valgalgues
Saint-Privat-des-Vieux
Saint-Hilaire-de-Brethmas
Saint-Jean-de-Crieulon
Saint-Julien-les-Rosiers
Saint-Nazaire-des-Gardies
Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille
Saint-Théodorit
Saint-Victor-la-Coste
Saint-Laurent-des-Arbres
Saint-Geniès-de-Malgoirès
Saint-Gervasy
Saint-Bonnet-du-Gard
Saint-Paulet-de-Caisson
Saint-Quentin-la-Poterie
Saint-Siffret
Saint-Étienne-des-Sorts
Saint-Alexandre
Saint-Just-et-Vacquières
Saint-Nicolas-de-Campagnac
Saint-Roman-de-Codières
Saint-Roman-de-Malegarde
Saint-Sauveur-Camprieu

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

DIRECTION DEPARTEMENTALE DES TERRITOIRES ET DE LA MER DU GARD

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

Phase 2 : étude des aléas

Janvier 2013

4962_ph2_pg

BRL Ingénierie

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

Phase 2 : Etude des aléas

1. TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES 3

2. MODELISATIONS 3

2.1 Influence des ouvrages « particuliers » 4

2.1.1 Bassins de rétention 4

2.1.2 Infrastructures en remblais 7

2.2 Analyse critique préalable des PHE 8

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

2.3 Les affluents 10

2.3.1 Description des modèles, résultats et commentaires 10

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

2.3.2 Intégration des résultats des modélisations des études existantes 41

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

2.4 Le modèle de la plaine du Vistre et du Buffalon 58

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

ANNEXE 95

Annexe 1 : résultats des modèles filaires des affluents 96

Annexe 2 : hydrogrammes d'apports injectés dans le modèle « plaine » 97

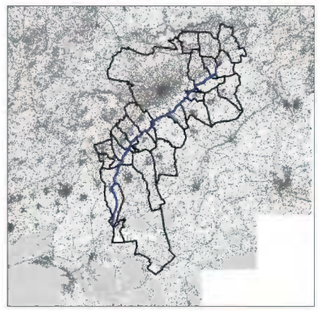
Emprise inondable
Bassin versant synoptique
Hydrographie synoptique
Lignes structurantes impactantes
Lignes structurantes
Transfert de débits
Ouvrages

Direction Départementale des Territoires
et de la Mer du Gard

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PLAN DE PRÉVENTION DU RISQUE INONDATION DU VISTRE

SYNOPTIQUE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DU BASSIN VERSANT DU VISTRE



Echelle : 1:40 000

0 0.8 1.6 km

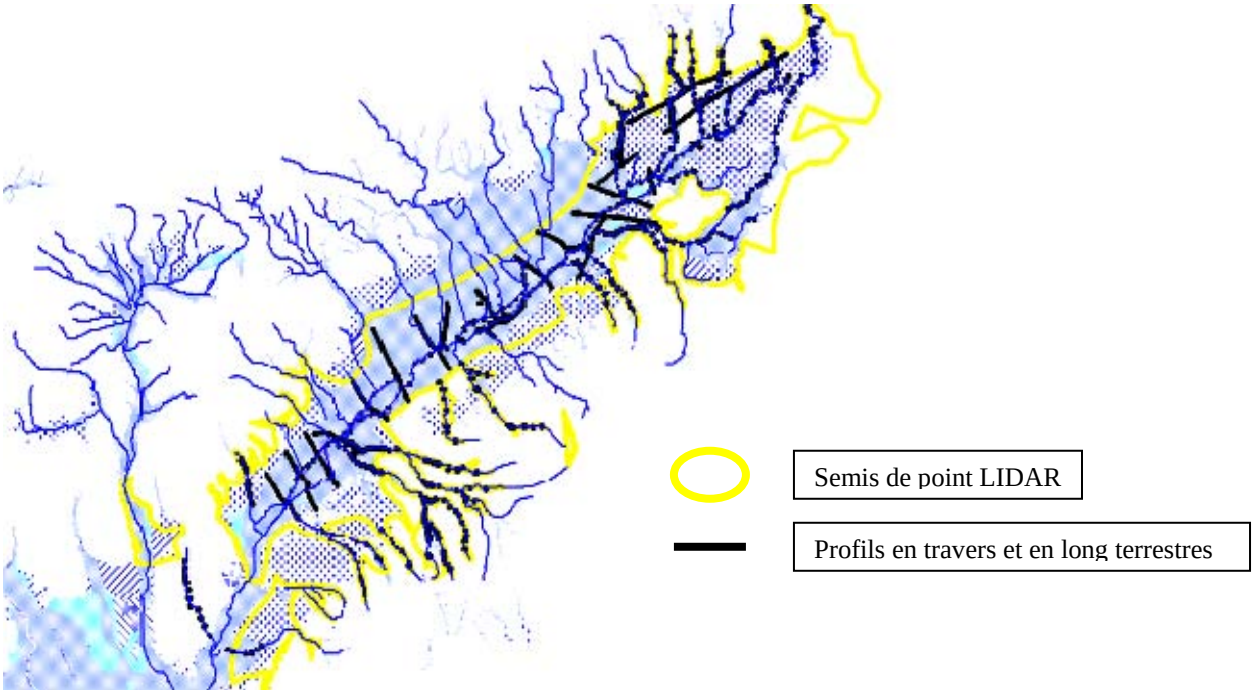
Octobre 2011

BRL ingénierie

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 km² de champ majeur des cours d'eau, avec une densité de points de 3 points par m² 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 Rhôny, 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 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 évènements 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 Pondre (communes concernées : Nîmes et Milhaud), dont le volume est très important (4,6 millions de m^3) 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 évènements 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 évènements 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 Roquemaillère	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 Bezouce 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) connues 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 Rhôny, le Vistre aval et le Razil lors de l'étude générale d'aménagement hydraulique du Vistre-Rhôny 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 évènements historiques les plus marquants pour chaque zone, identifiés en phase 1 :

	nombre de PHE recensés par crue			
	2005	1988	2002	2003
plaine amont	**9**	2	1	0
plaine centre	**95**	1	0	0
plaine aval	**31**	9	0	0
piémont Garrigues Est	**14**	9	6	0
piémont Garrigues Ouest	**32**	1	0	0
Haut Vistre	0	0	**7**	0
Rhôny	4	**13**	0	0
Costières	**42**	0	2	**9**

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-Bezouce 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.

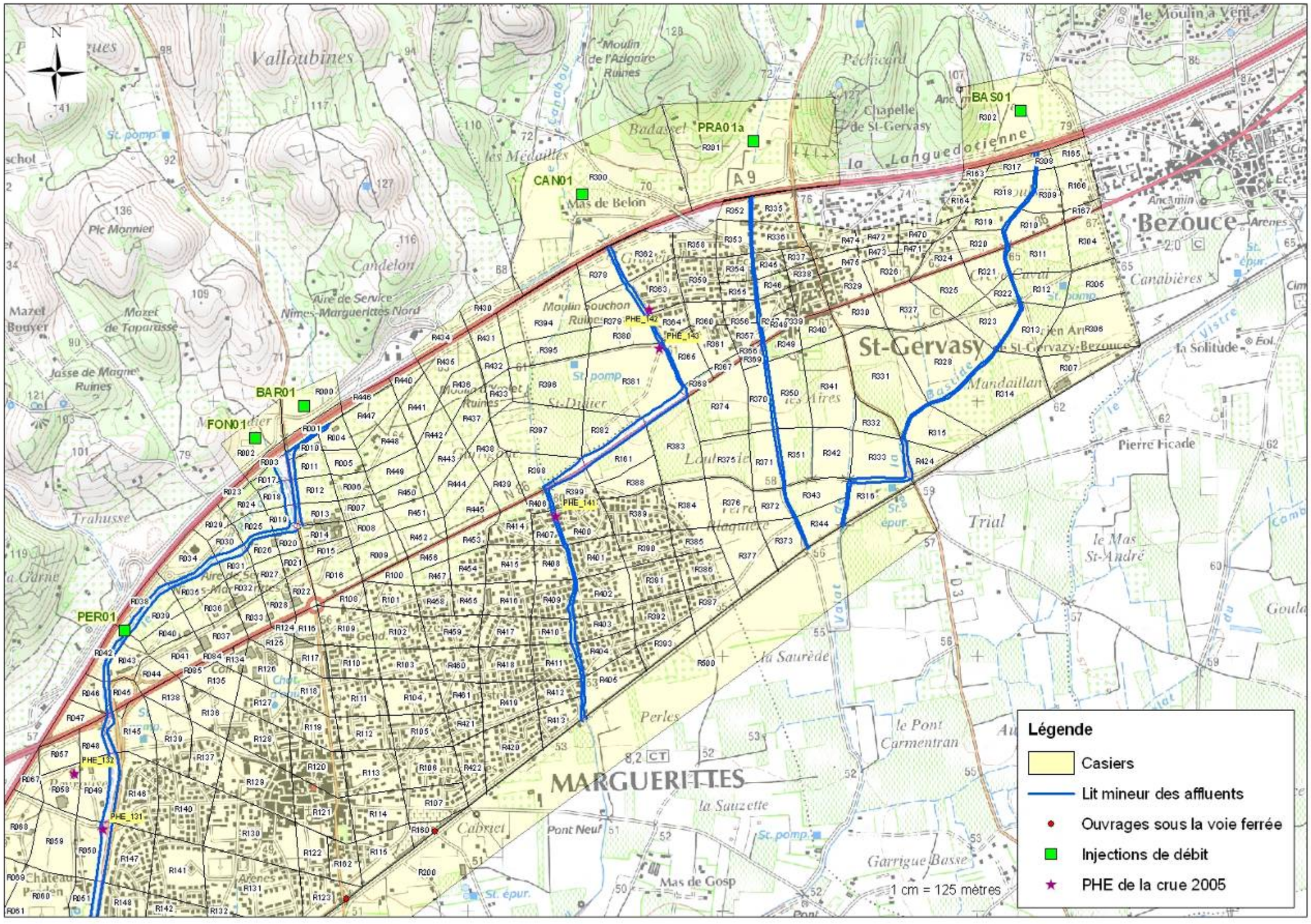
2.3.1.1 Le Bastide, le Pradinas, le Canabou, le Bartadet, le Serre de la Font, le Perret, le Chivalas

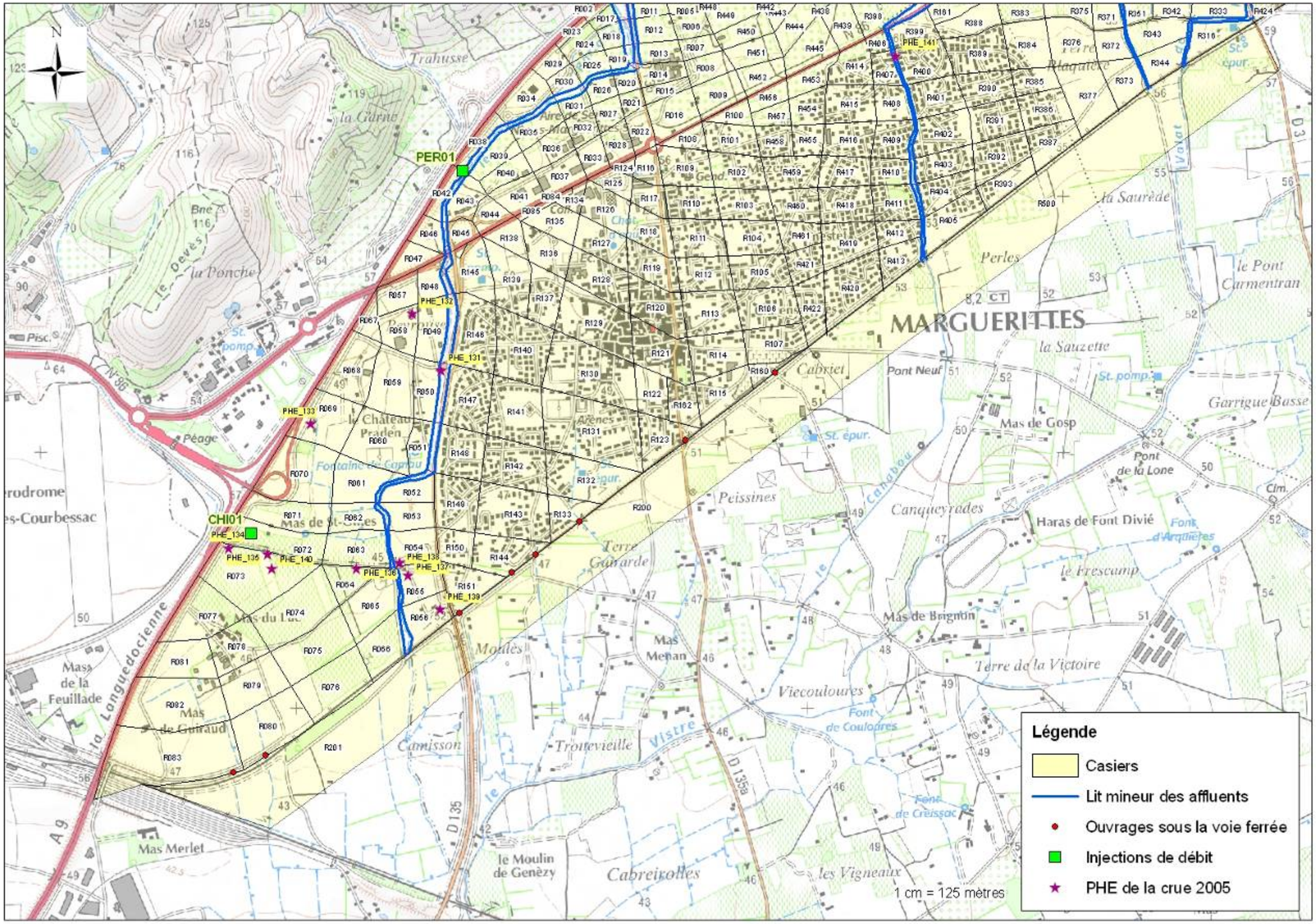
Les affluents en rive droite du Haut Vistre sur les communes de Bezouce, Saint-Gervasy et Marguerittes ont fait l'objet d'une modélisation pseudo-bidimensionnelle à casiers. En effet, sur les secteurs situés en aval de l'autoroute A9, la pente du lit majeur est transversale à celle du lit mineur, traduisant 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 servie pour le calage du modèle.


N
BAS01
PRA01a
CAN01
BAR01
FON01
PER01
PHE_142
PHE_143
PHE_141
PHE_132
PHE_131
Légende
Casiers
Lit mineur des affluents
Ouvrages sous la voie ferrée
Injections de débit
PHE de la crue 2005
1 cm = 125 mètres
MARGUERITTES
St-Gervasy
Bezouce
Mas de Belon
Mas de Gosp
Aire de Service Nimes-Marguerittes Nord
la Languedocienne
A 9

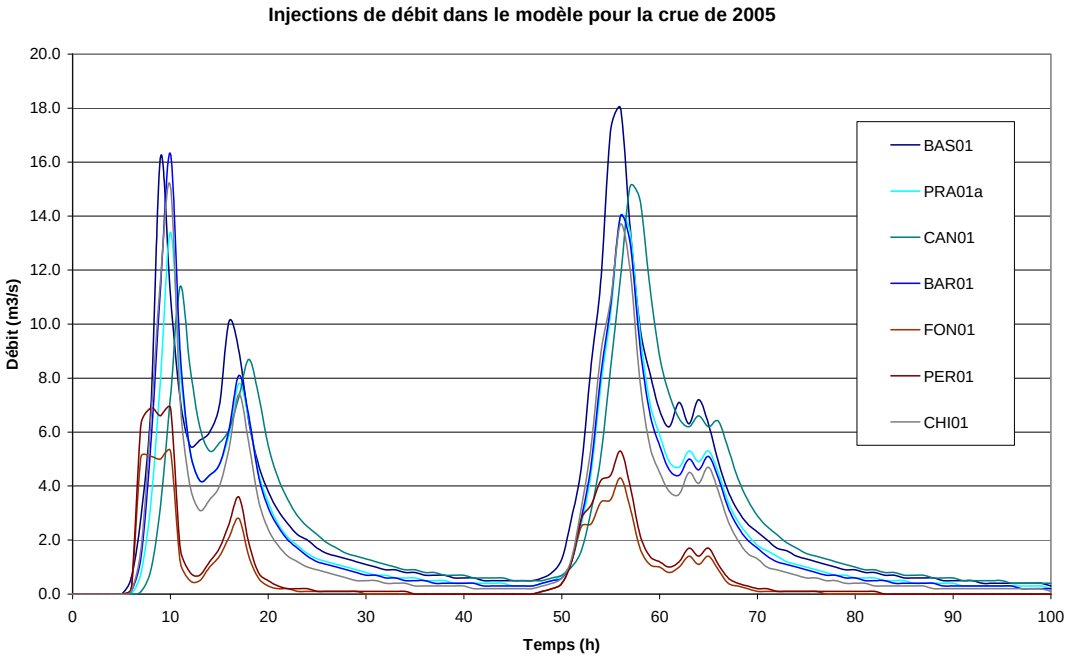

PER01
CHI01
PHE_131
PHE_132
PHE_133
PHE_134
PHE_135
PHE_136
PHE_137
PHE_138
PHE_139
PHE_140
PHE_141
MARGUERITTES
Légende
Casiers
Lit mineur des affluents
Ouvrages sous la voie ferrée
Injections de débit
PHE de la crue 2005
1 cm = 125 mètres

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^3/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'écrêter 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^3/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

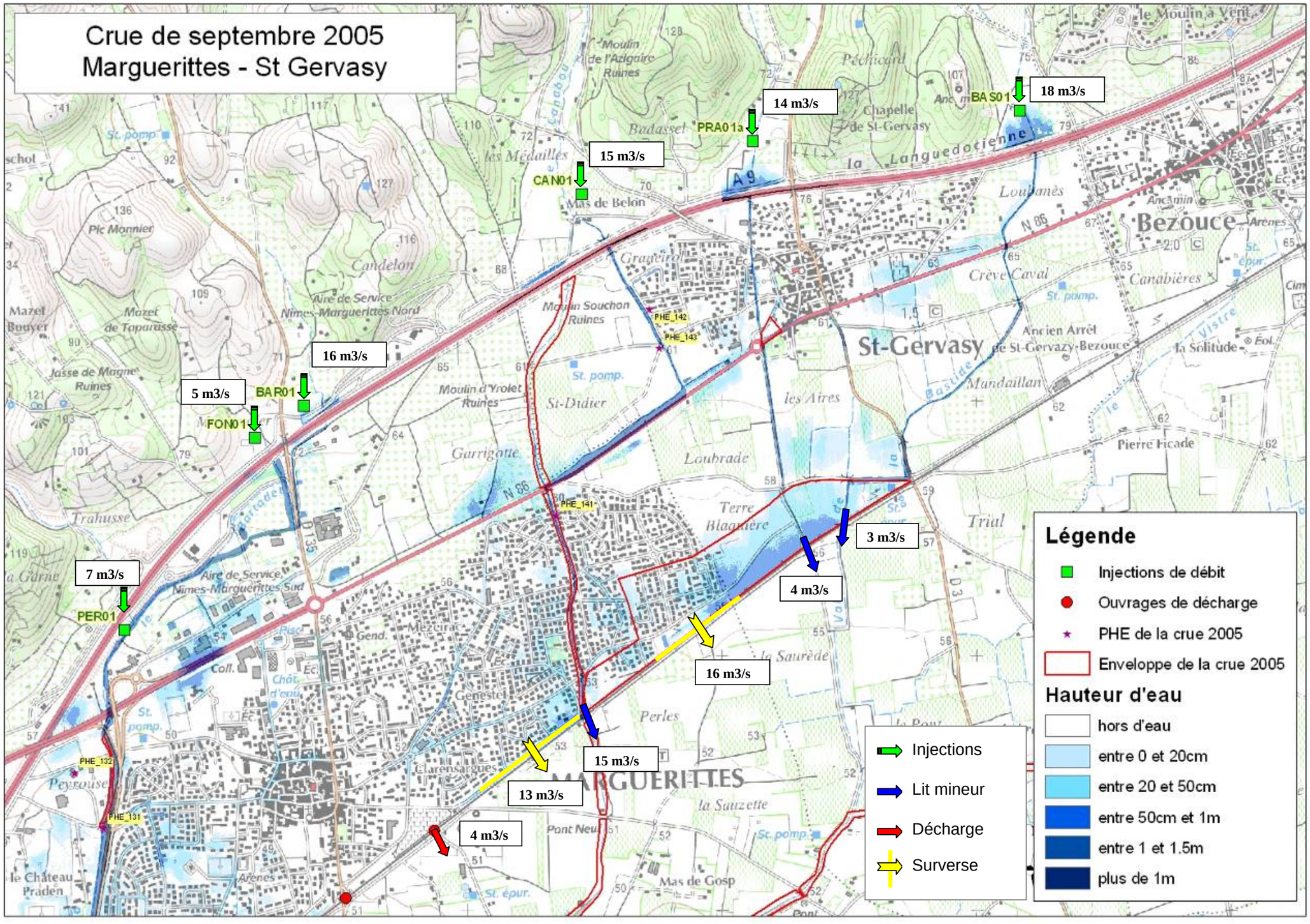
Au Sud des communes, en sortie du modèle, la voie ferrée en remblai se comporte également comme un obstacle aux écoulements. Des débordements par-dessus la voie ferrée ont lieu en différents endroits :

- 16 m^3/s déversent au niveau de Terre Blaquière, au droit des lotissements les plus à l'Est de Margueritte
- 13 m^3/s déversent par-dessus la voie ferrée en rive droite du Canabou,
- Un léger débordement de 2 m^3/s se produit en rive droite du Bartadet, dans le secteur de Mas de Guiraud.

A St Gervasy et à Margueritte, 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.

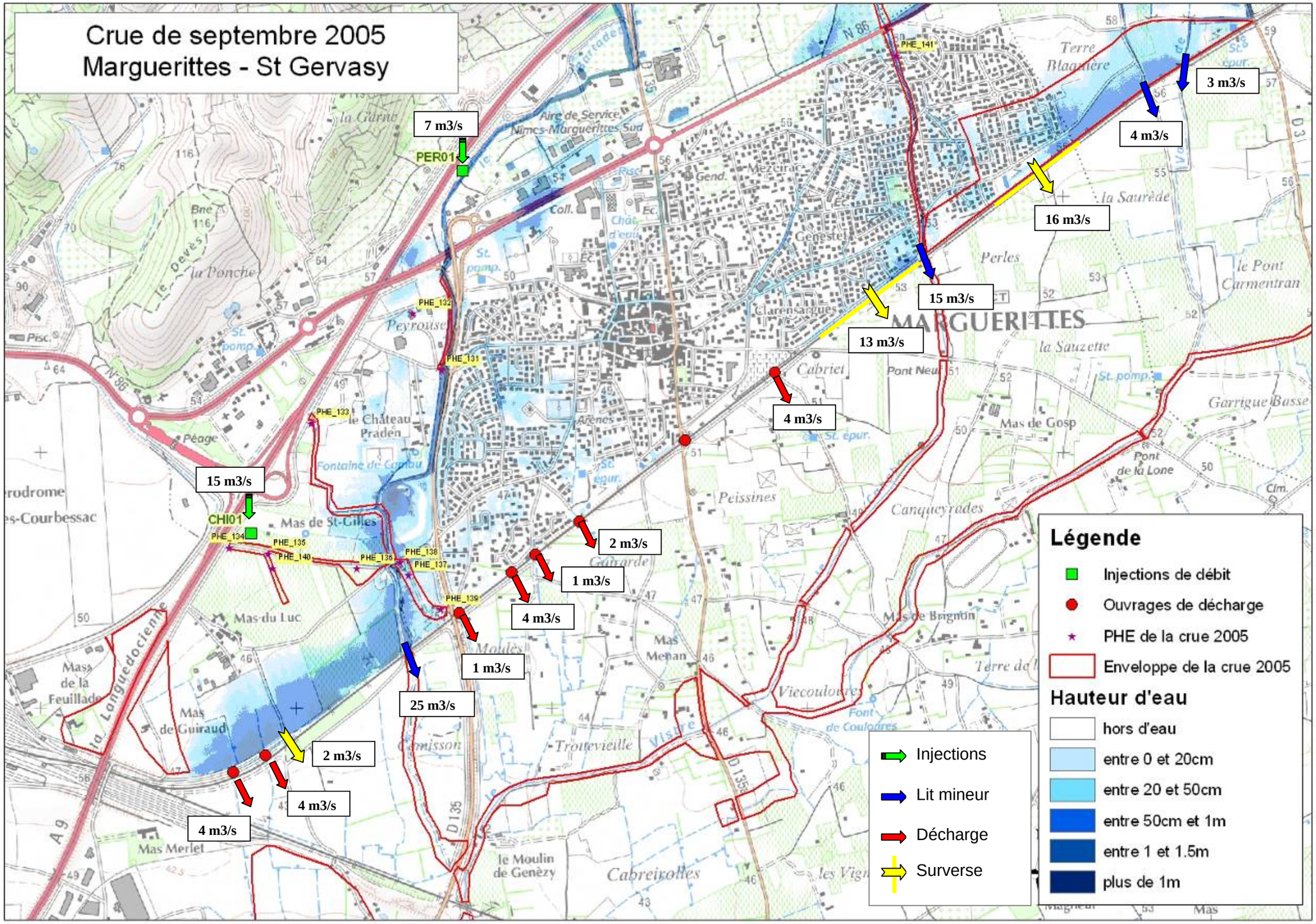
Au niveau de Terre Blaquière, au droit des lotissements à l'amont de la voie ferrée, à l'Est de Margueritte, on peut observer la bonne cohérence entre la zone inondable obtenue et l'enveloppe de la crue 2005 observée.

La zone d'activités au Nord de Margueritte 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.



p:\cornille\4962_p

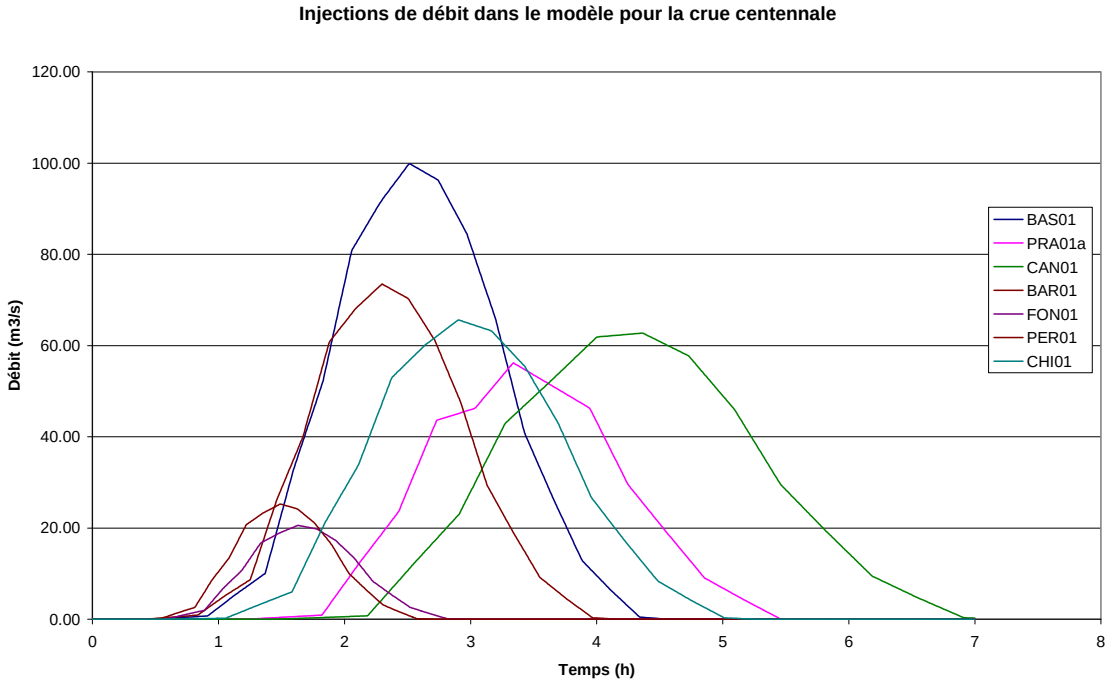
Ingénierie


Crue de septembre 2005
Marguerittes - St Gervasy
7 m3/s
PER01
15 m3/s
CHI01
3 m3/s
4 m3/s
16 m3/s
15 m3/s
13 m3/s
4 m3/s
2 m3/s
1 m3/s
4 m3/s
1 m3/s
25 m3/s
2 m3/s
4 m3/s
4 m3/s
PHE_131
PHE_132
PHE_133
PHE_134
PHE_135
PHE_136
PHE_137
PHE_138
PHE_139
PHE_140
PHE_141
MARGUERITTES
Légende
Injections de débit
Ouvrages de décharge
PHE de la crue 2005
Enveloppe de la crue 2005
Hauteur d'eau
hors d'eau
entre 0 et 20cm
entre 20 et 50cm
entre 50cm et 1m
entre 1 et 1.5m
plus de 1m
Injections
Lit mineur
Décharge
Surverse

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).



Nom de l'affluent	Nom de l'injection	Débit max (m^3/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 :

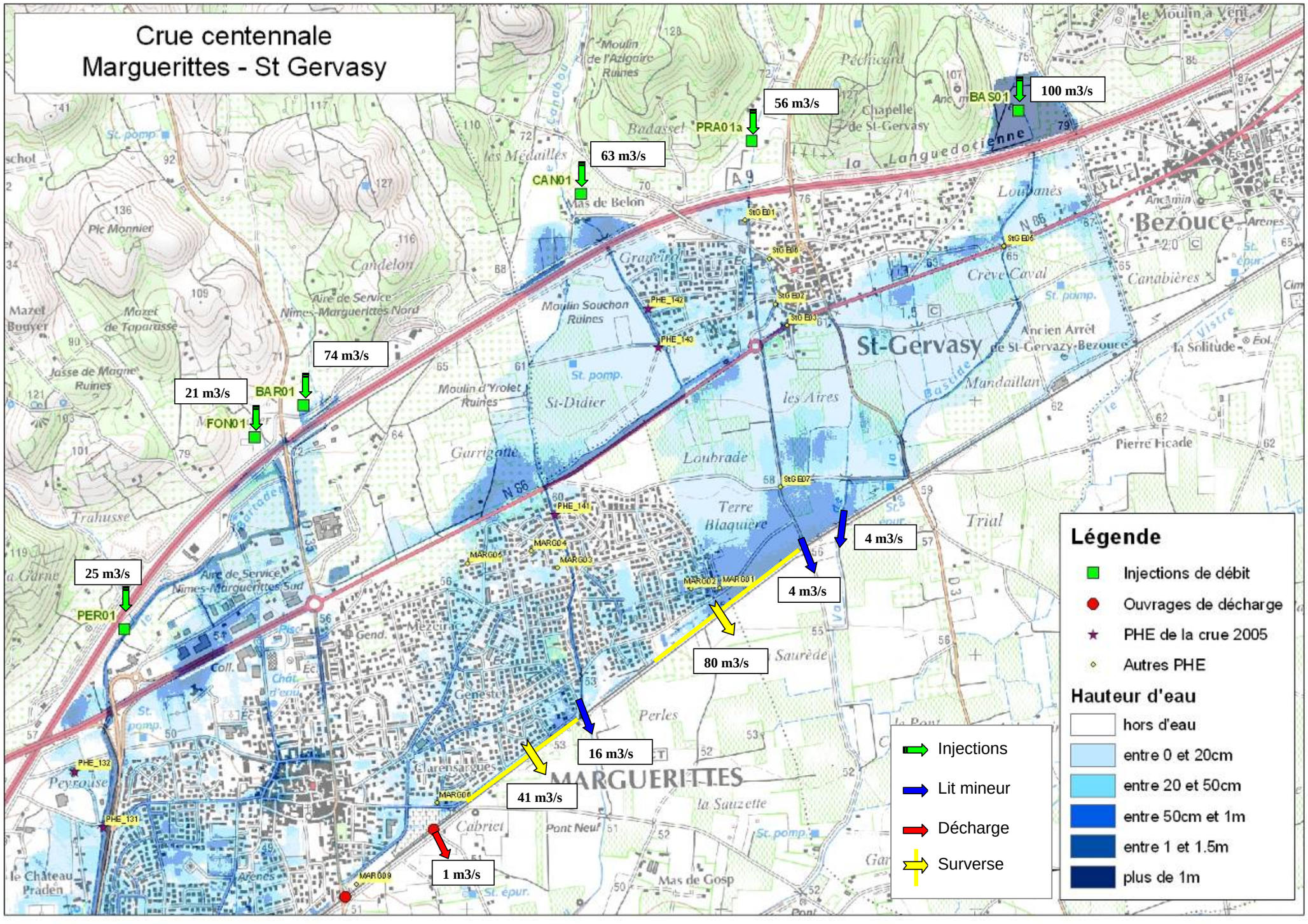
Nom de l'injection	Débit de pointe de l'hydrogramme injecté (m^3/s)	Débit qui transite dans le lit mineur par l'ouvrage sous l'A9	Débit qui déverse par-dessus l'A9
BAS01	100	61	0
PRA01a	56	5	51
CAN01	63	34	28
BAR01	74	6	68
FON01	21	1	20

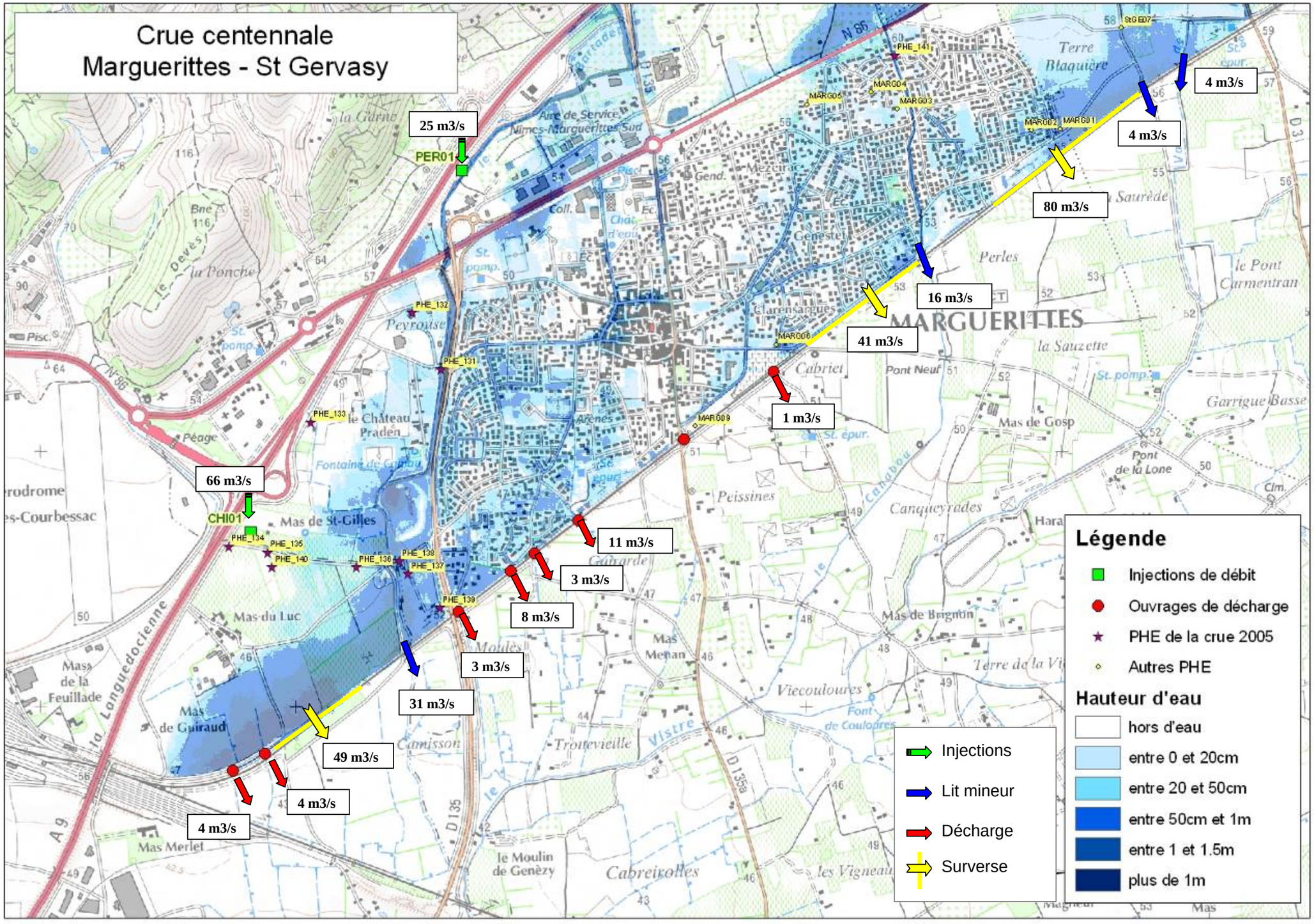
On peut noter que le Bastide est fortement écrêté par l'A9 car il n'y a aucun débordement par-dessus l'autoroute sur cette zone.

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, …).

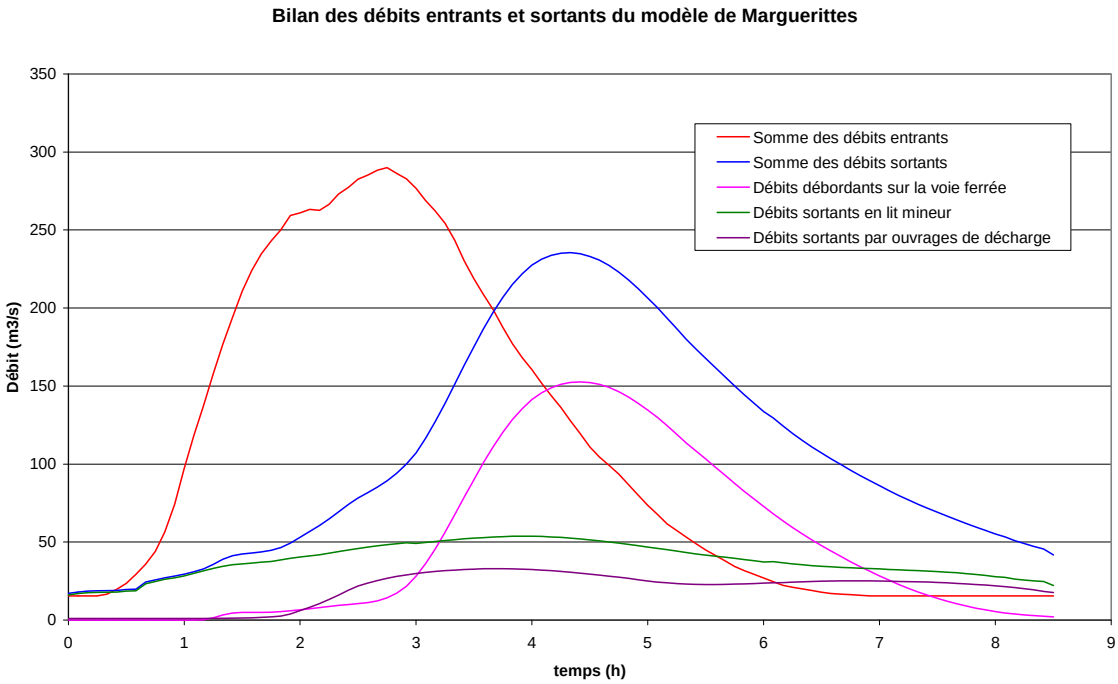
Les débordements à l'aval par-dessus la voie ferrée sont plus importants :

- 80 m^3/s déversent au niveau de Terre Blaquière,
- 41 m^3/s déversent en rive droite du Canabou
- 49 m^3/s déversent en rive droite du Bartadet.


Crue centennale
Marguerittes - St Gervasy
56 m3/s
100 m3/s
63 m3/s
74 m3/s
21 m3/s
25 m3/s
4 m3/s
4 m3/s
80 m3/s
16 m3/s
41 m3/s
1 m3/s
PRA01a
BAS01
CAN01
BAR01
FON01
PER01
MARGUERITTES
St-Gervasy
Bezouce
Légende
Injections de débit
Ouvrages de décharge
PHE de la crue 2005
Autres PHE
Hauteur d'eau
hors d'eau
entre 0 et 20cm
entre 20 et 50cm
entre 50cm et 1m
entre 1 et 1.5m
plus de 1m
Injections
Lit mineur
Décharge
Surverse


Crue centennale
Marguerittes - St Gervasy
25 m3/s
PER01
66 m3/s
CHI01
4 m3/s
4 m3/s
80 m3/s
16 m3/s
41 m3/s
1 m3/s
11 m3/s
3 m3/s
8 m3/s
3 m3/s
31 m3/s
49 m3/s
4 m3/s
4 m3/s
MARGUERITTES
Légende
Injections de débit
Ouvrages de décharge
PHE de la crue 2005
Autres PHE
Hauteur d'eau
hors d'eau
entre 0 et 20cm
entre 20 et 50cm
entre 50cm et 1m
entre 1 et 1.5m
plus de 1m
Injections
Lit mineur
Décharge
Surverse

Analyse de l'amortissement de la crue centennale entre l'A9 et la voie ferrée



L'analyse des débits donne la répartition suivante :

Débit calculé	**Q (m^3/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^3/s en sortie du centre urbain et 34 m^3/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

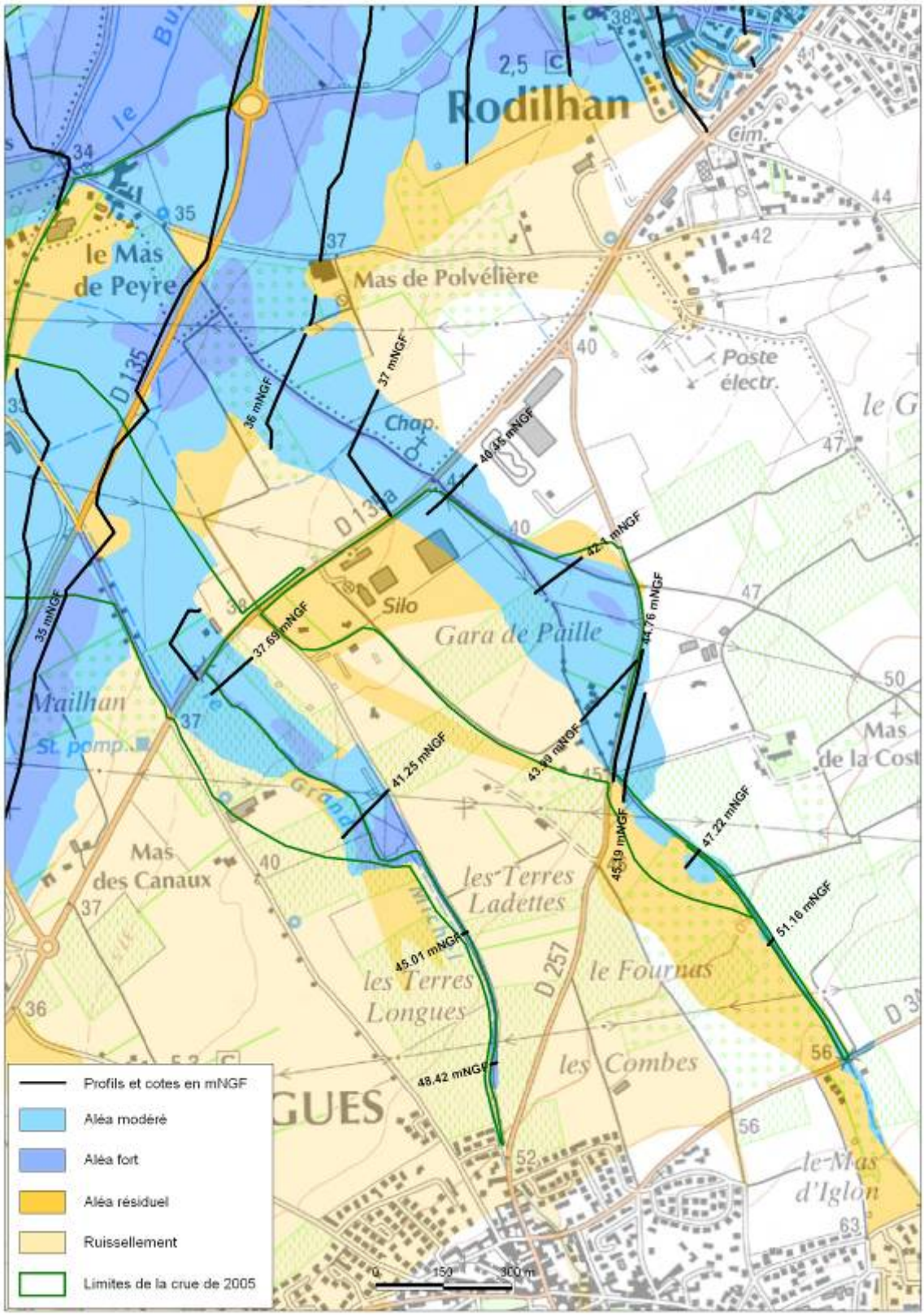
Le modèle filaire du Grand Michel (affluent en rive gauche du Vistre) s'étend sur la commune de Bouillargues depuis 150 m en amont de la RD257 jusqu'au CD135 (limite modèle « plaine »), soit un linéaire d'environ 1300 m.

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 m3/s en sortie du centre urbain et 36 m^3/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.


Rodilhan
le Mas de Peyre
Mas de Polvélière
Poste électr.
Chap.
Silo
Gara de Paille
Mailhan
St. pomp.
Mas des Canaux
les Terres Ladettes
les Terres Longues
le Fournas
les Combes
le Mas d'Iglon
D 135
D 257
37 mNGF
36 mNGF
40.45 mNGF
42.1 mNGF
44.76 mNGF
35 mNGF
37.69 mNGF
43.49 mNGF
41.25 mNGF
45.19 mNGF
47.22 mNGF
51.16 mNGF
45.01 mNGF
48.42 mNGF
Profils et cotes en mNGF
Aléa modéré
Aléa fort
Aléa résiduel
Ruissellement
Limites de la crue de 2005
0
150
300 m

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 m3/s au niveau du Parc de Saint-Cloud, 43 m3/s au droit du canal de Campagne et 59 m3/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.

Caissargues
Mas de Nages
Mas Mourier
la Grand Grève
la Grand Vigne
Mas de Molines
le Château Barnier
Bois de Barnier
Mas de Goubin
le Raireplan
Mas de Paran
la Méjanelle
Mas Devèze
Mas Davon
Mas de Valdebane
le Parc de St-Cloud
la Tuilerie
Mas Bois Fontaine
Plaine de Gafarel
Mas Bel Air
Plaine des Russes
Mas Bosquet
49.98 mNGF
61.64 mNGF
63.1 mNGF
65.45 mNGF
69.58 mNGF
71.98 mNGF
76.06 mNGF
80.38 mNGF
0 à 0.2 m
0.2 à 0.5 m
0.5 à 1 m
plus de 1 m
S_INON
S_INOP
0 200 400 m

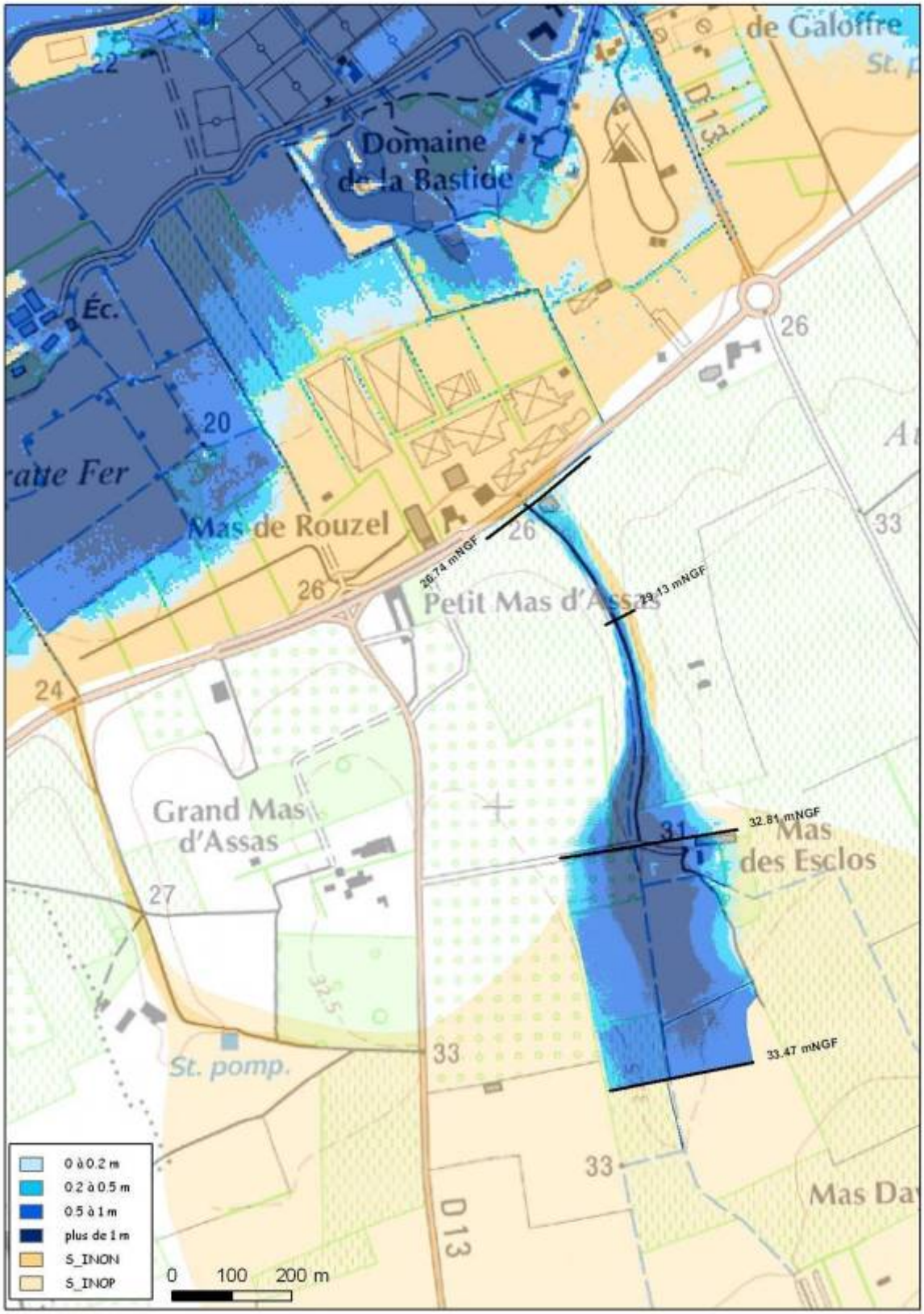
2.3.1.5 Le Valdebane

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^3/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.

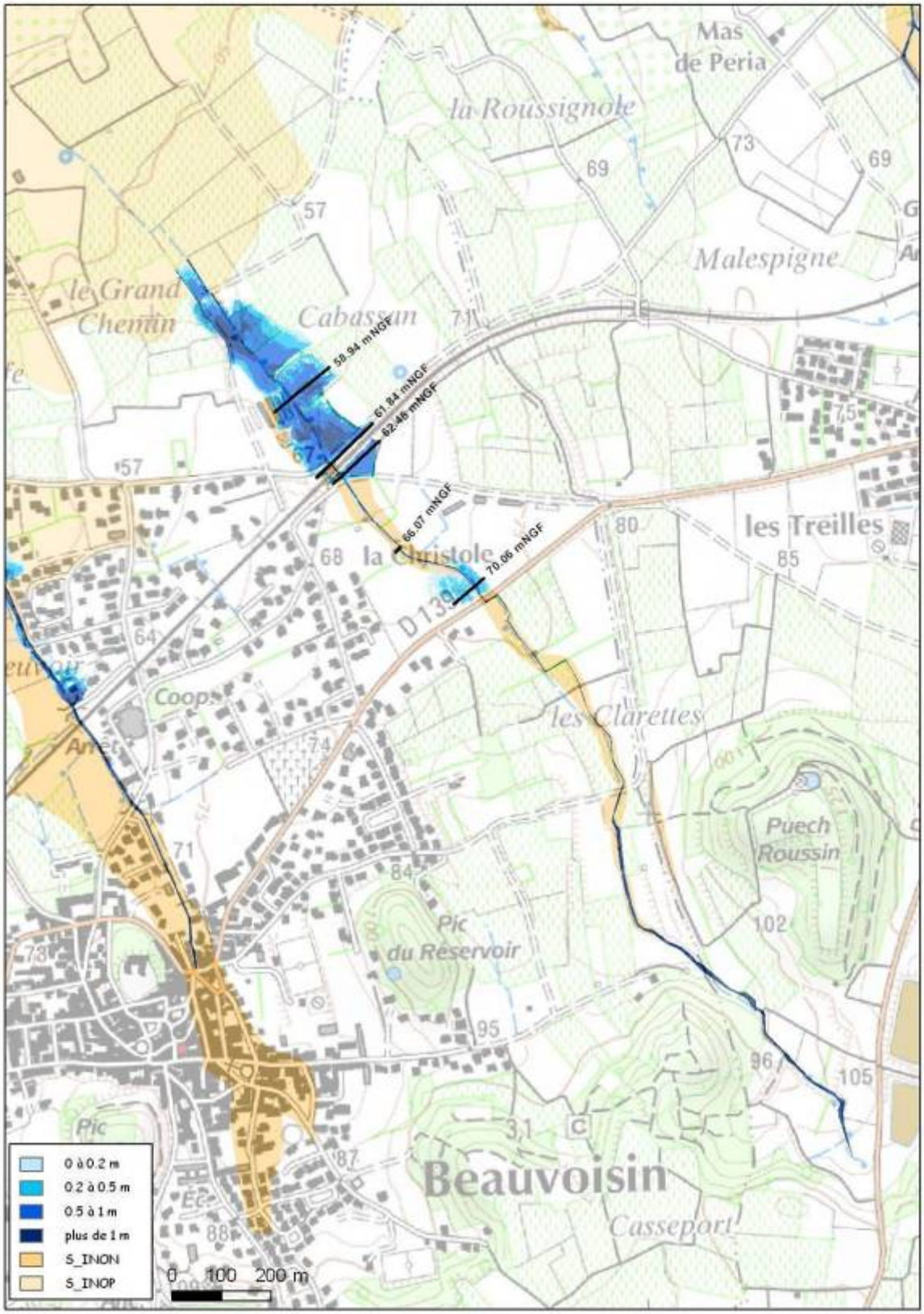

Domaine de la Bastide
Mas de Rouzel
Petit Mas d'Assas
Grand Mas d'Assas
Mas des Esclos
St. pomp.
D13
26.74 mNGF
29.13 mNGF
32.81 mNGF
33.47 mNGF
0 à 0.2 m
0.2 à 0.5 m
0.5 à 1 m
plus de 1 m
S_INON
S_INOP
0
100
200 m

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 ml 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^3/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.


Mas de Peria
la Roussignole
Malespigne
le Grand Chemin
Cabassan
58.94 mNGF
61.84 mNGF
62.46 mNGF
66.07 mNGF
70.66 mNGF
la Christole
les Treilles
D139
Coops
les Clarettes
Puech Roussin
Pic du Réservoir
Pic
Beauvoisin
Casseport
0 à 0.2 m
0.2 à 0.5 m
0.5 à 1 m
plus de 1 m
S_INON
S_INOP
0 100 200 m

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^3/s à la voie SNCF ; 53 et 38 m^3/s à l'amont immédiat de la confluence.

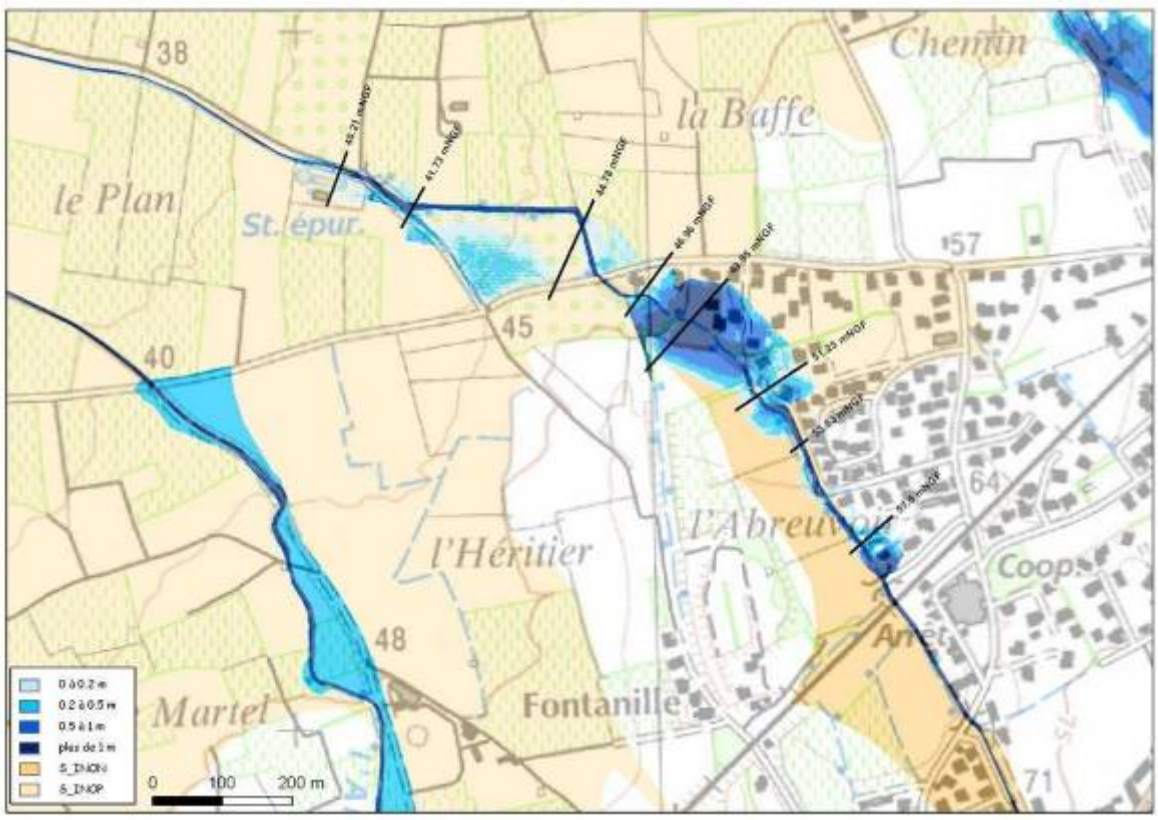
La condition aval retenue est une condition de cote normale.

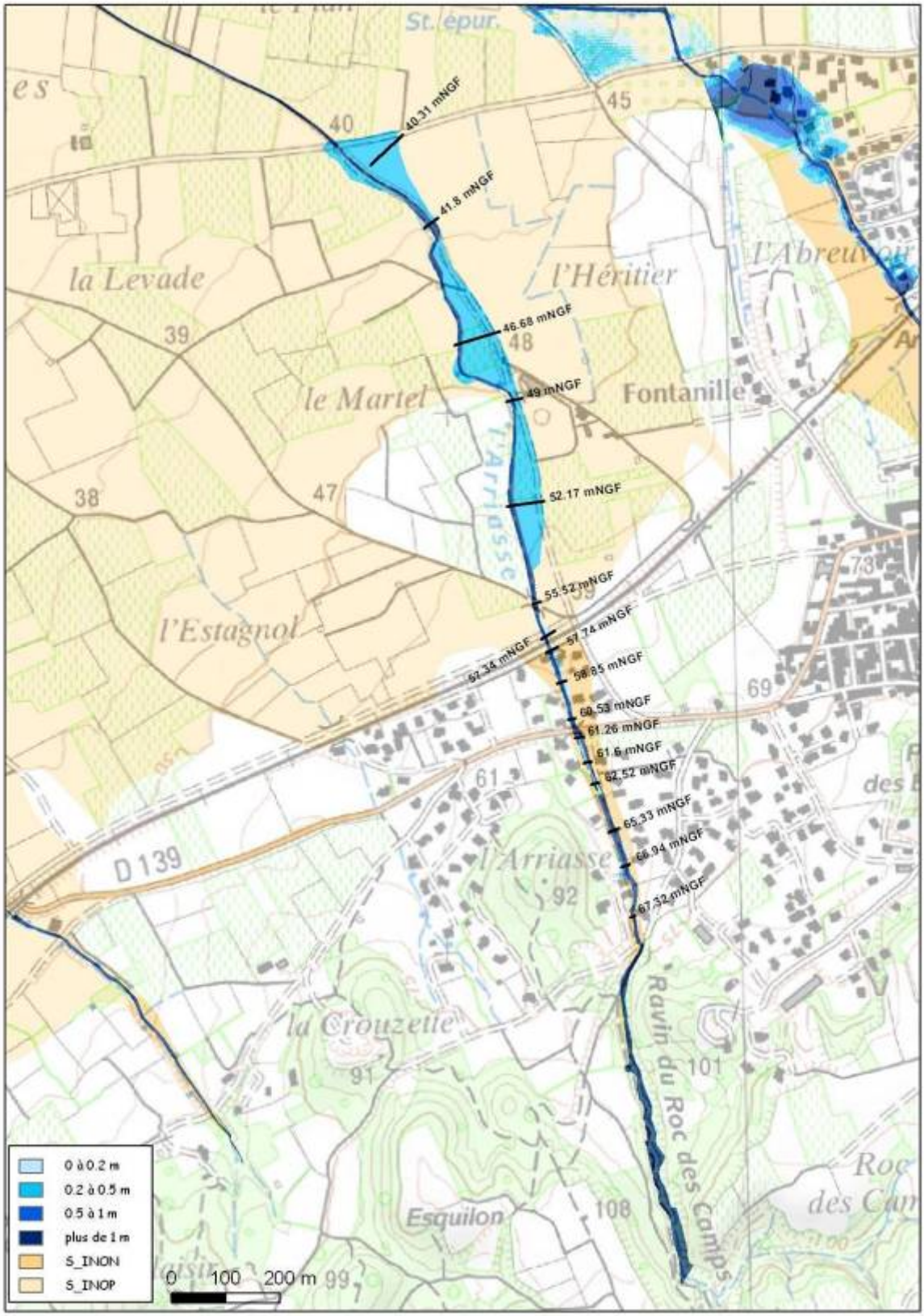
Aucune PHE ni limite de crue observée ne sont disponibles dans le secteur modélisé.

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.



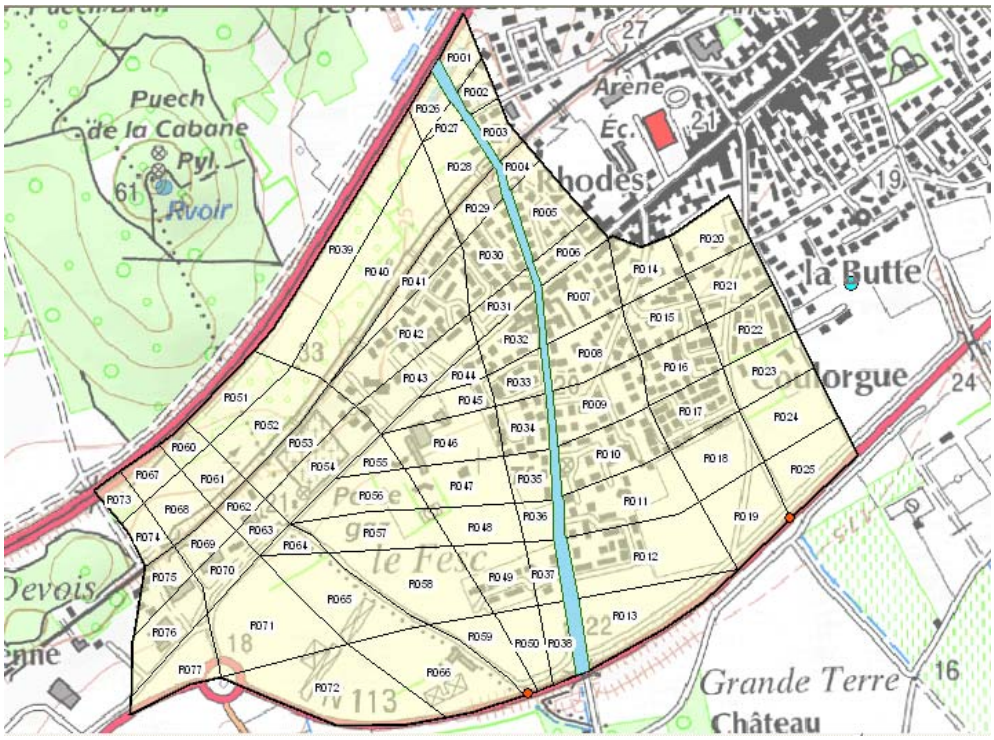

40.31 mNGF
41.8 mNGF
46.68 mNGF
49 mNGF
52.17 mNGF
55.52 mNGF
57.74 mNGF
57.34 mNGF
58.85 mNGF
60.53 mNGF
61.26 mNGF
61.6 mNGF
62.52 mNGF
65.33 mNGF
66.94 mNGF
67.32 mNGF
la Levade
l'Héritier
le Martel
Fontanille
l'Estagnol
l'Arriasse
la Crouzette
Esquilon
Ravin du Roc des Camps
D 139
0 à 0.2 m
0.2 à 0.5 m
0.5 à 1 m
plus de 1 m
S_INON
S_INOP
0 100 200 m

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.

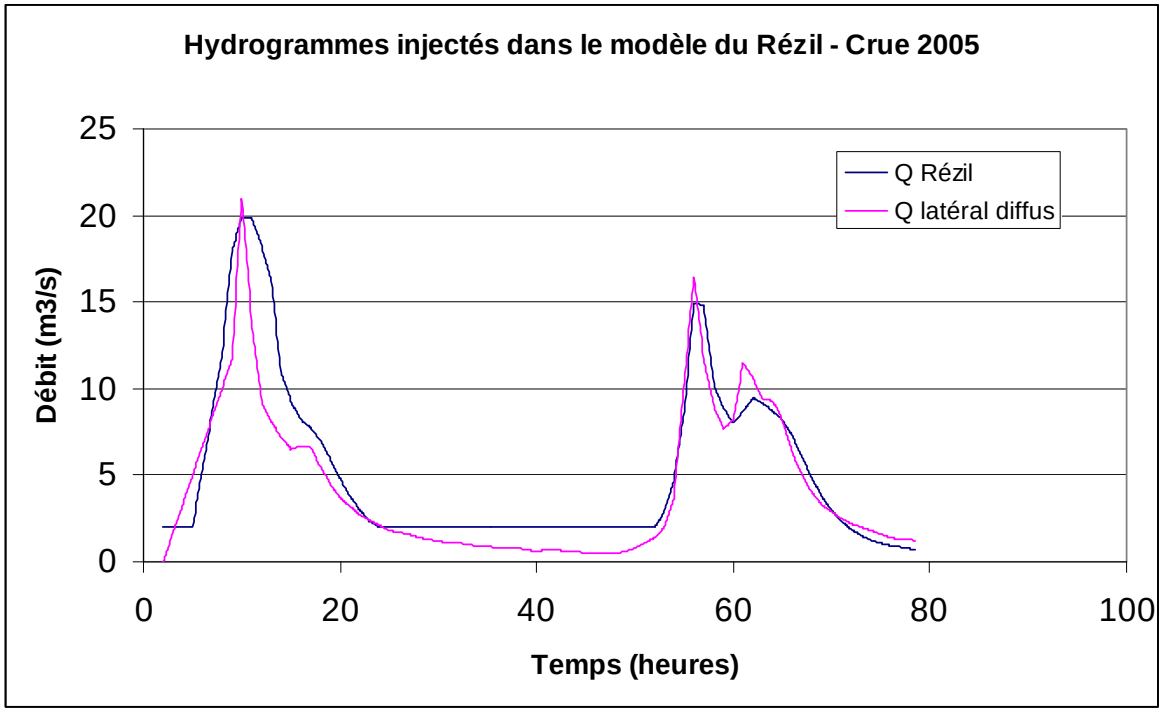


Calage sur la crue 2005

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 m² 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^3 environ avant déversement sur la voie,
- Le débit centennal est écrêté de 92 m^3/s à 23 m^3/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^3/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.

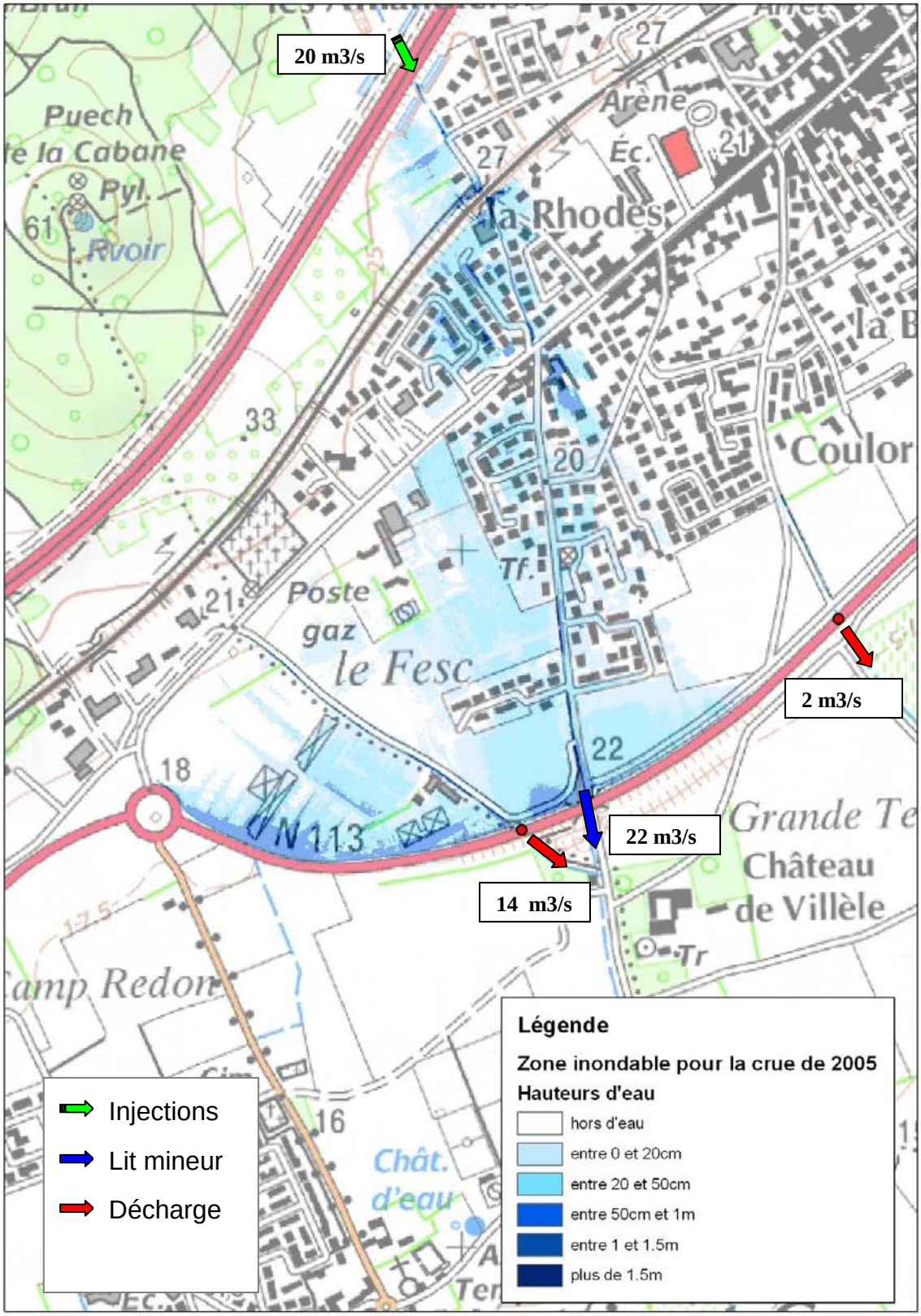
PHE	Profil	Cote observée [mNGF]	Cote simulée [mNFG]	Ecart simulée / observée (m)	Commentaires
PHE_089	Z015am	24.50	24.47	-0.03	
PHE_090	Z012am	22.08	21.90	-0.18	
PHE_095	Z010am	19.27	19.47	0.20	
UCHA02	Z007am	18.85 17.41	17.94	-0.91 +0.53	PHE considérée douteuse corrigée par le SMBVV, mais approximative

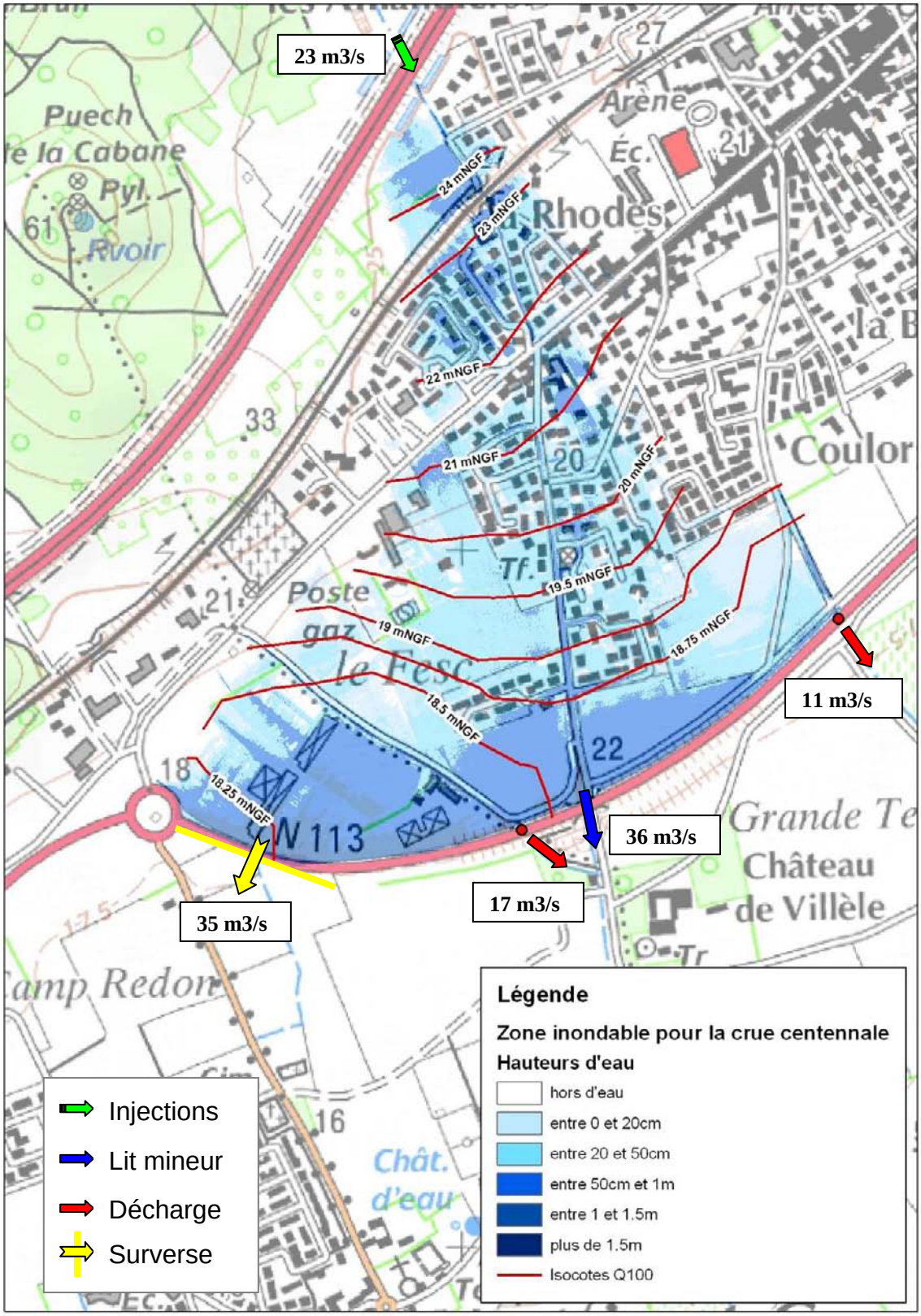
Globalement, le calage est acceptable, avec un écart un peu élevé de 20 cm au droit d'un repère situé en zone urbanisée dense où les écoulements peuvent être perturbés par des phénomènes localisés non retraduits dans le modèle global.

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^3/s, pour la crue de 2005, de 24 et 34 m^3/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 retraduit par un écrêtement général depuis l'amont de l'A9 jusqu'à l'aval de la RN86 de 105 à 99 m^3/s pour la crue centennale et de 51 à 38 m^3/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.


20 m3/s
2 m3/s
22 m3/s
14 m3/s
Puech
e la Cabane
Pyl.
Rvoir
Arène
Éc.
la Rhodes
Coulor
Poste
gaz
le Fesc
Tf.
N 113
Grande Te
Château
de Villèle
Tr
amp Redon
Chât.
d'eau
Injections
Lit mineur
Décharge
Légende
Zone inondable pour la crue de 2005
Hauteurs d'eau
hors d'eau
entre 0 et 20cm
entre 20 et 50cm
entre 50cm et 1m
entre 1 et 1.5m
plus de 1.5m


23 m3/s
11 m3/s
36 m3/s
17 m3/s
35 m3/s
24 mNGF
23 mNGF
22 mNGF
21 mNGF
20 mNGF
19.5 mNGF
19 mNGF
18.75 mNGF
18.5 mNGF
18.25 mNGF
Puech le la Cabane
Pyl.
Rvoir
Arène
Éc.
Rhodes
Coulor
Poste gaz
le Fesc
Grande Te
Château de Villèle
Tf.
Tr
Châteaud'eau
Injections
Lit mineur
Décharge
Surverse
Légende
Zone inondable pour la crue centennale
Hauteurs d'eau
hors d'eau
entre 0 et 20cm
entre 20 et 50cm
entre 50cm et 1m
entre 1 et 1.5m
plus de 1.5m
Isocotes Q100

2.3.1.9 La Lone

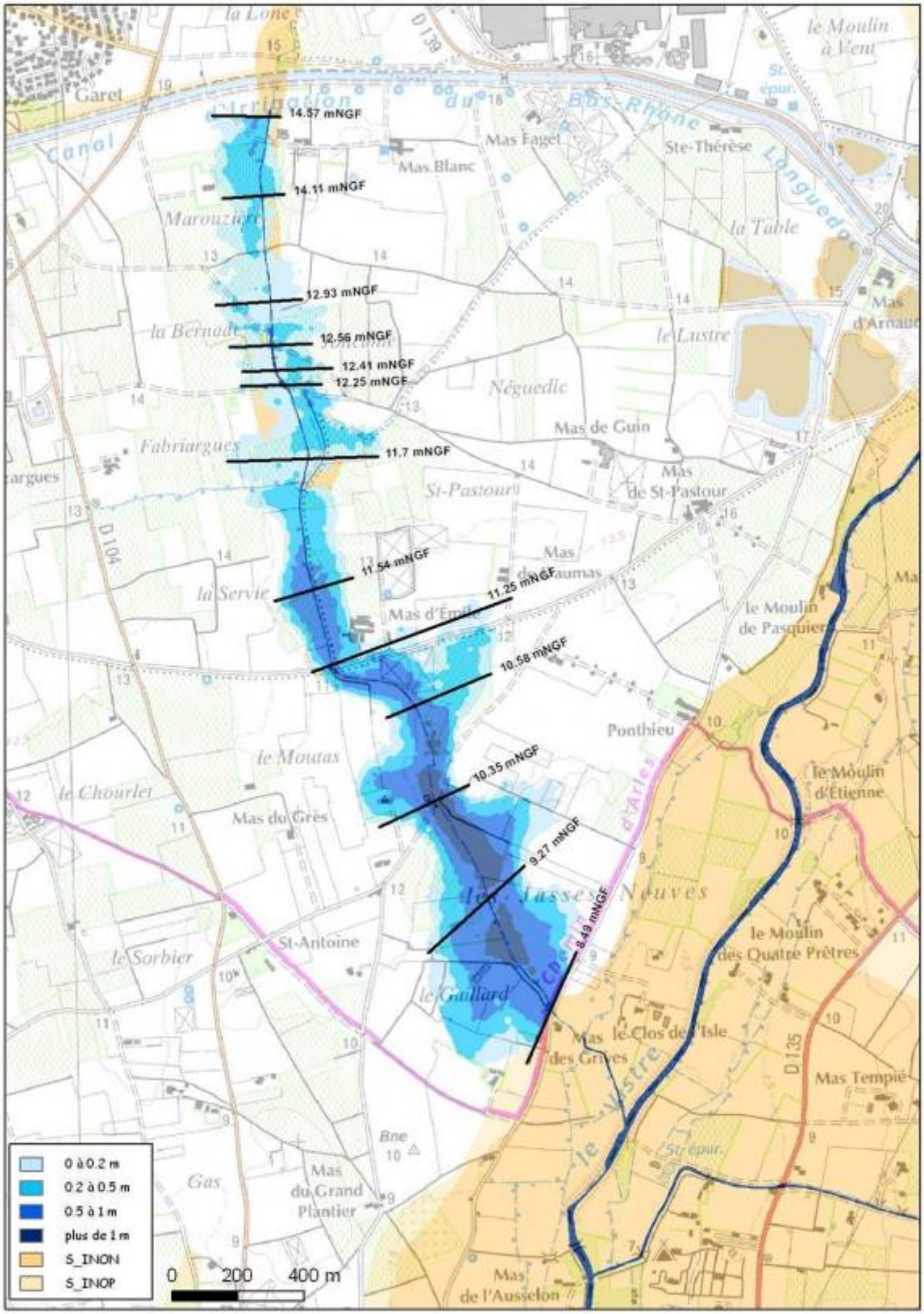
Le modèle filaire de la Lone (affluent en rive droite du Vistre) s'étend sur un linéaire d'environ 3300ml depuis le canal BRL jusqu'au Vistre, sur les communes de Codognan, Vergèze, le Cailar.

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 m^3/s pour bassin versant de 9.4 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 ».


14.57 mNGF
14.11 mNGF
12.93 mNGF
12.56 mNGF
12.41 mNGF
12.25 mNGF
11.7 mNGF
11.54 mNGF
11.25 mNGF
10.58 mNGF
10.35 mNGF
9.27 mNGF
8.49 mNGF
0 à 0.2 m
0.2 à 0.5 m
0.5 à 1 m
plus de 1 m
S_INON
S_INOP
0
200
400 m
Garet
Canal
Mas Blanc
Mas Faget
Ste-Thérèse
le Moulin à Vent
Marouzière
la Table
la Bernade
le Lustre
Mas d'Arnaud
Négudic
Mas de Guin
Fabriargues
St-Pastour
Mas de St-Pastour
la Servie
Mas d'Emile
Mas de Baumas
le Moulin de Pasquier
Ponthieu
le Moutas
le Chourlet
Mas du Grès
le Moulin d'Étienne
les Tasses Neuves
le Sorbier
St-Antoine
le Guillard
le Moulin des Quatre Prêtres
Mas le Clos de l'Isle des Grues
Mas Tempié
Mas du Grand Plantier
Mas de l'Ausselon
D104
D135
D139

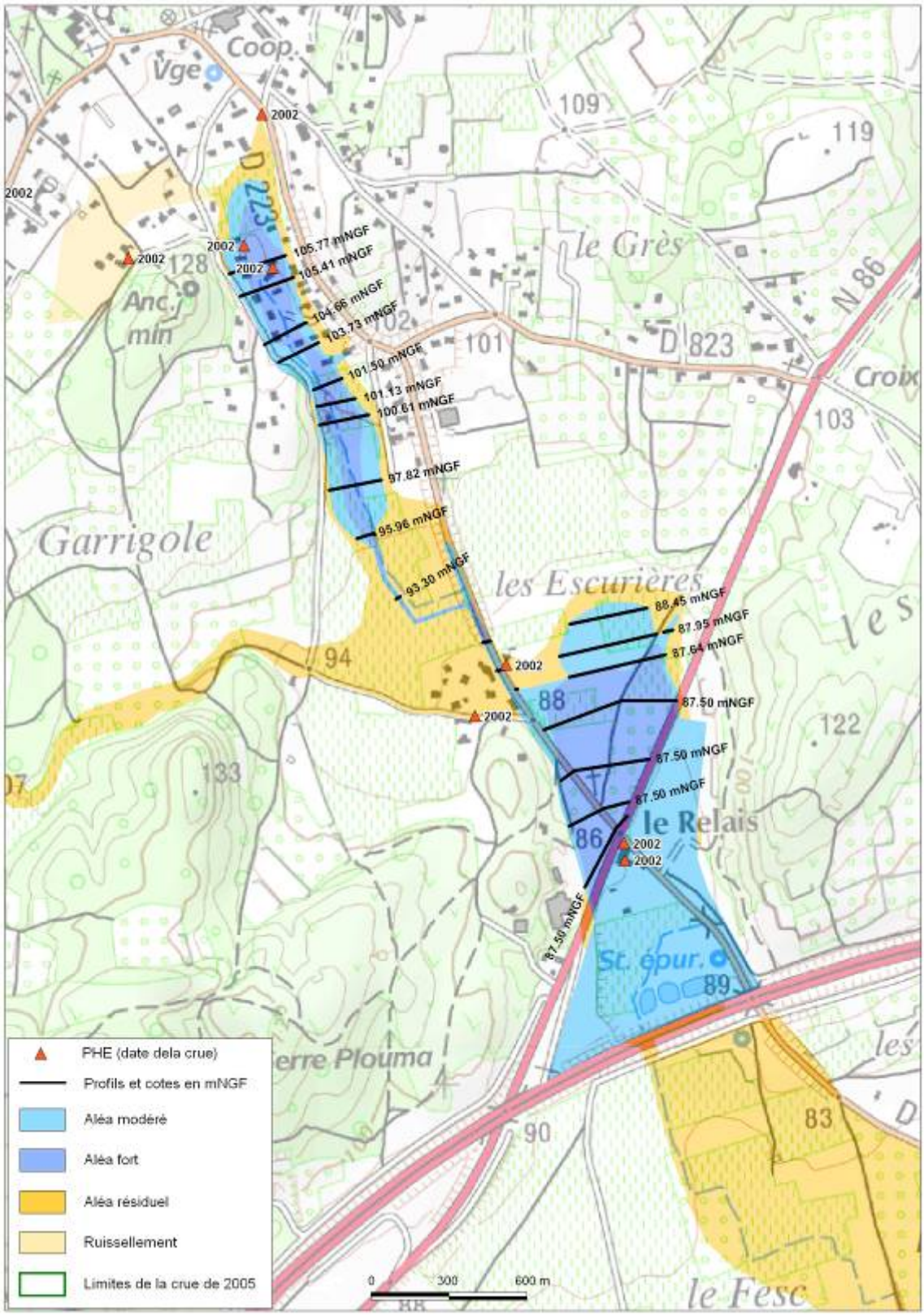
2.3.2 Intégration des résultats des modélisations des études existantes

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 centennal 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^{e}.

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.


Coop.
Vge
2002
D 223
109
119
le Grès
N 86
D 823
Croix
103
Anc. min
128
101
102
105.77 mNGF
105.41 mNGF
104.66 mNGF
103.73 mNGF
101.50 mNGF
101.13 mNGF
100.61 mNGF
97.82 mNGF
95.96 mNGF
93.30 mNGF
Garrigole
les Escurières
88.45 mNGF
87.95 mNGF
87.64 mNGF
87.50 mNGF
94
88
122
133
le Relais
86
89
St. épur.
83
90
PHE (date dela crue)
Profils et cotes en mNGF
Aléa modéré
Aléa fort
Aléa résiduel
Ruissellement
Limites de la crue de 2005
0
300
600 m
le Fesc

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 $m^3/s/km^2$, soit 46 m^3/s pour un bassin versant de 3.3 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 $m^3/s/km^2$. 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 m^3 à la cote de 43.0 m NGF,
- Orifice de contrôle de diamètre 1000mm (débit de fuite de projet de 2 m^3/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 $m^3/s/km^2$.
- Par ISL, dans le cadre de l'étude maîtrise d'œuvre du bassin de rétention : il est de 18.8 $m^3/s/km^2$.

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 $m^3/s/km^2$.

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 $m^3/s/km^2$.

Impact du canal BRL

Cependant, 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 m^3/s pour un bassin versant de 6,4 km^2, à comparer avec les 45,8 m3/s provenant du bassin versant amont de 3,3 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 km² de bassin versant, est d'environ 900 000 m^3 (Cf. hydrogrammes de crue page 5 du rapport de l'étude 2004).

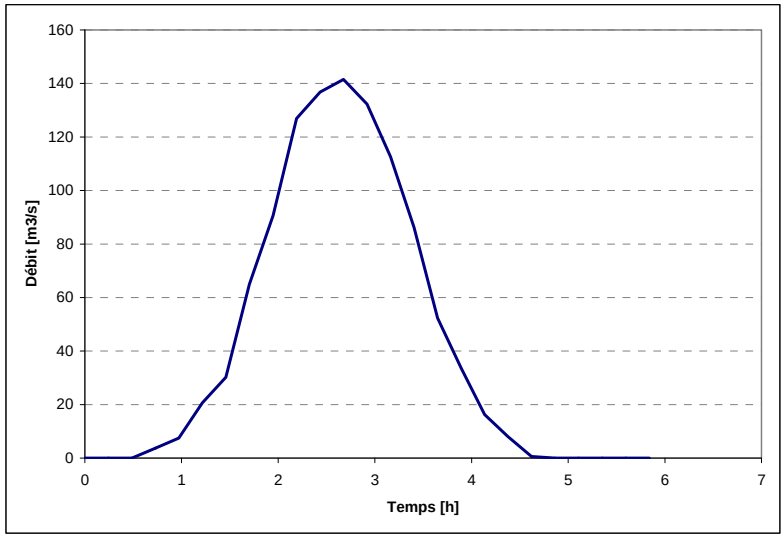
Le volume de crue généré par le Valat de la Reyne au droit du canal et pour 6,4 km² avec les hypothèses hydrologiques retenues dans le cadre du PPRi est de 932 000 m^3 :

Le Valat de la Reyne au canal BRL (REY01)
avec superficie de 6.4 km²

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%

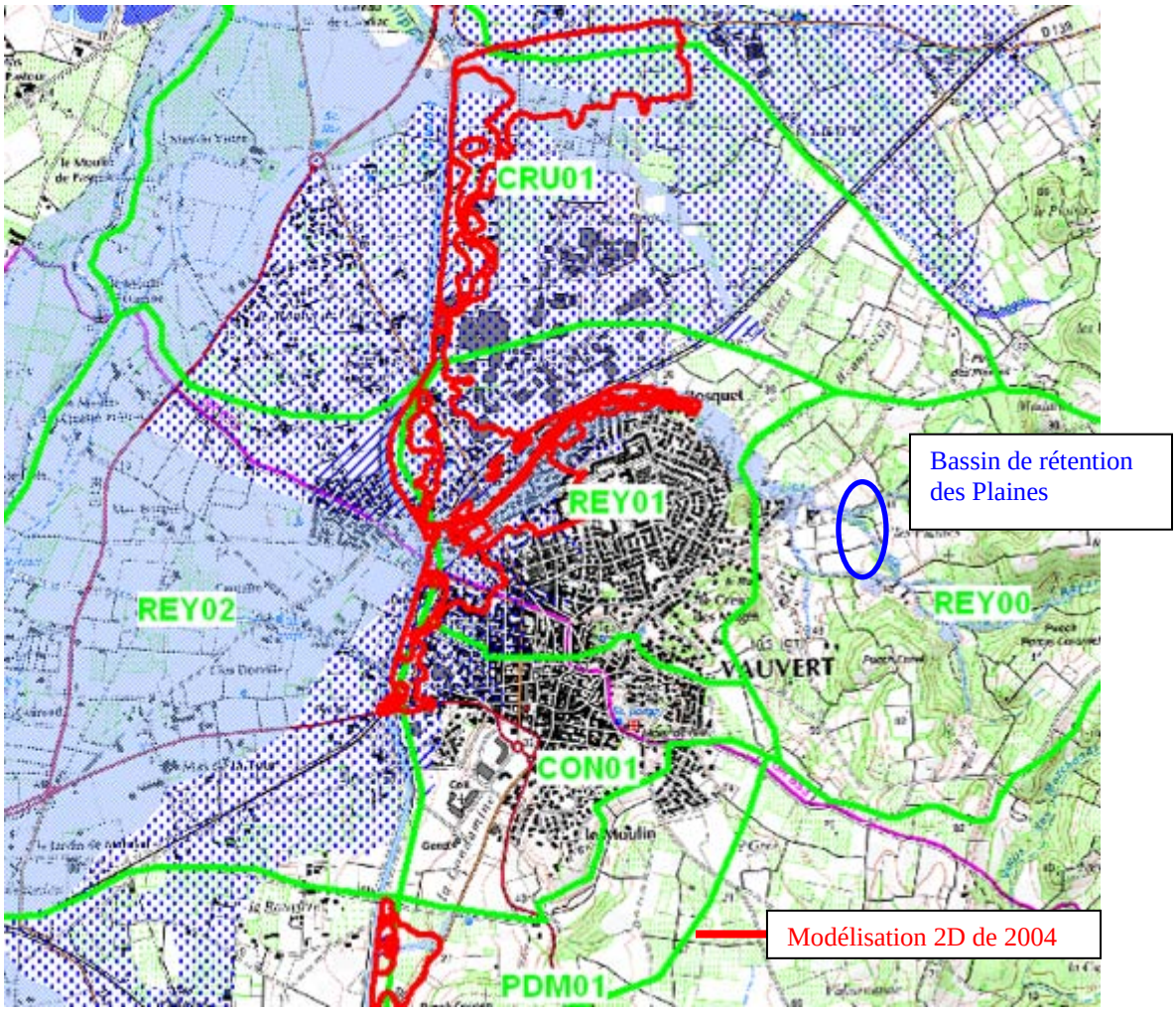


La modélisation des écoulements du Valat de la Reyne réalisée en 2004 en régime transitoire peut donc être intégrée au PPRi.

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.

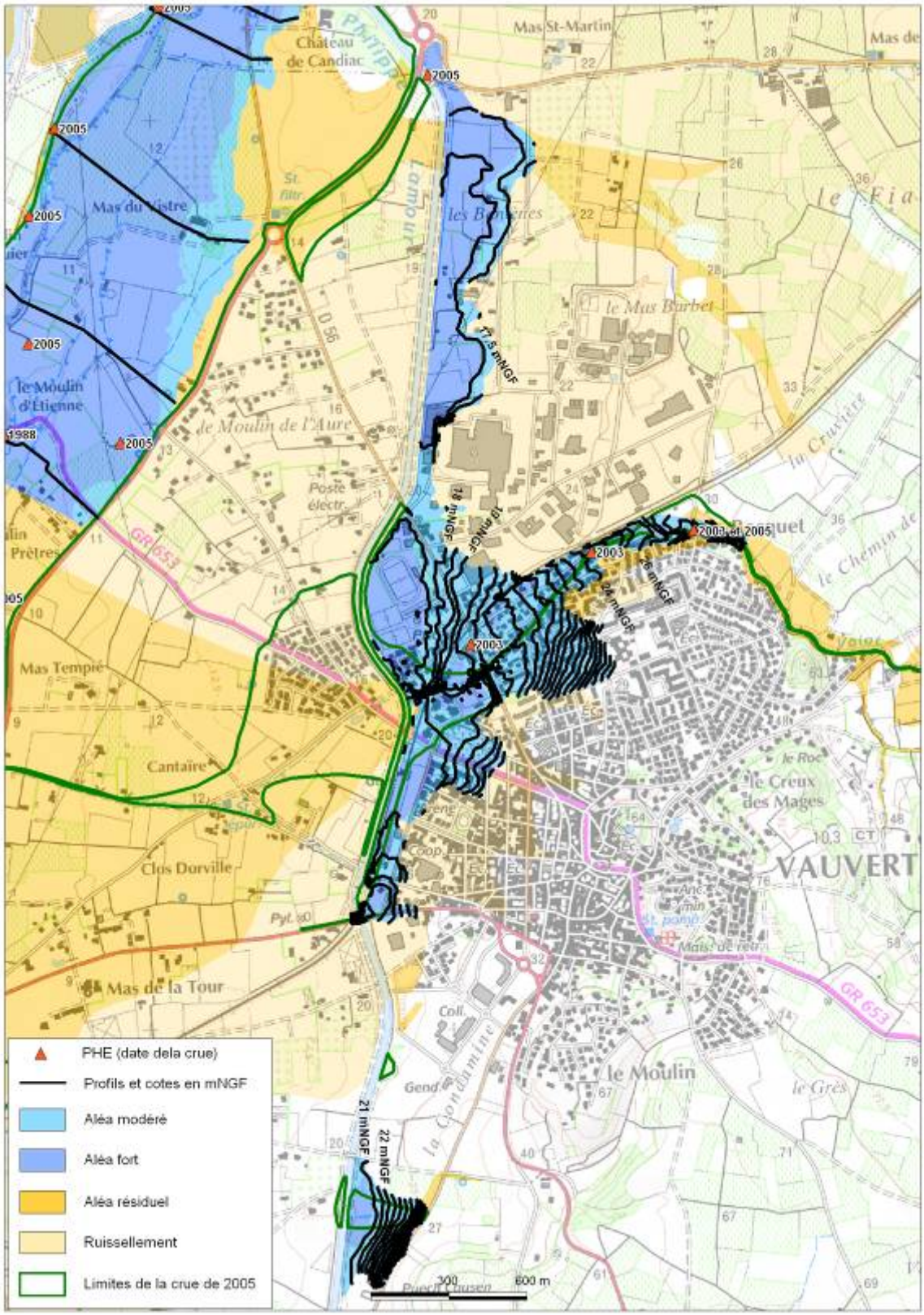


Conclusion

Les résultats de l'étude de 2004 peuvent donc être donc 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.


Château de Candiac
Mas St-Martin
Mas du Vistre
le Mas Barbet
le Moulin d'Etienne
Moulin de l'Aure
Poste électr.
Mas Tempié
Cantaire
Clos Dorville
Mas de la Tour
le Creux des Mages
VAUVERT
le Moulin
le Grès
la Cruvière
le Chemin de
GR 653
Coop.
Coll.
Gend.
Mas de reir
17,5 mNGF
18 mNGF
19 mNGF
26 mNGF
26 mNGF
21 mNGF
22 mNGF
2005
2003
2003 et 2005
PHE (date dela crue)
Profils et cotes en mNGF
Aléa modéré
Aléa fort
Aléa résiduel
Ruissellement
Limites de la crue de 2005
300
600 m

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.

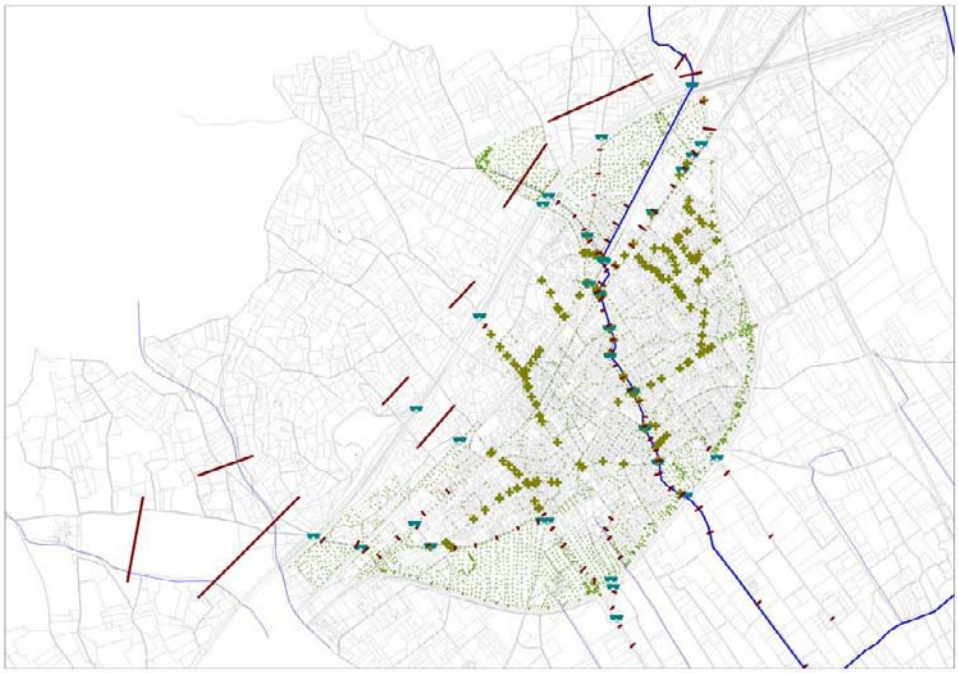
Les documents SAFEGE source des données présentées ci-après sont les suivants :

- 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).

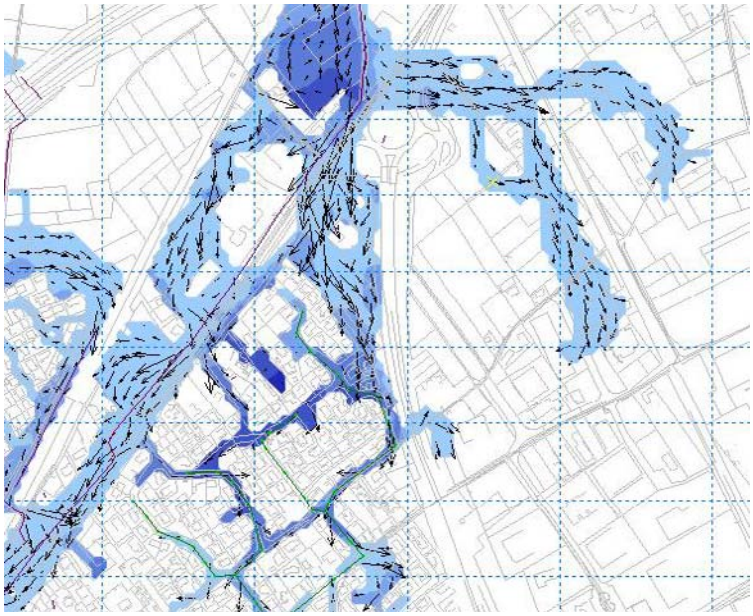


Le modèle a été calibré sur l'événement de septembre 2005. La moyenne des écarts absolus est d'environ 50 cm sur les PHE levés par géomètre. Le même type d'écart est de 16 cm sur les hauteurs relatives constatées lors des enquêtes de terrain. Le réseau pluvial est considéré non saturé dans toutes les 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.

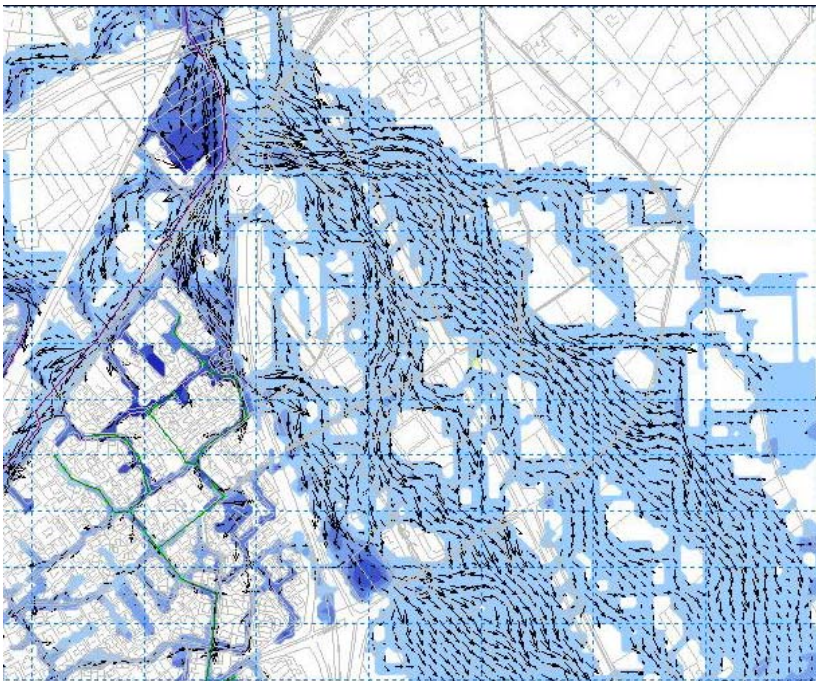
Les particularités pour l'événement de référence sont décrites ci-après.

- 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 :

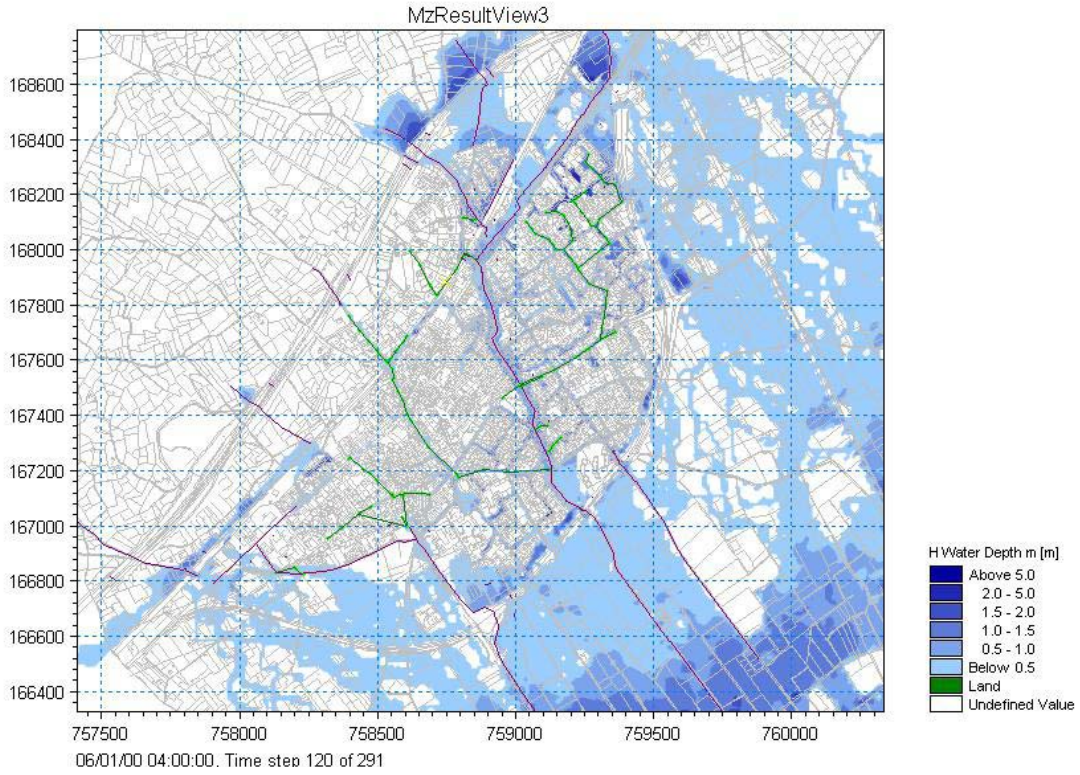


Le débordement au Nord se dirige vers l'Est (ZAC Trajectoire) pour rejoindre plus tard les eaux de ruissellement qui ont submergé la RN 113.

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.



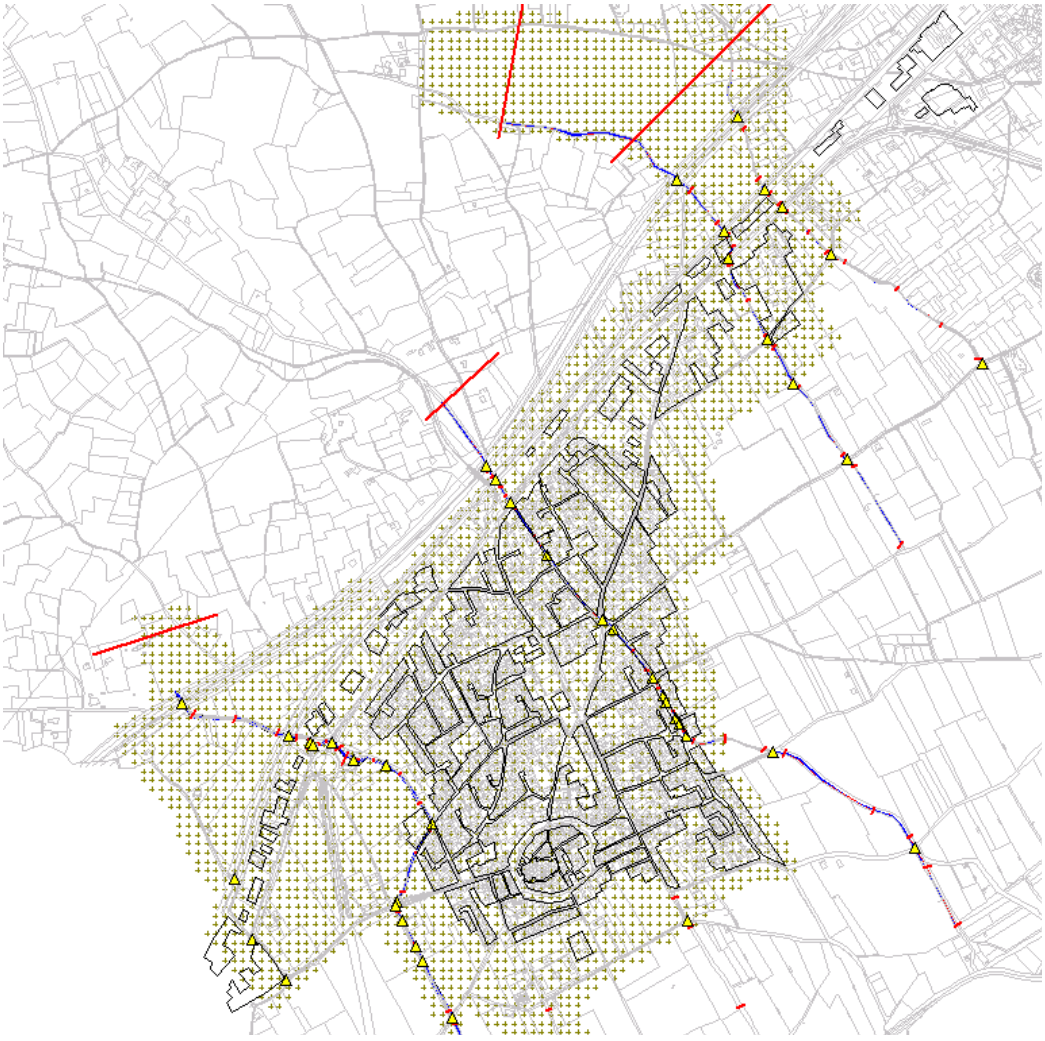
L'autoroute, la voie ferrée et la RN 113 constituent des lignes de force pour les écoulements. La crue d'Octobre 1988, bien qu'historique, est structurée par ces ouvrages :



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 :

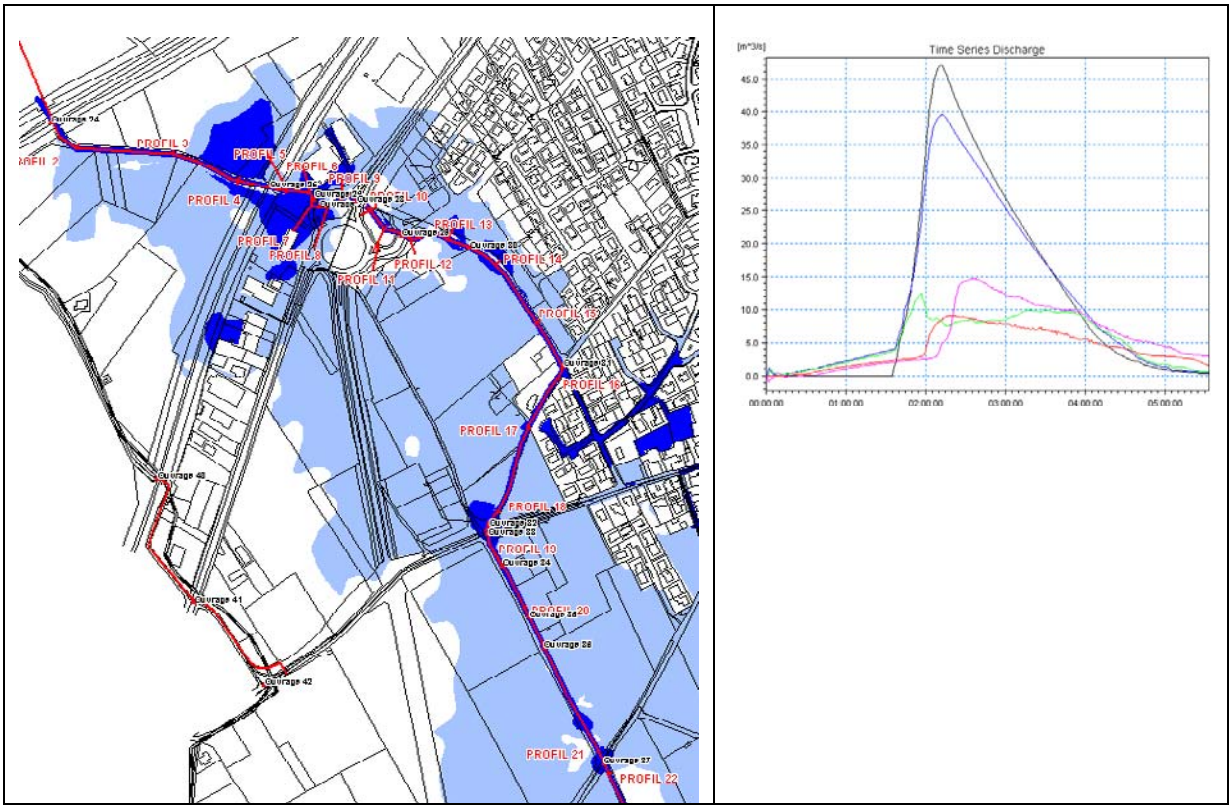
- Hydrogrammes calculés selon la méthode du réservoir linéaire pour les occurrences 100 ans, Septembre 2005 et Octobre 1988 pour l'ensemble des bassins versants.
- La condition aval du modèle est la ligne d'eau du Vistre (définie par les PHE) pour l'événement de septembre 2005.

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 Géometris 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 m^3/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 m^3/s). Le fossé du Grand Bernard a une capacité moyenne d'environ 4 m3/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 : Z100 = H100 (modèle rue) + ZLIDAR, avec :
  - Z100 : cote centennale
  - H100 (modèle rue) : hauteur d'eau centennale calculée par le modèle rue
  - ZLIDAR : 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.

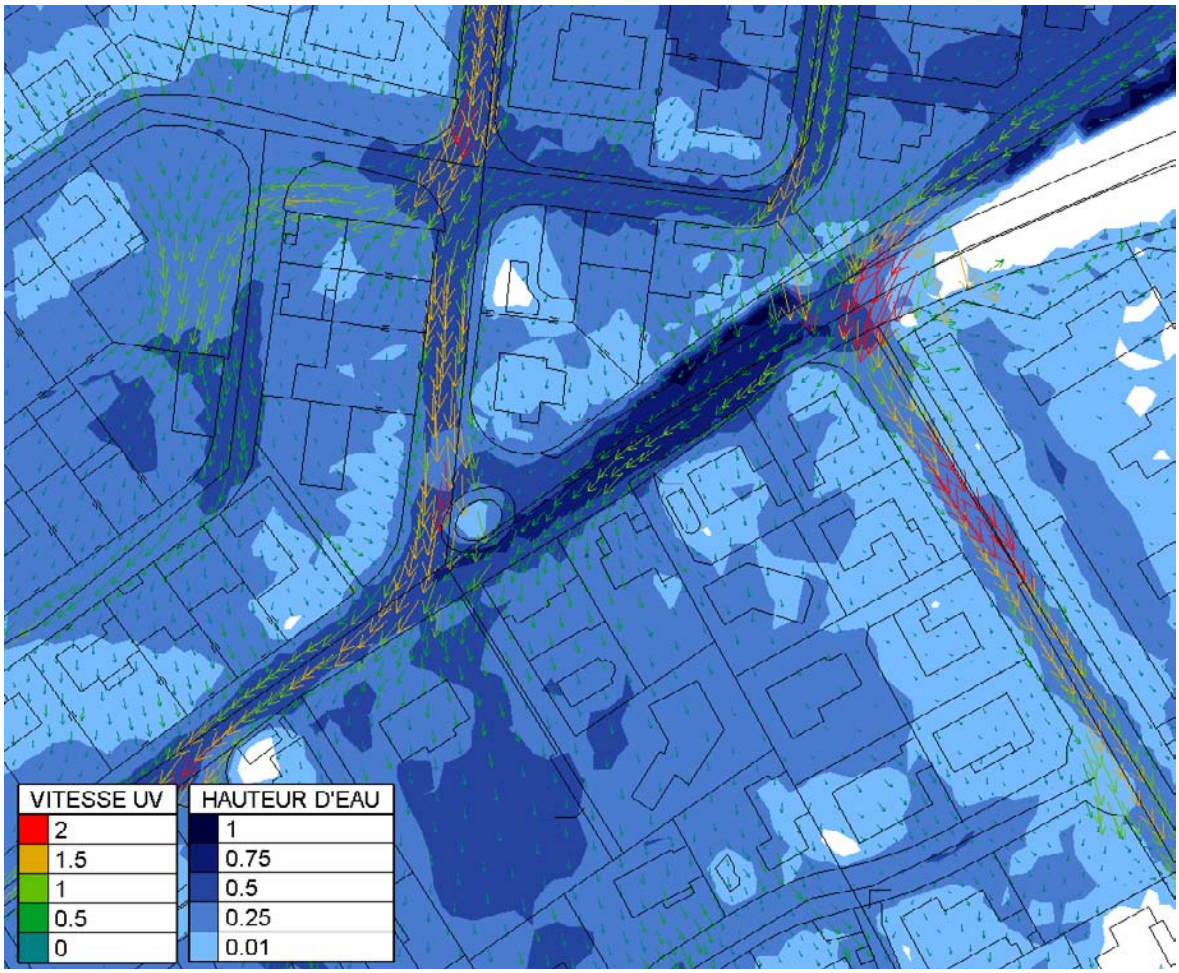
Par rapport aux précédentes cartes d'aléa, on note des différences notables. En effet, l'analyse de la topographie LIDAR (qui dispose de plus de précisions mais surtout beaucoup plus de densité, notamment sur les parcelles privatives) montre que les secteurs bâtis entre les rues sont souvent rehaussés 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 soumis 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 retourne à la Pondre en amont de la déviation de la commune. Le modèle initial contraint 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.


VITESSE UV
2
1.5
1
0.5
0
HAUTEUR D'EAU
1
0.75
0.5
0.25
0.01

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 :

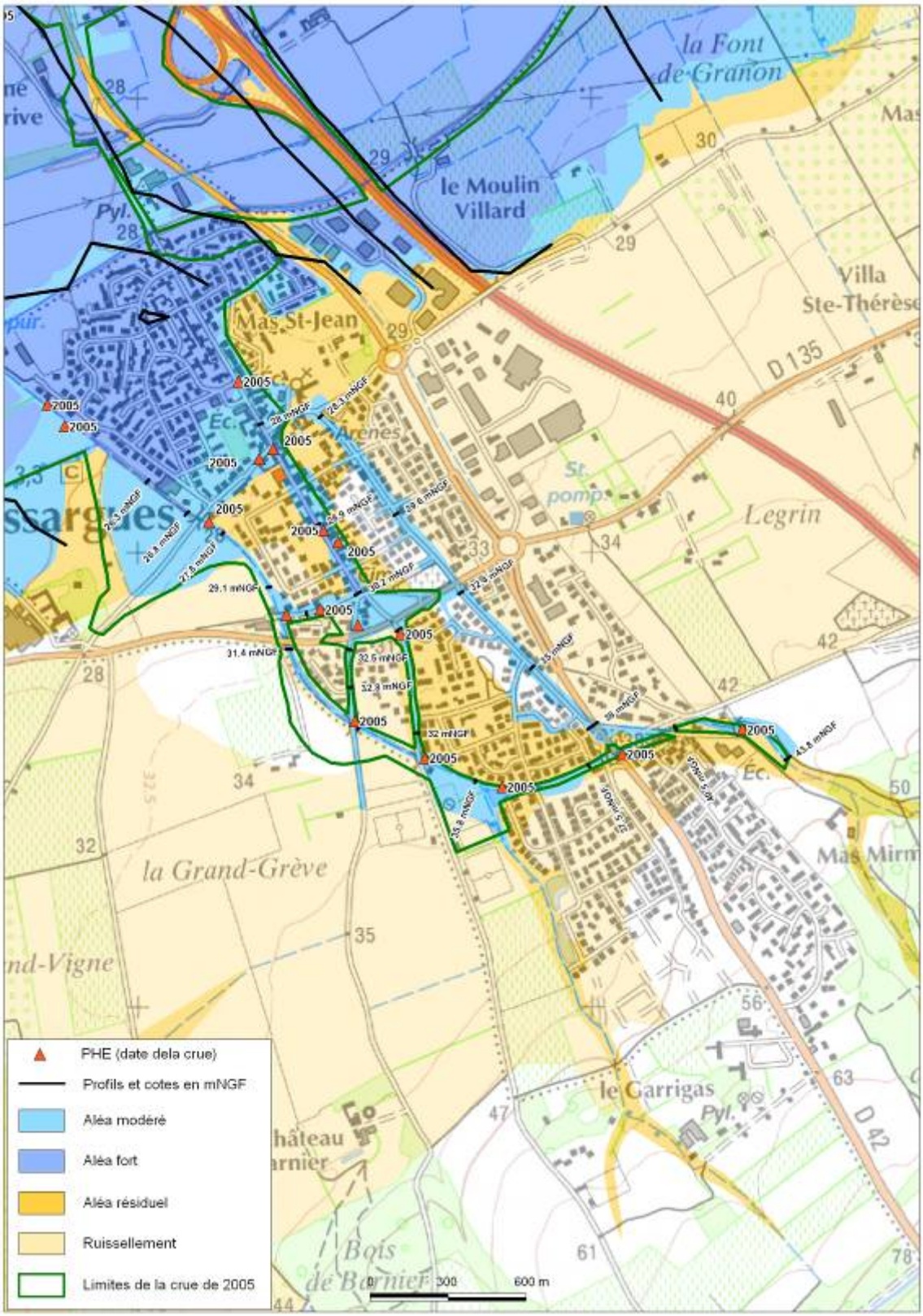
- 17 profils issus de l'étude SIEE de 2006 (notés P1 à P17)
- 5 profils relevés en juillet 2009 (notés PR1 à PR5)
- 12 profils levés en juillet 2009 en aval immédiat des ouvrages et 12 sections d'ouvrages rendus en septembre 2009).
- 20 profils en travers issus de semis de points topographiques fournis 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.


la Font de Granon
le Moulin Villard
Mas St-Jean
Villa Ste-Thérèse
D 135
Legrin
la Grand-Grève
le Garrigas
D 42
Bois de Bernier
PHE (date dela crue)
Profils et cotes en mNGF
Aléa modéré
Aléa fort
Aléa résiduel
Ruissellement
Limites de la crue de 2005
0
300
600 m

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 :

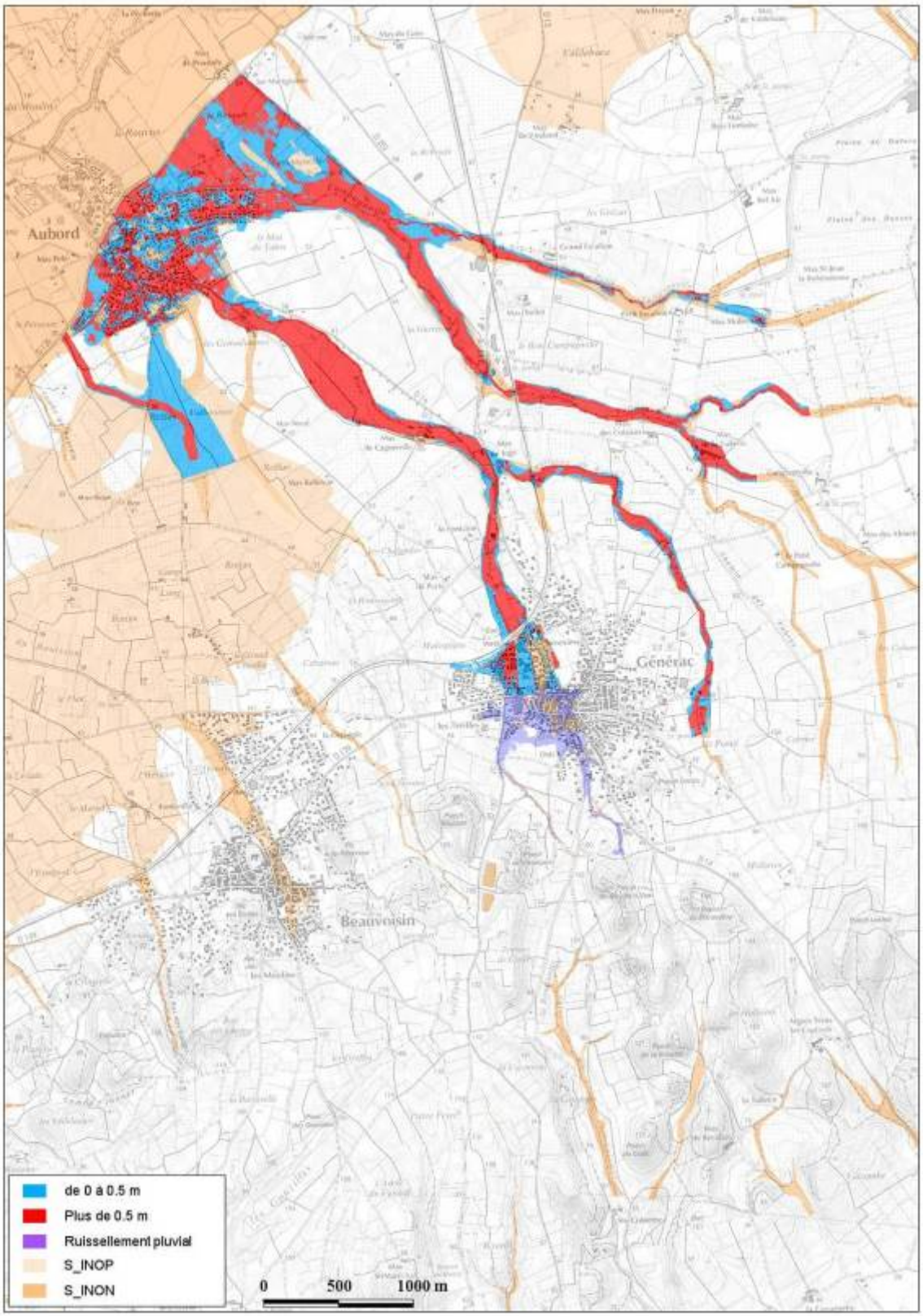
- une modélisation filaire du Rieu et du Campagnolle, en dehors des zones urbanisées,
- une modélisation à casiers du Rieu et du Campagnolle à la traversée urbaine d'Aubord,
- une modélisation à casiers du Vistre, du Rieu et du Campagnolle à l'aval de la RD135,
- une modélisation bidimensionnelle des 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 km² 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^3/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.


Aubord
Générac
Beauvoisin
de 0 à 0.5 m
Plus de 0.5 m
Ruissellement pluvial
S_INOP
S_INON
0
500
1000 m

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 Rhôny (*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 évènements 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	Rhôny
Pmax en 6h	93.5	68.6	158.2	122.7	151.9	159.2	102.8
Pmax en 12h	127.2	100.3	194.4	159.9	179.6	191.6	138.9
Pmax en 24h	131.7	104.9	201.6	166.5	198.1	207.7	167.1
Pmax en 36h	131.7	105.1	201.6	166.5	198.3	207.8	167.3
Pmax en 48h	170.9	143.6	240.3	225.6	212.6	229.6	177.3
Pmax en 72h	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	Rhôny
Pmax en 6h	116.1	148.8	86.8	69.3	54.3	56.1	82.9
Pmax en 12h	146.1	187.7	104.4	75.6	67.9	60.9	112.3
Pmax en 24h	242.8	280.5	170.4	101.7	94.7	76.1	188.1
Pmax en 36h	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]						
	P10_ss_ab	P10_av_ab	P50_ss_ab	P50_av_ab	P100_ss_ab	P100_av_ab	Sept2005_Bernis
Pmax en 6h	119.6	93.1	203.2	153.9	251.1	188.0	270.0
Pmax en 12h	138.8	113.1	234.2	186.7	288.9	228.0	308.0
Pmax en 24h	161.1	136.5	270.0	224.5	332.4	274.1	324.5

TRANSFORMATION PLUIE-DEBIT

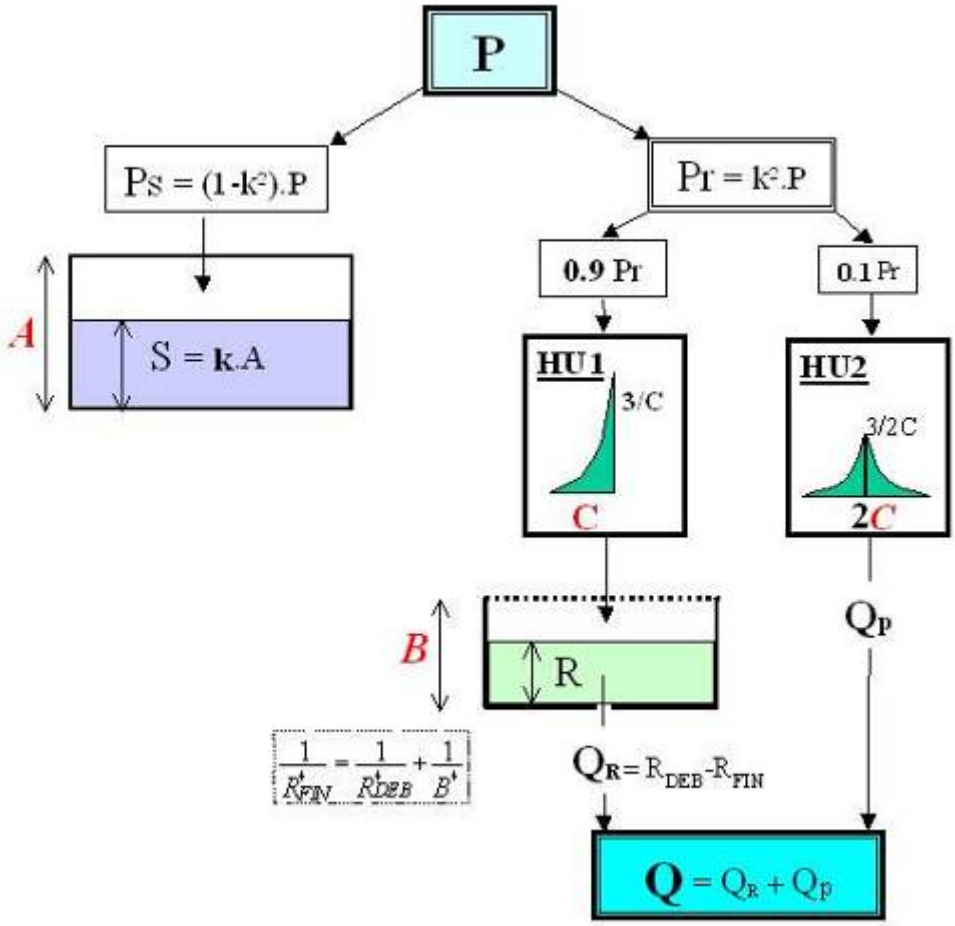
Le modèle hydrologique SCS utilisé à l'échelle locale des affluents est inadapté quand on raisonne à l'échelle globale du Vistre. En effet, le temps de réponse hydrologique du Vistre est plus long que ceux des affluents. Or, une des limites d'application de la méthode SCS se pose lorsque la durée de 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

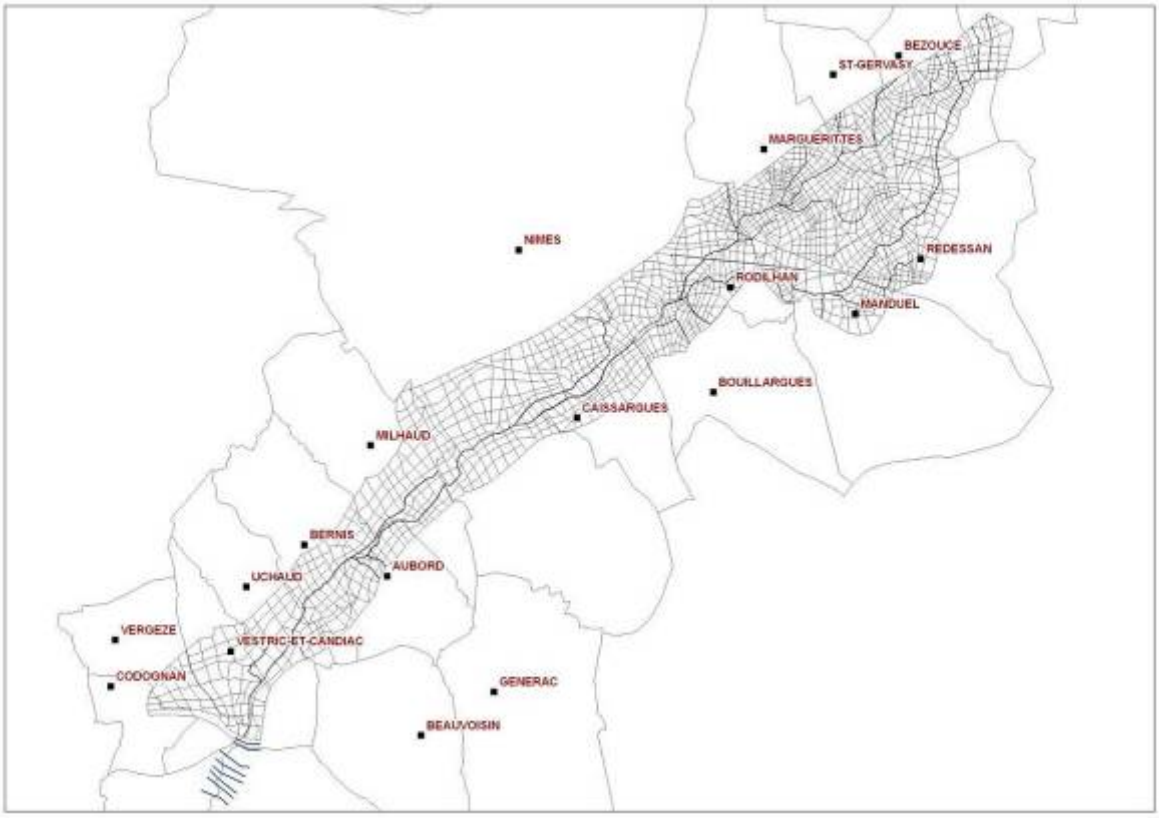


Sur l'ensemble des sous-bassins versants du Vistre dont l'exutoire correspond à un point d'injection dans le « modèle plaine » du Vistre (57 au total), le modèle GR3H a été calé de manière à reproduire les mêmes hydrogrammes que le modèle SCS sur les affluents. Par défaut le paramètre B de vidange a 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 Rhôny, 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 Rhôny 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.

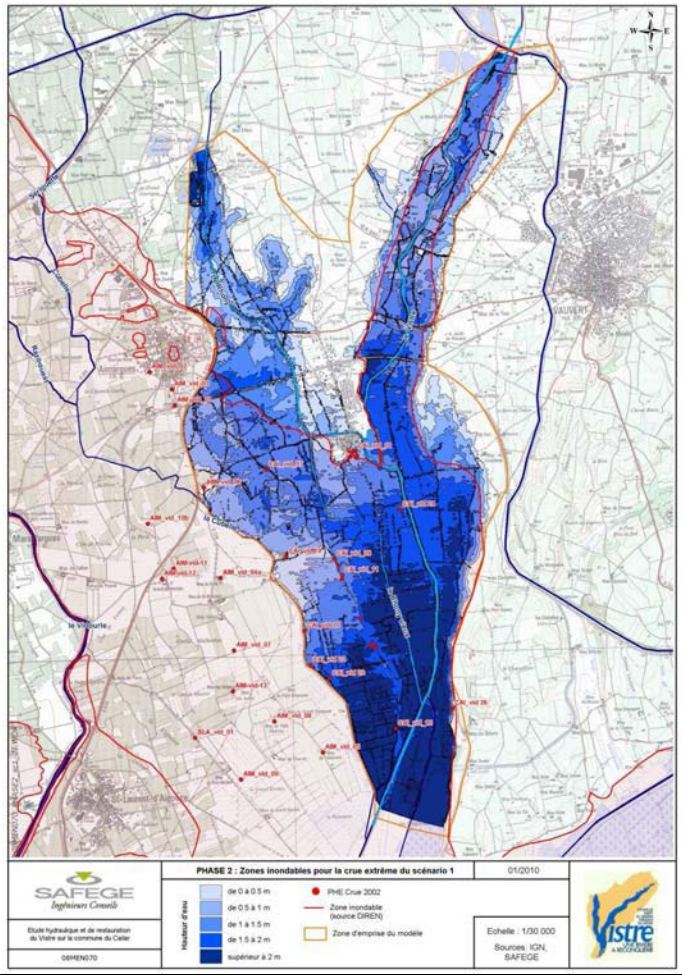
En ce qui concerne les digues de protection des lieux habités, deux cas de figure sont examinés:

- 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

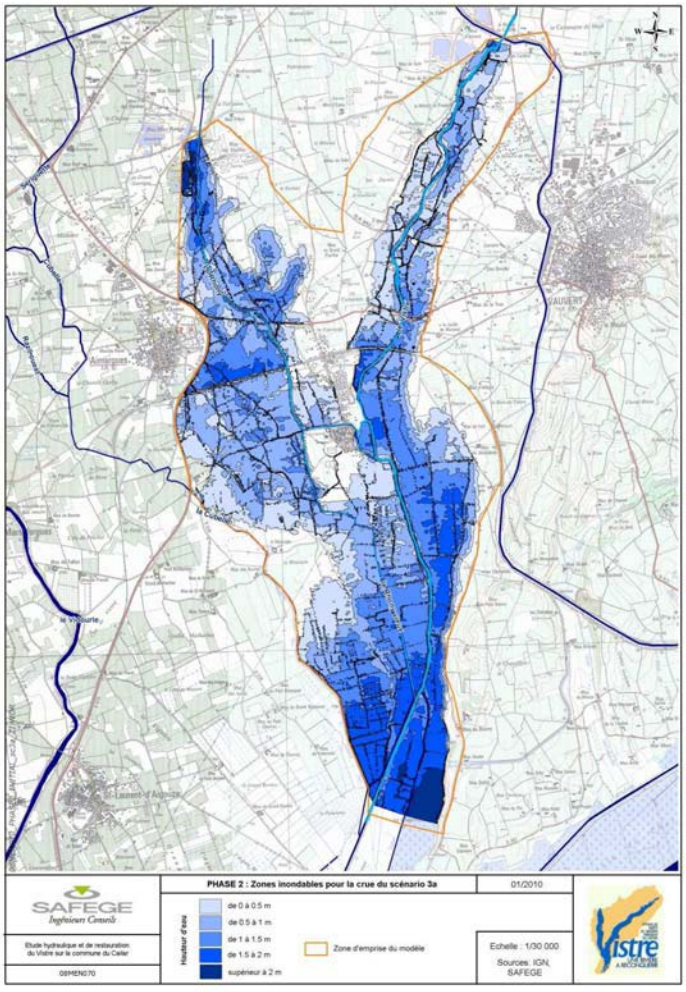
Scénario « extrême »

- Vidourle 2002
- Rhôny 1988
- Vistre 2005
- Mer à 2.5mNGF
- Fermeture portes Vidourle



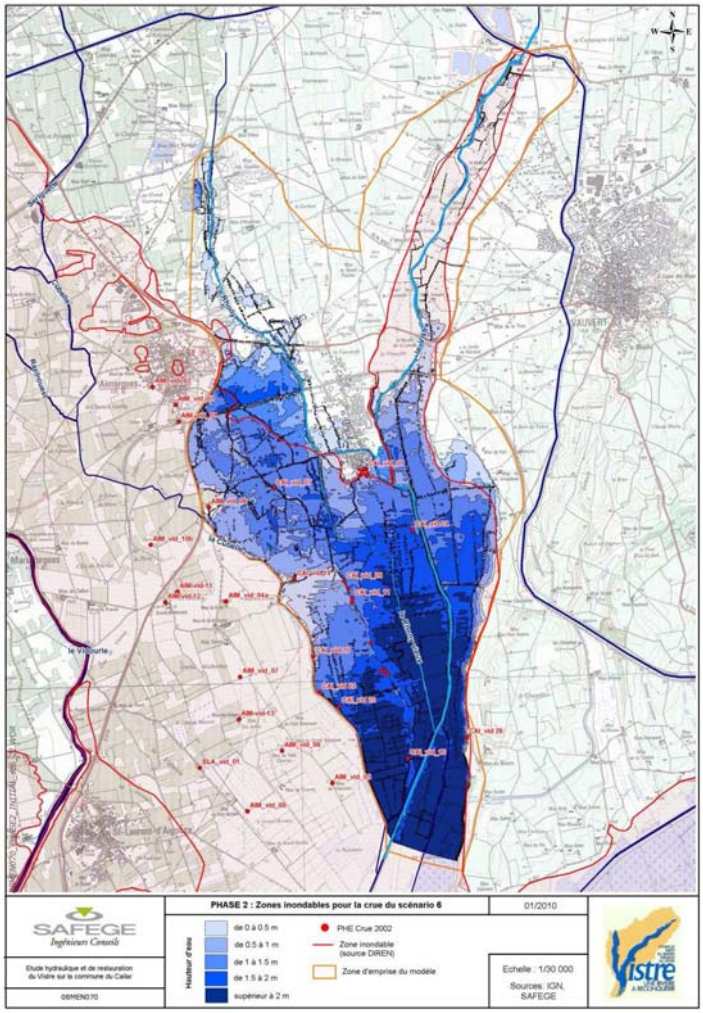
Scénario « 1988 »

- Rhôny 1988
- Vistre à 200 m3/s
- Mer à 2.5mNGF



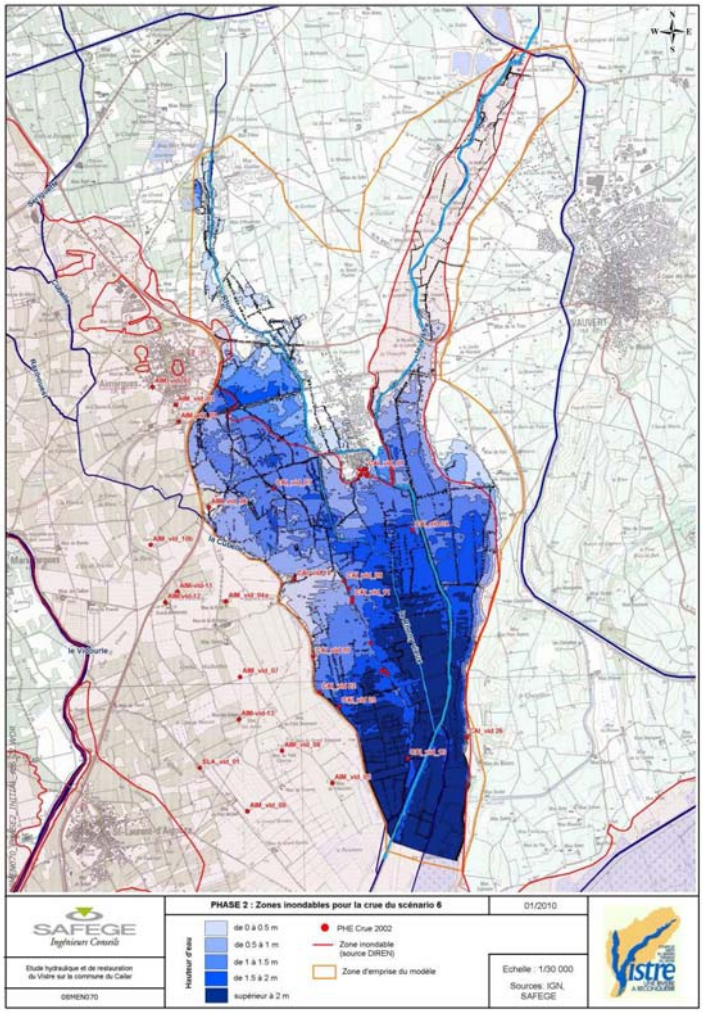
Scénario « 2002 »

- Vidourle 2002
- Rhôny Q100
- Vistre Q10
- Mer à 1mNGF
- Fermeture portes Vidourle



Scénario « Vistre 400 m^3/s »

- Rhôny Q100
- Vistre 400m3/s
- Mer à 2.5mNGF

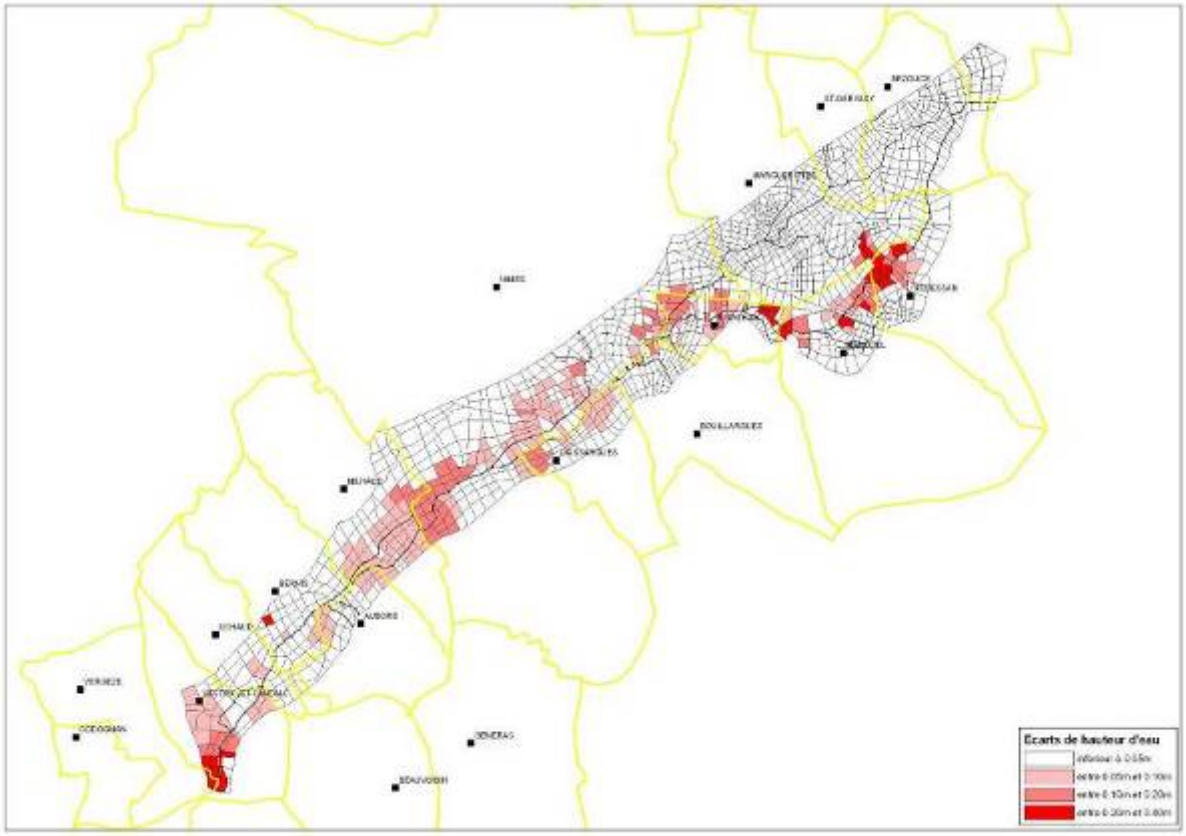


2.4.4 Calage sur la crue de 2005

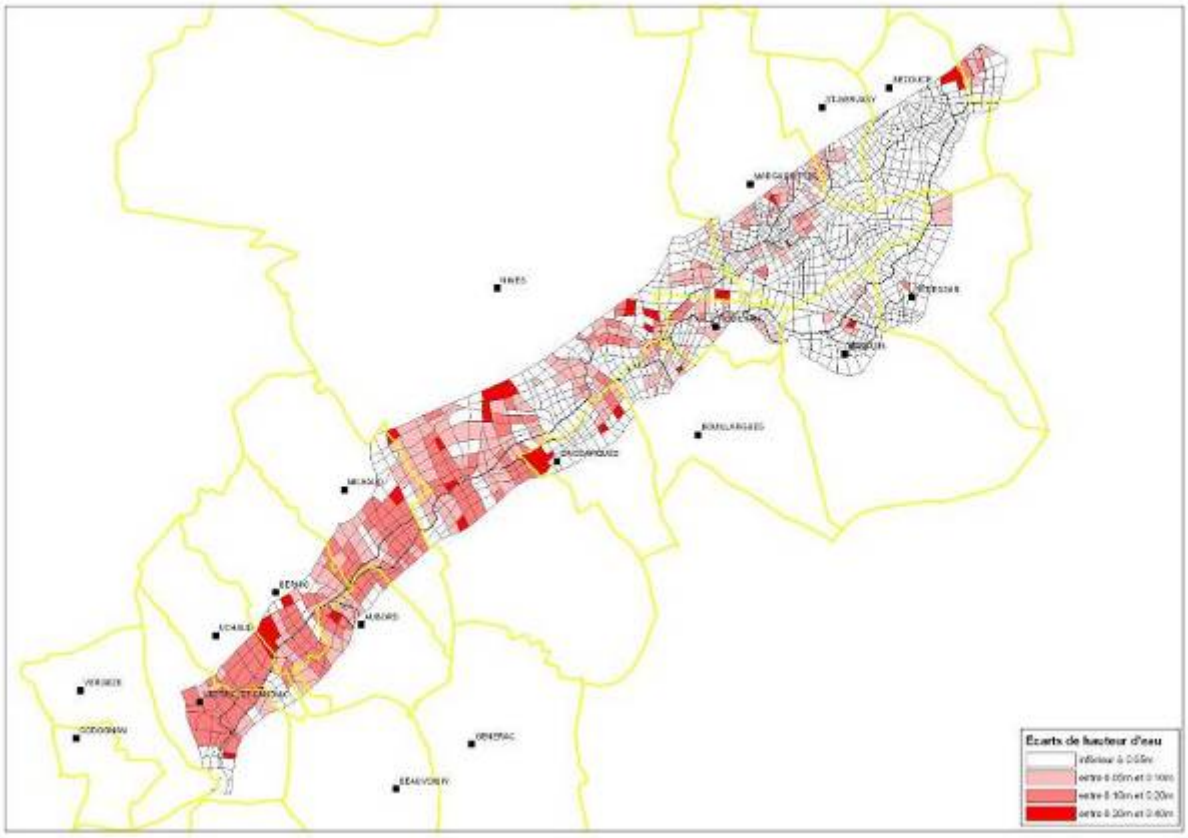
L'analyse préalable des PHE permet d'écarter les repères « douteux » pour le calage de la crue de septembre 2005. Le calage repose ensuite sur deux catégories de PHE : les « validées », qui sont jugées fiables et qu'on analysera en priorité, et les « incertaines », pour lesquelles un doute est permis 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).



En lit majeur : la rugosité fixée à 10 a été remontée à 15, ce qui est élevé pour ce type de champ d'écoulement. 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).

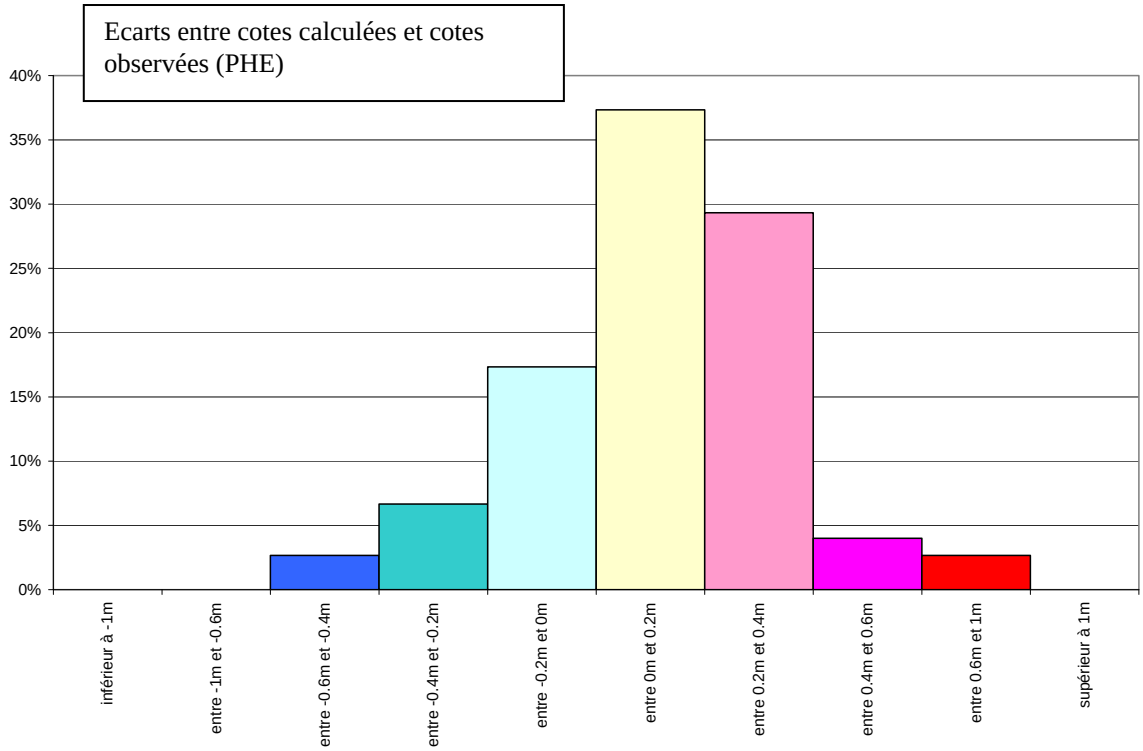


Suite à ces tests de sensibilités, il a été retenu un coefficient de rugosité de 30 en lit mineur et de 10 en lit majeur.

Résultats du calage

Les tests de calage ont principalement portés sur des paramètres hydrologiques (réglage des hydrogrammes).

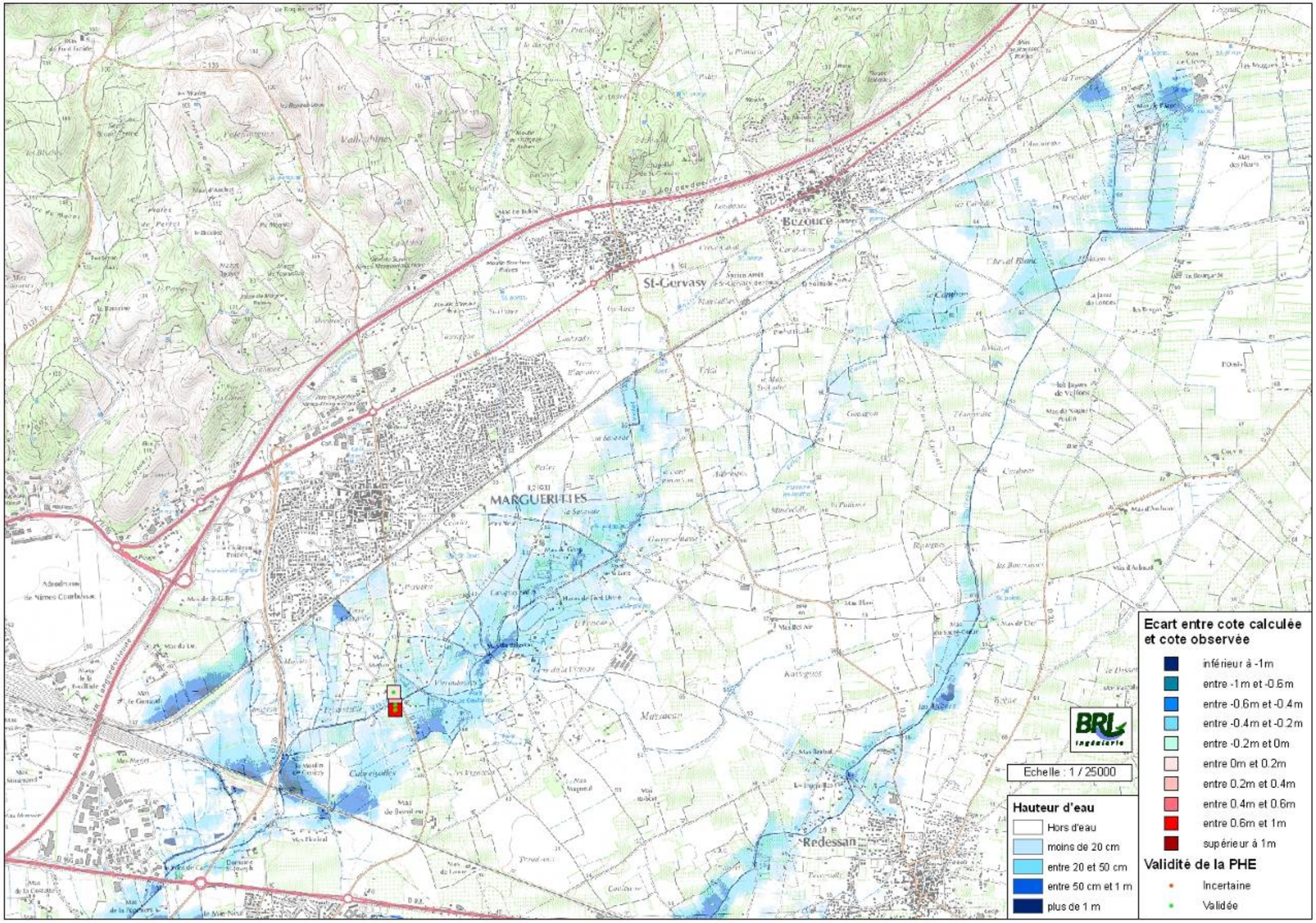
Après avoir écarté les écarts entre cote calculées et cote observée (PHE) expliqués (26), les écarts restants (75) peuvent être classés de la manière suivante :

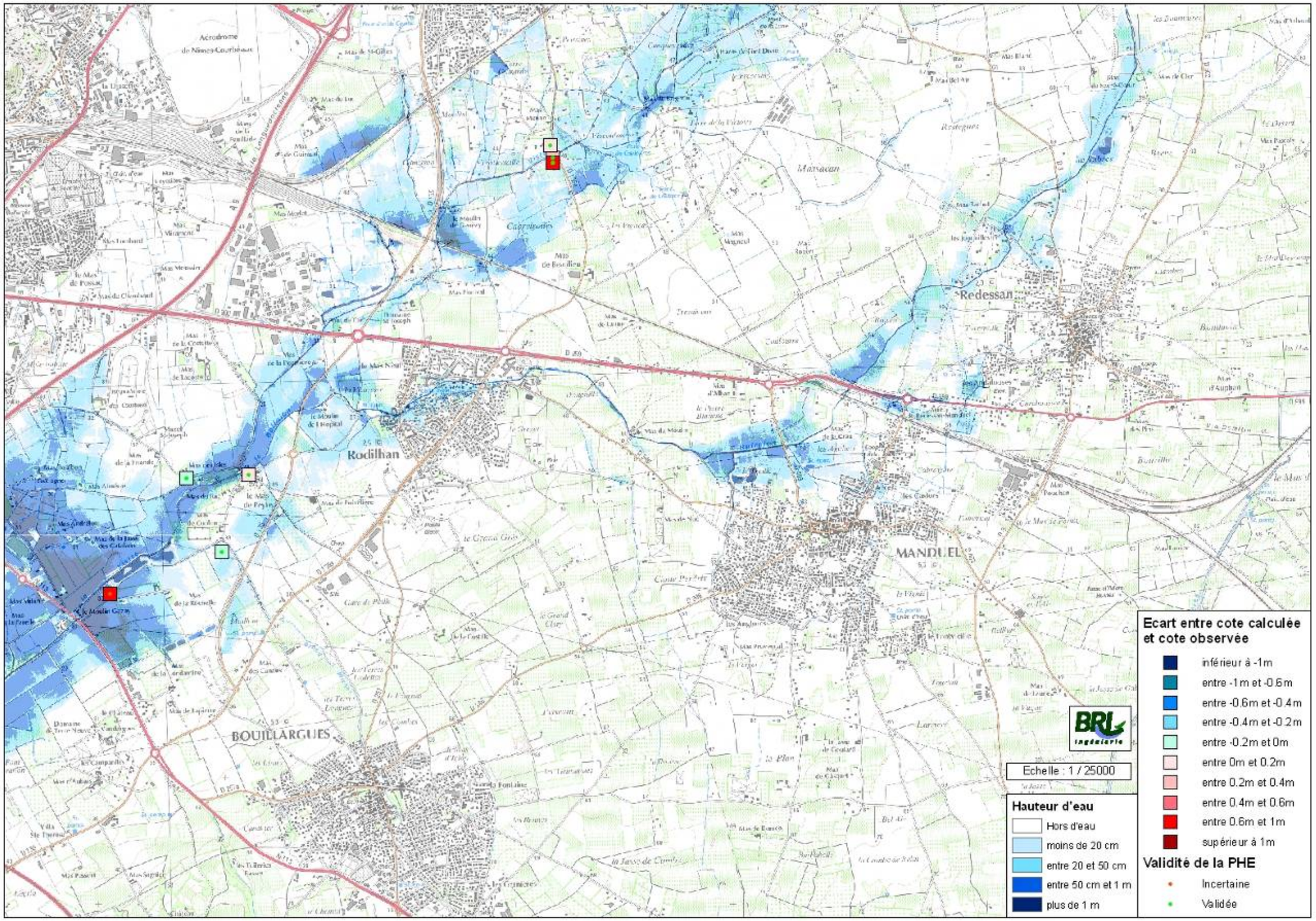


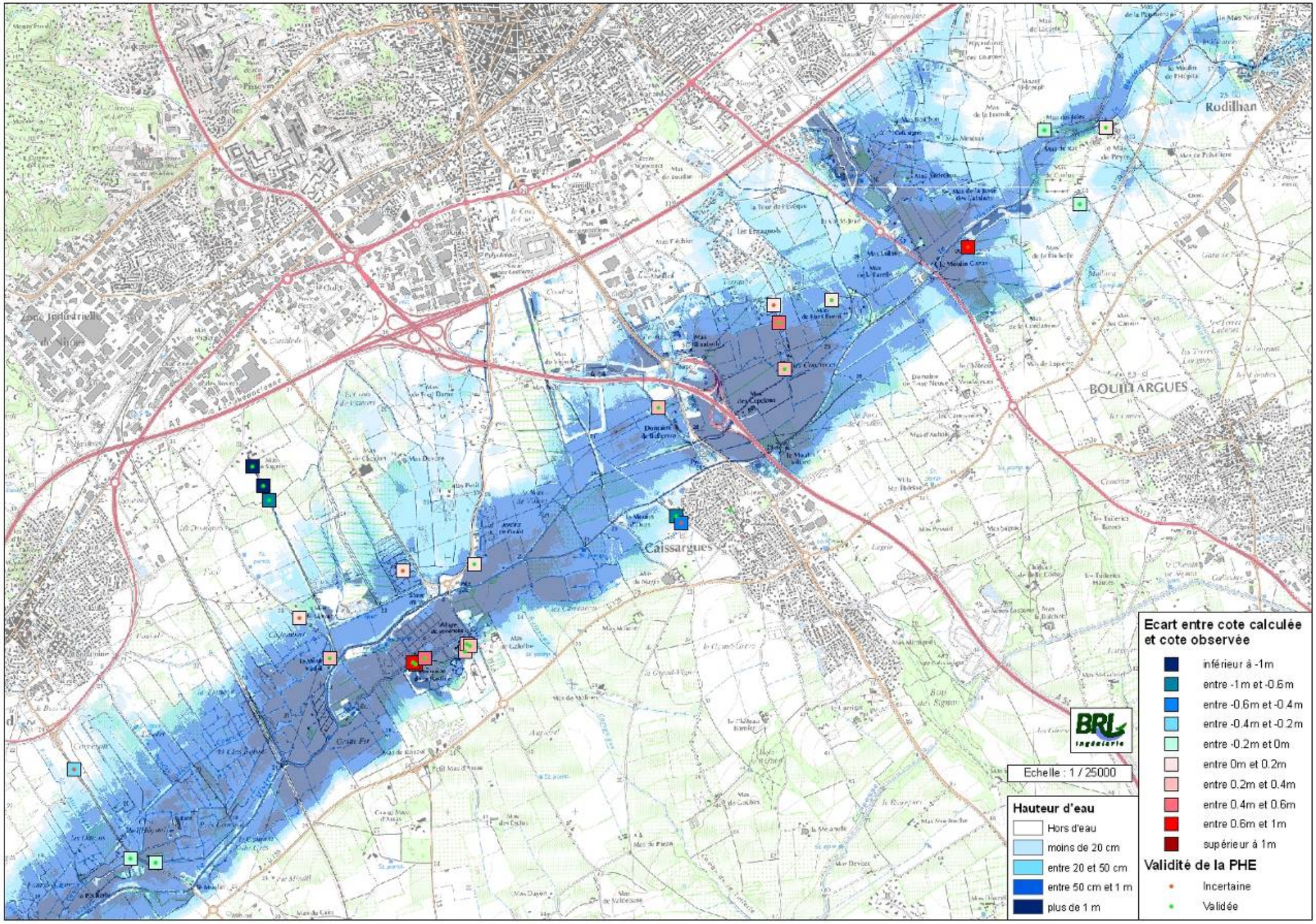
Analyse spatiale des écarts observés

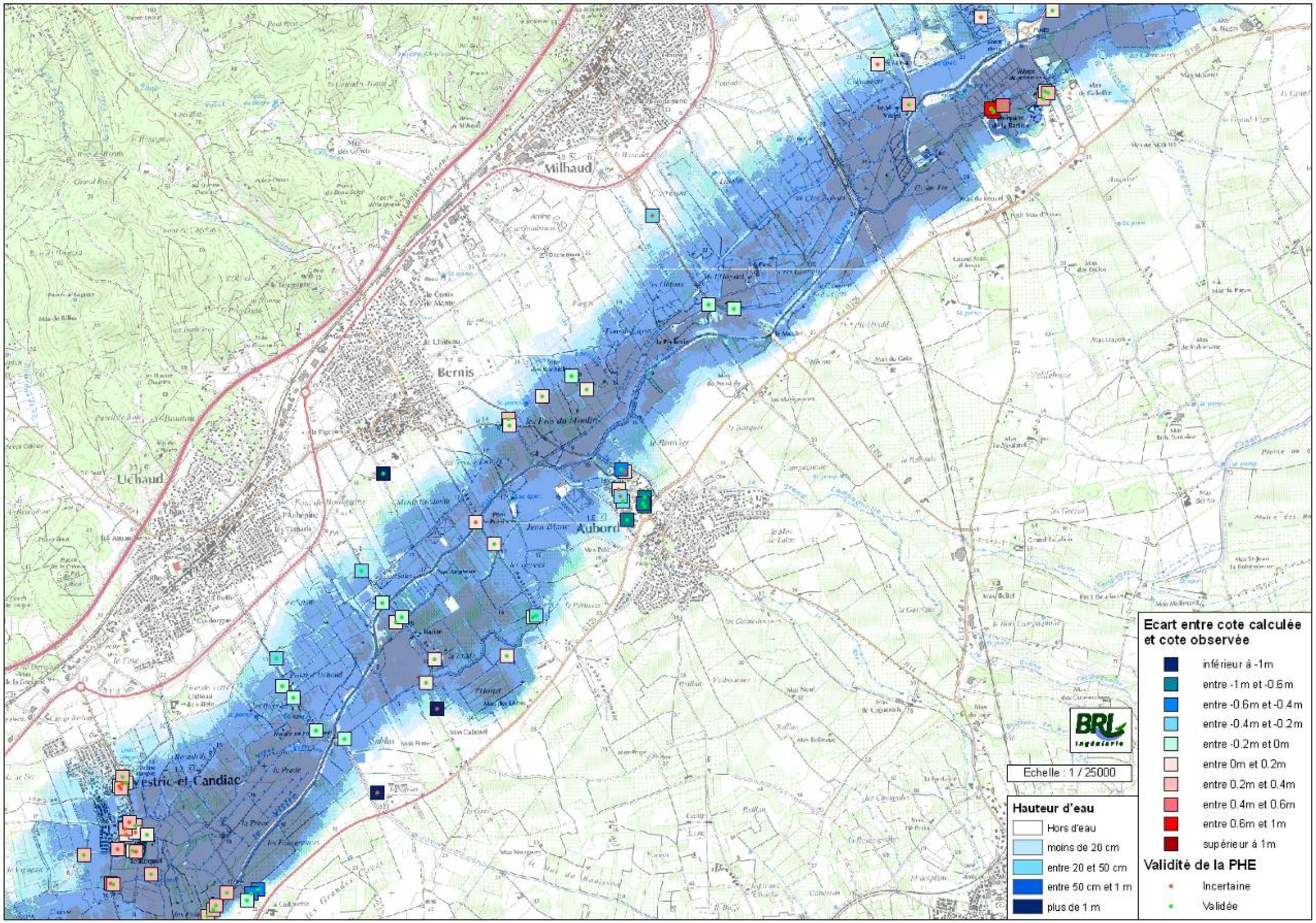
Les vues ci-après permettent de visualiser la zone inondable obtenue pour la crue 2005 calée, ainsi que les écarts obtenus entre les cotes observées et les cotes calculées. (Les écarts importants expliqués, notamment par la présence d'écoulements latéraux à la plaine du Vistre et non modélisés dans le modèle plaine, ont été conservés dans cette analyse).

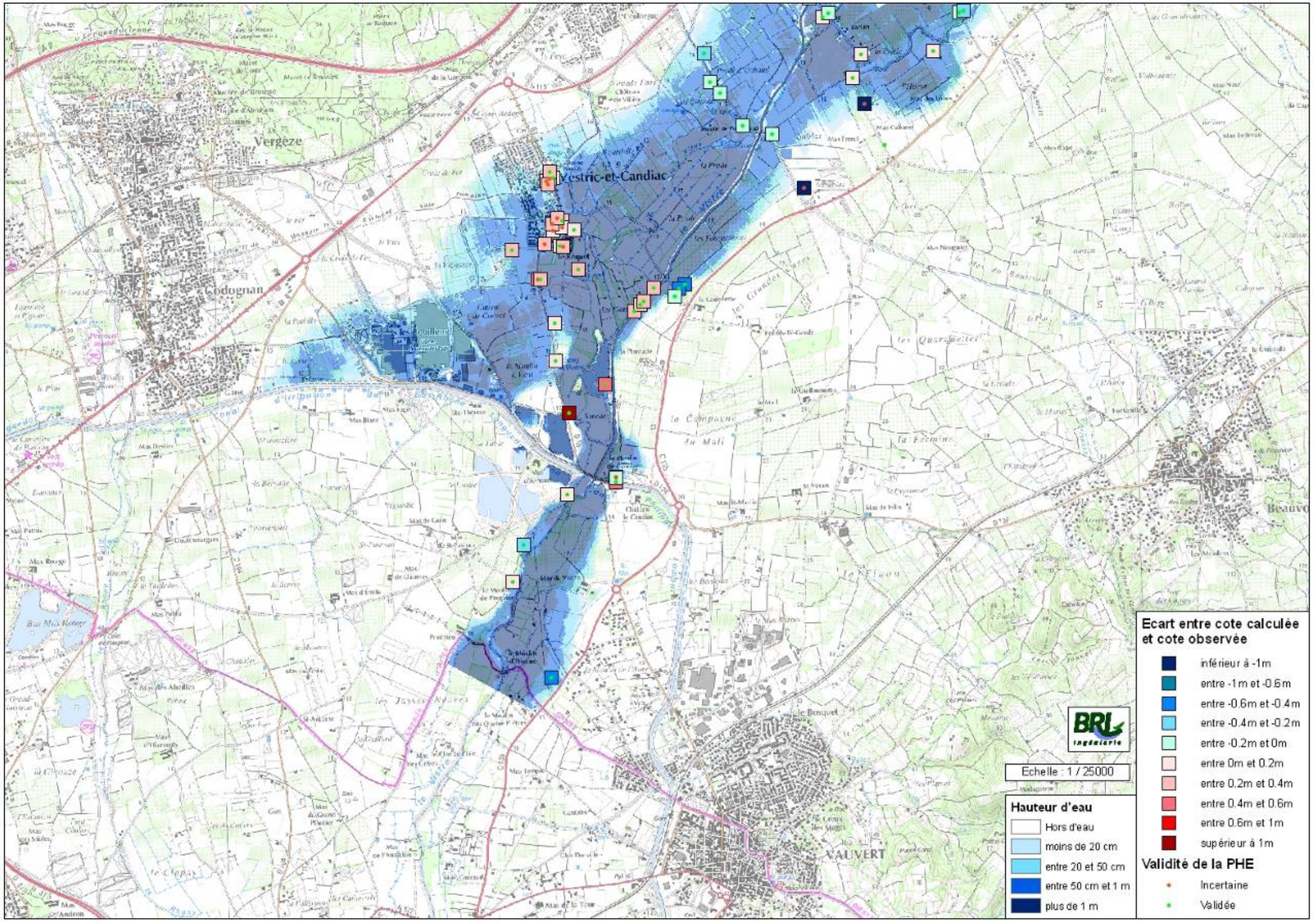
Sur le secteur de la mairie de Vestric, la cote calculée est de 15.48 mNGF, à comparer avec les différents repères levés en 2005 présentés ci-après ; l'écart avec la moyenne des repères est donc de 10cm	


St-Gervasy
Bezouce
MARGUERITTES
Redessan
Ecart entre cote calculée et cote observée
inférieur à -1m
entre -1m et -0.6m
entre -0.6m et -0.4m
entre -0.4m et -0.2m
entre -0.2m et 0m
entre 0m et 0.2m
entre 0.2m et 0.4m
entre 0.4m et 0.6m
entre 0.6m et 1m
supérieur à 1m
Validité de la PHE
Incertaine
Validée
Echelle : 1 / 25000
Hauteur d'eau
Hors d'eau
moins de 20 cm
entre 20 et 50 cm
entre 50 cm et 1 m
plus de 1 m


Redessan
Rodilhan
MANDUEL
BOUILLARGUES
Marsacan
Ecart entre cote calculée et cote observée
inférieur à -1m
entre -1m et -0.6m
entre -0.6m et -0.4m
entre -0.4m et -0.2m
entre -0.2m et 0m
entre 0m et 0.2m
entre 0.2m et 0.4m
entre 0.4m et 0.6m
entre 0.6m et 1m
supérieur à 1m
Validité de la PHE
Incertaine
Validée
Echelle : 1 / 25000
Hauteur d'eau
Hors d'eau
moins de 20 cm
entre 20 et 50 cm
entre 50 cm et 1 m
plus de 1 m


Rodilhan
BOUILLARGUES
Caissargues
Zone Industrielle
Ecart entre cote calculée et cote observée
inférieur à -1m
entre -1m et -0.6m
entre -0.6m et -0.4m
entre -0.4m et -0.2m
entre -0.2m et 0m
entre 0m et 0.2m
entre 0.2m et 0.4m
entre 0.4m et 0.6m
entre 0.6m et 1m
supérieur à 1m
Validité de la PHE
Incertaine
Validée
Echelle : 1 / 25000
Hauteur d'eau
Hors d'eau
moins de 20 cm
entre 20 et 50 cm
entre 50 cm et 1 m
plus de 1 m


Milhaud
Bernis
Uchaud
Aubord
Vestric-et-Candiac
Ecart entre cote calculée et cote observée
inférieur à -1m
entre -1m et -0.6m
entre -0.6m et -0.4m
entre -0.4m et -0.2m
entre -0.2m et 0m
entre 0m et 0.2m
entre 0.2m et 0.4m
entre 0.4m et 0.6m
entre 0.6m et 1m
supérieur à 1m
Validité de la PHE
Incertaine
Validée
BRL ingénierie
Echelle : 1 / 25000
Hauteur d'eau
Hors d'eau
moins de 20 cm
entre 20 et 50 cm
entre 50 cm et 1 m
plus de 1 m


Vergèze
Codognan
Vestric-et-Candiac
VAUVERT
Ecart entre cote calculée et cote observée
inférieur à -1m
entre -1m et -0.6m
entre -0.6m et -0.4m
entre -0.4m et -0.2m
entre -0.2m et 0m
entre 0m et 0.2m
entre 0.2m et 0.4m
entre 0.4m et 0.6m
entre 0.6m et 1m
supérieur à 1m
Validité de la PHE
Incertaine
Validée
Echelle : 1 / 25000
Hauteur d'eau
Hors d'eau
moins de 20 cm
entre 20 et 50 cm
entre 50 cm et 1 m
plus de 1 m

CONCLUSION SUR LE CALAGE

Le calage sur les repères de la crue du 8 septembre 2005 est considéré comme satisfaisant.

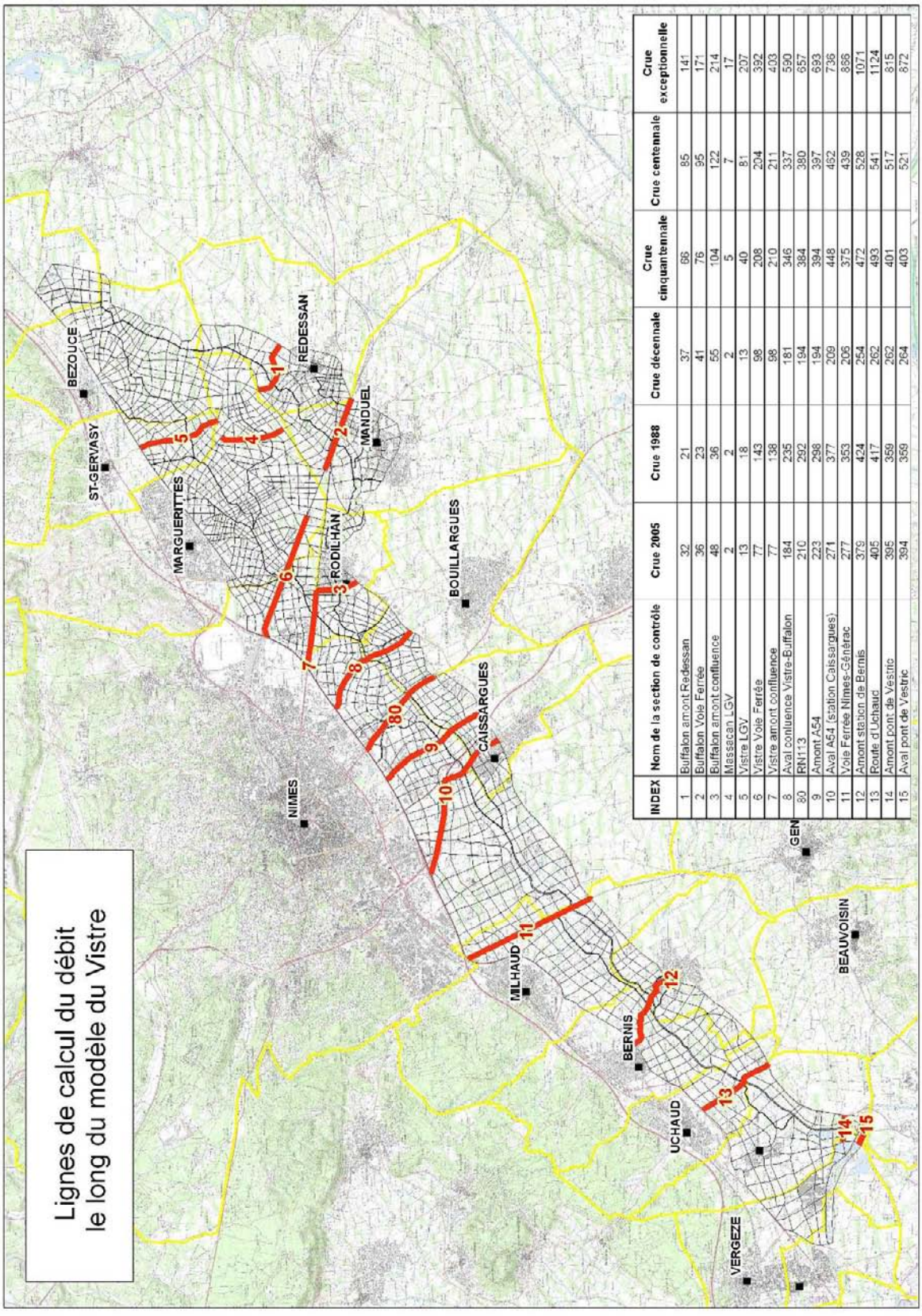
Les repères de PHE pour les crues de 1988, 2002 et 2003 sont trop peu nombreux (Cf. tableau § 221) pour envisager un calage complémentaire.

2.4.5 Résultats des simulations

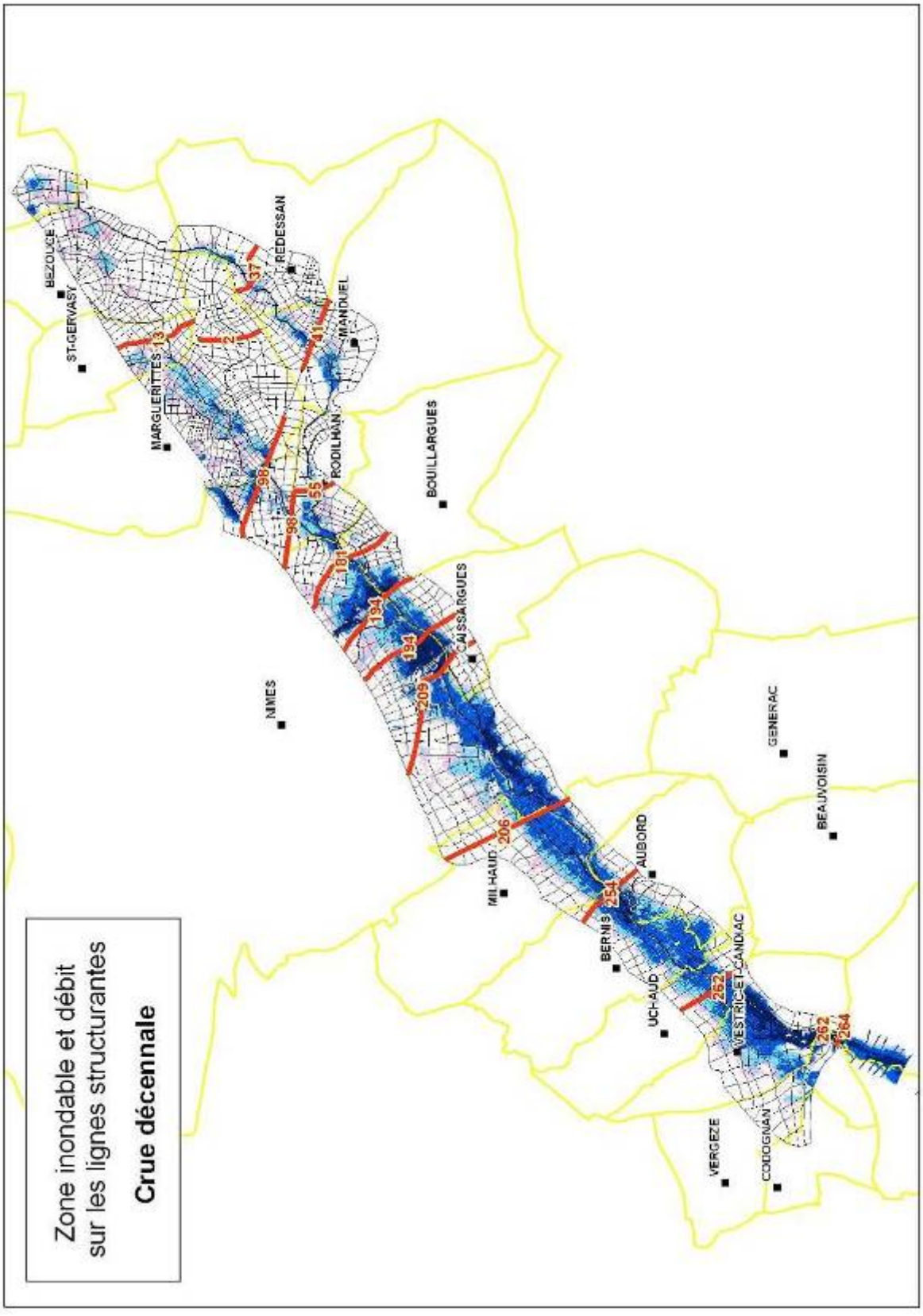
Les débits transitant le long du Vistre et du Buffalon sont présentés en différents points au droit de lignes de calcul correspondant généralement aux lignes structurantes (routes et voies ferrées).

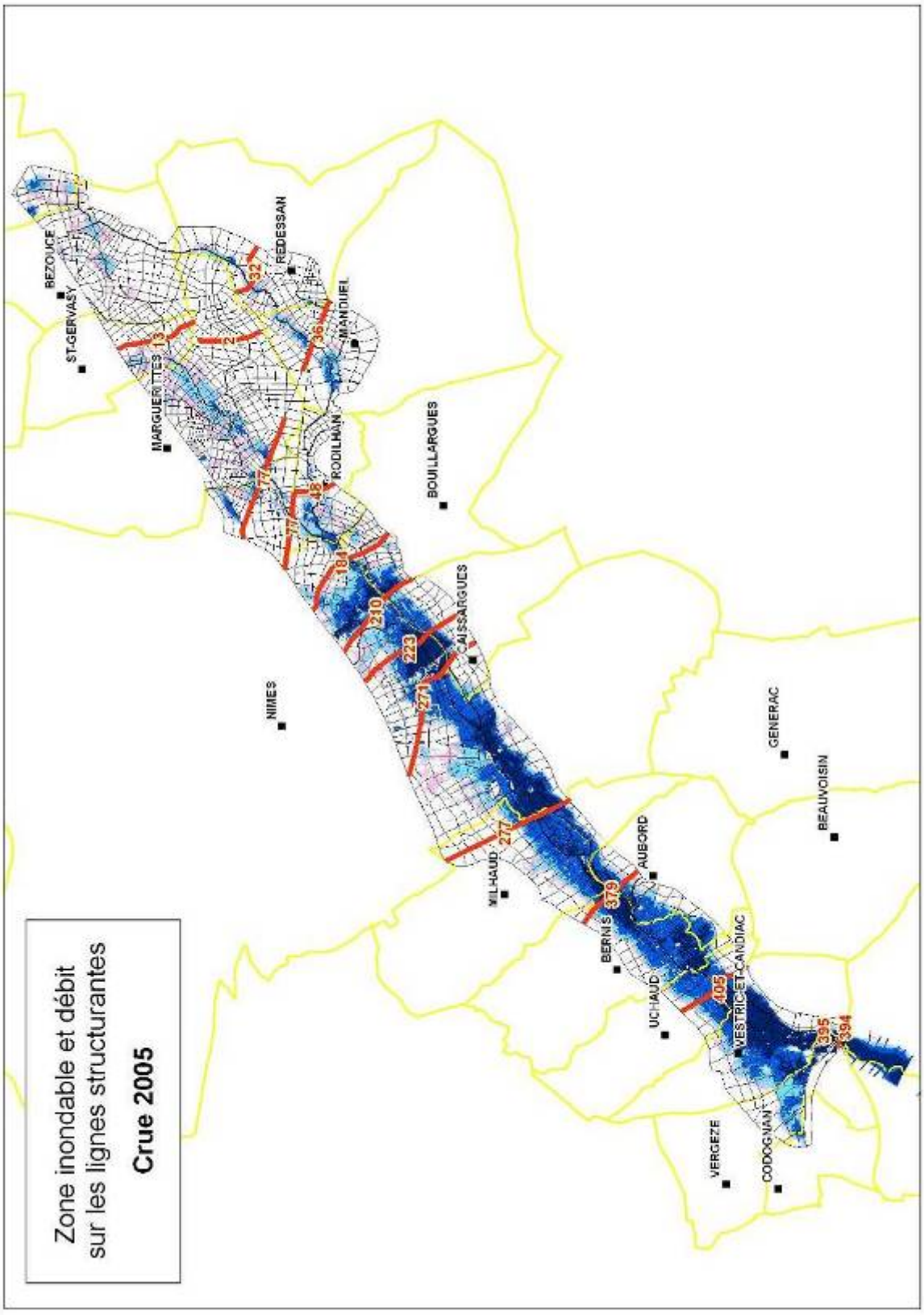
Les débits et zones inondées obtenus sont figurés et synthétisés sur les cartes ci-après.

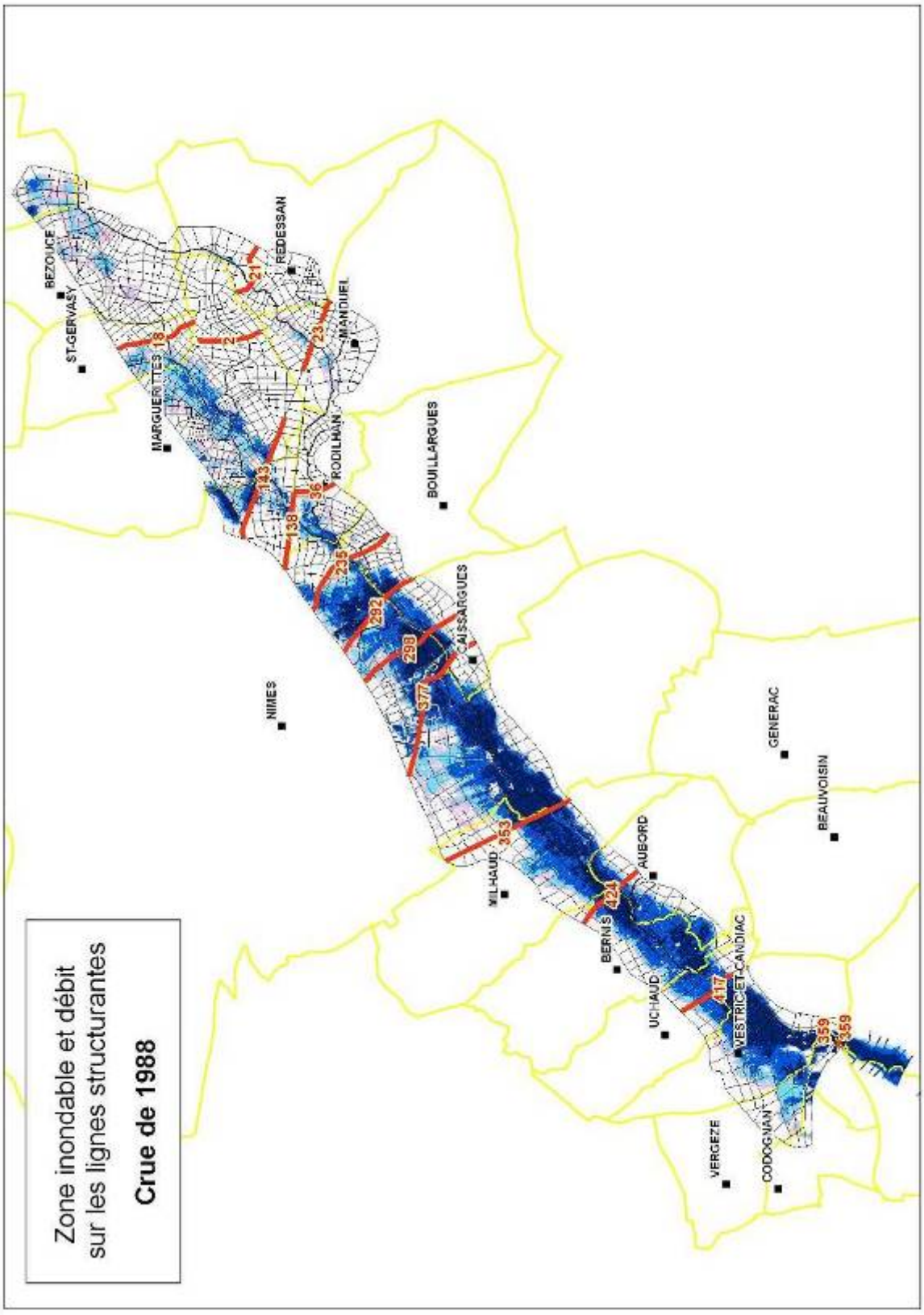
Les hydrogrammes correspondants sont fournis en annexe 3.

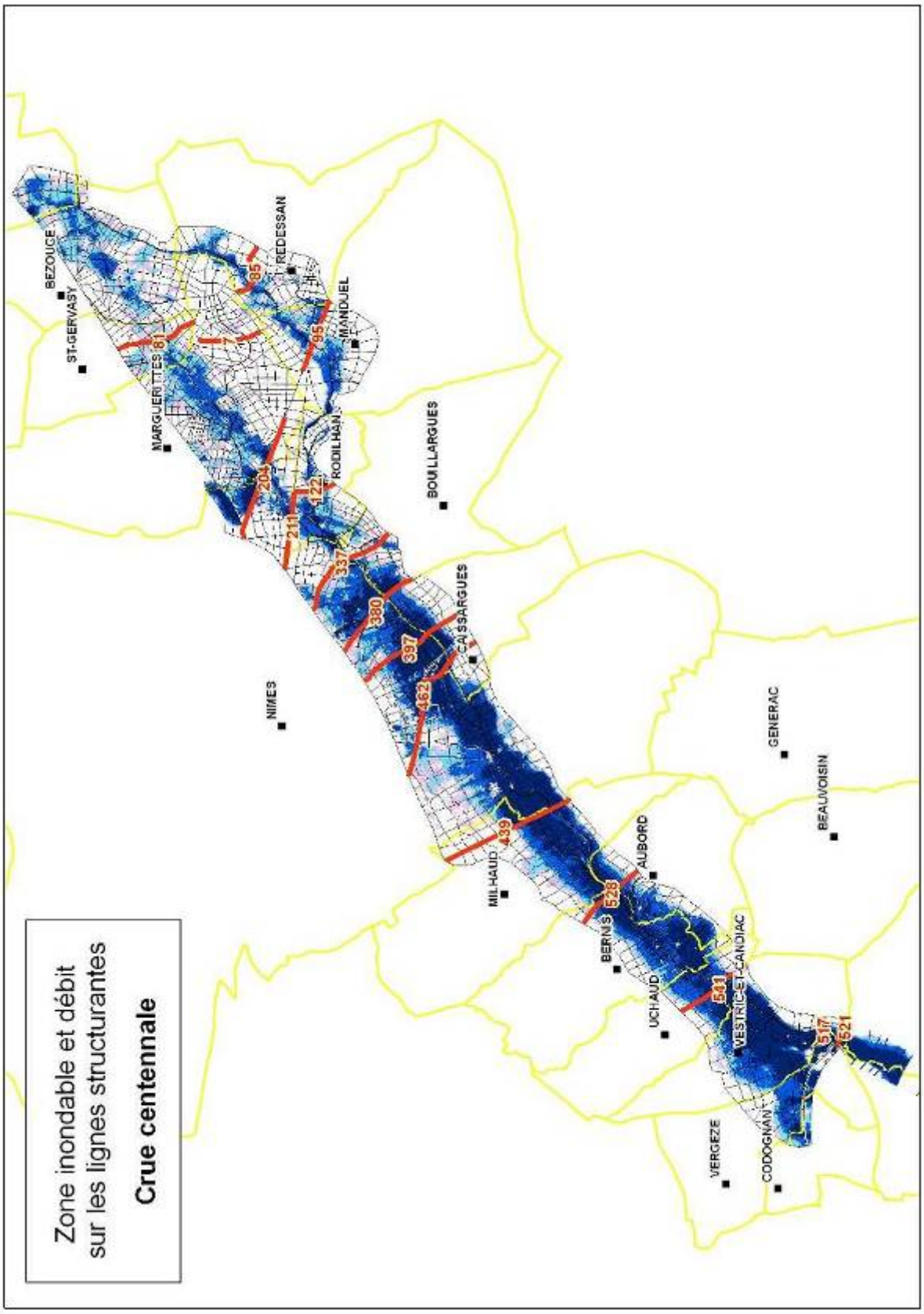


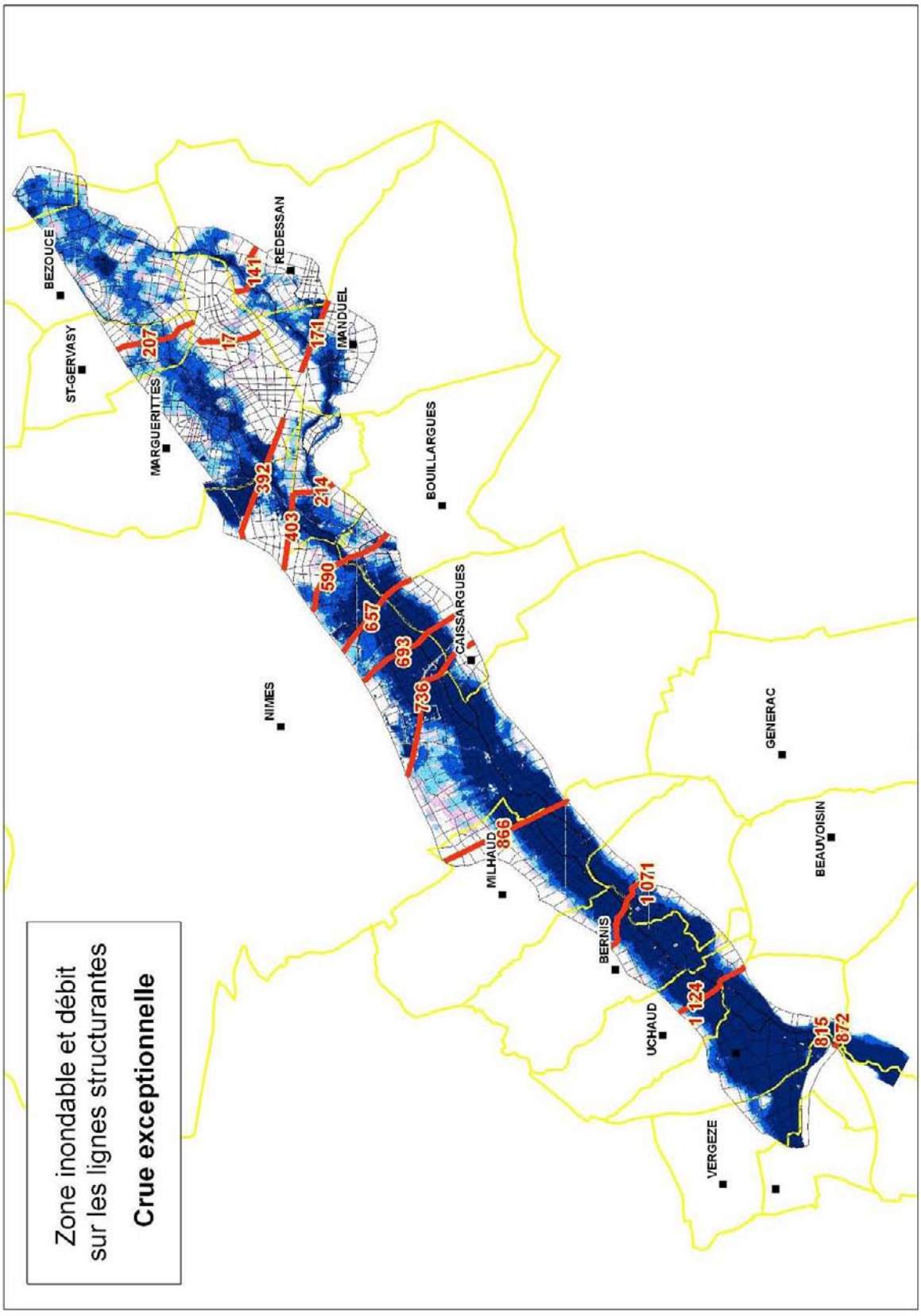
INDEX	Nom de la section de contrôle	Crue 2005	Crue 1988	Crue décennale	Crue cinquantennale	Crue centennale	Crue exceptionnelle
1	Buffalon amont Redessan	32	21	37	66	85	141
2	Buffalon Voie Ferrée	36	23	41	76	95	171
3	Buffalon amont confluence	48	36	55	104	122	214
4	Massacan LGV	2	2	2	5	7	17
5	Vistre LGV	13	18	13	40	81	207
6	Vistre Voie Ferrée	77	143	98	208	204	392
7	Vistre amont confluence	77	138	98	210	211	403
8	Aval confluence Vistre-Buffalon	184	235	181	346	337	590
80	RN113	210	292	194	384	380	657
9	Amont A54	223	298	194	394	397	693
10	Aval A54 (station Caissargues)	271	377	209	448	452	736
11	Voie Ferrée Nîmes-Générac	277	353	206	375	439	886
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


Zone inondable et débit
sur les lignes structurantes
Crue décennale
BEZOUCE
ST-GERVASY
REDESSAN
MANDUEL
MARGUERITTES
RODILHAN
BOUILLARGUES
CAISSARGUES
NIMES
GENERAC
BEAUVOISIN
MILHAUD
AUBORD
BERNIS
UCHAUD
VESTRIC-ET-CANDIAC
VERGEZE
CODOGNAN
137
13
2
41
98
55
96
181
194
194
209
206
254
262
262
264


Zone inondable et débit
sur les lignes structurantes
Crue 2005
REZOUZE
ST-GERVASY
REDESSAN
MANDUEL
MARGUERITTES
RODILHAN
BOUILLARGUES
CAISSARGUES
NIMES
GENERAC
BEAUVOISIN
AUBORD
VILHAUD
BERNIS
UCHAUD
VESTRIC ET CANDIAC
VERGEZE
CODOGNAN
13
2
32
36
177
48
184
210
223
271
277
379
405
395
394


Zone inondable et débit
sur les lignes structurantes
Crue de 1988
REZOUCE
ST-GERVASY
REDESSAN
MANDUEL
MARGUERITTES
RODILHAN
BOUILLARGUES
CAISSARGUES
NIMES
GENERAC
BEAUVOISIN
AUBORD
VILHAUD
BERNIS
UCHAUD
VESTRIC ET CANDIAC
VERGEZE
CODOGNAN
18
21
2
23
143
138
36
235
292
298
377
353
424
417
359
359


BEZOUCE
ST-GERVASY
REDESSAN
MANDUEL
MARGUERITTES
RODILHAN
BOUILLARGUES
CASSARGUES
NIMES
GENERAC
BEAUVOISIN
AUBORD
MILHAUD
BERNIS
UCHAUD
VESTRIC-ET-CANDIAC
VERGEZE
CODOGNAN
85
81
7
95
204
122
211
337
380
397
462
439
528
541
517
521
Zone inondable et débit sur les lignes structurantes
Crue centennale


BEZOUCE
REDESSAN
ST-GERVASY
MANDUEL
MARGUERITTES
BOUILLARGUES
CAISSARGUES
NIMES
GENERAC
BEAUVOISIN
MILHAUD
BERNIS
UCHAUD
VERGEZE
207
17
141
171
392
214
403
590
657
693
736
866
1071
1124
815
872
Zone inondable et débit sur les lignes structurantes
Crue exceptionnelle

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^3/s, la crue 2005 à 394 m^3/s, la crue 1988 à 359 m^3/s, la crue centennale à 521 m^3/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.

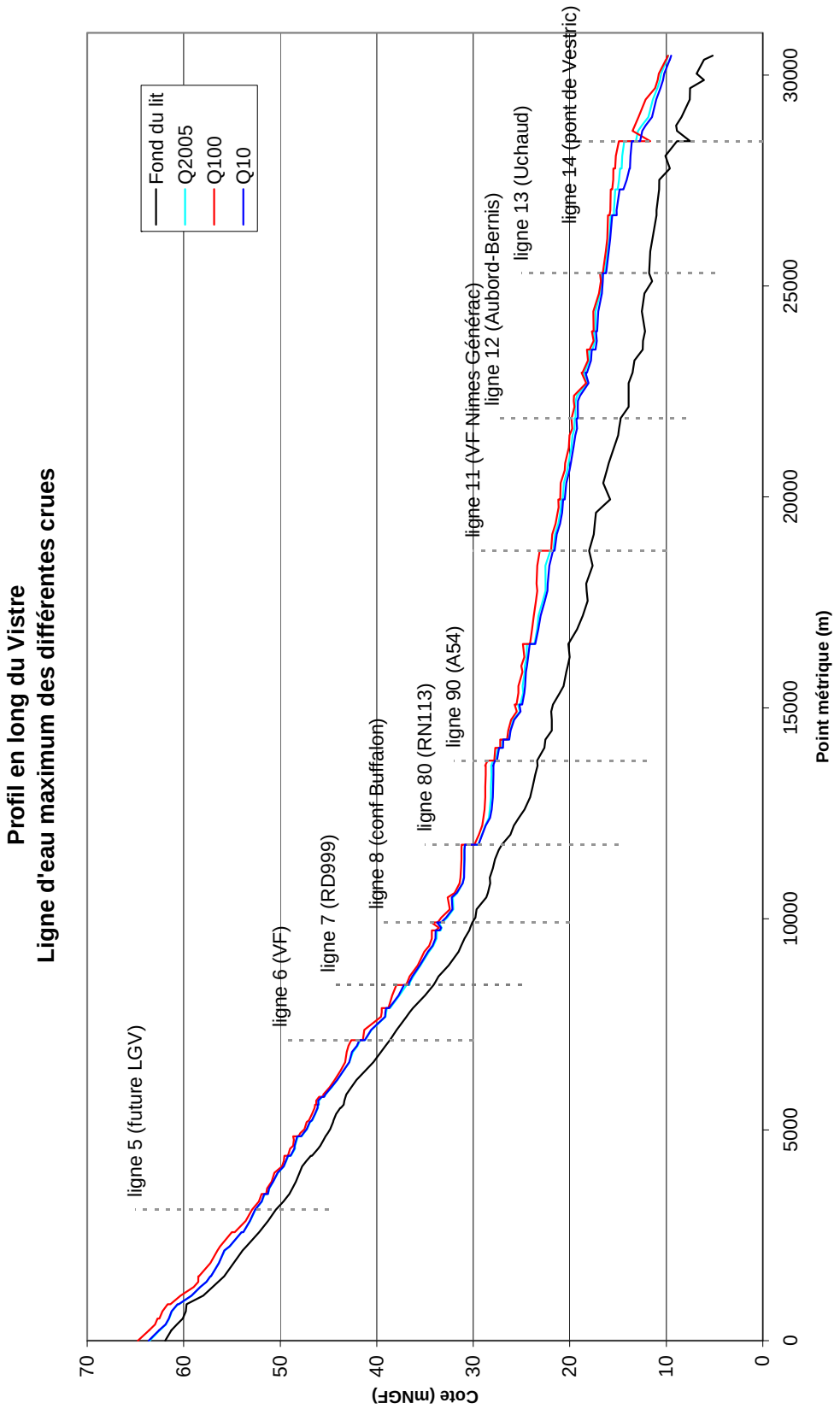
Les résultats obtenus sont les suivants :

Avec la digue	Effacement de la digue

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

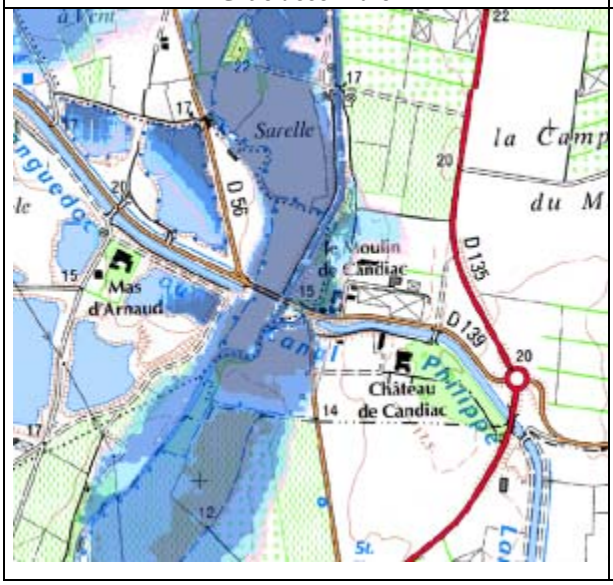
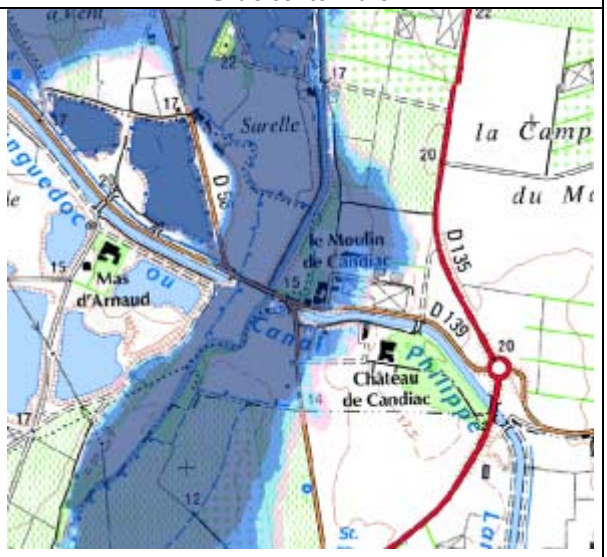
La ligne d'eau maximum du Vistre pour différentes crues modélisées est présentée sur le graphe ci-après.


Profil en long du Vistre
Ligne d'eau maximum des différentes crues
Fond du lit
Q2005
Q100
Q10
ligne 5 (future LGV)
ligne 6 (VF)
ligne 7 (RD999)
ligne 8 (conf Buffalon)
ligne 80 (RN113)
ligne 90 (A54)
ligne 11 (VF Nimes Générac)
ligne 12 (Aubord-Bernis)
ligne 13 (Uchaud)
ligne 14 (pont de Vestric)
Cote (mNGF)
70
60
50
40
30
20
10
0
Point métrique (m)
0
5000
10000
15000
20000
25000
30000

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).

Crue décennale	***Crue centennale***
	

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.

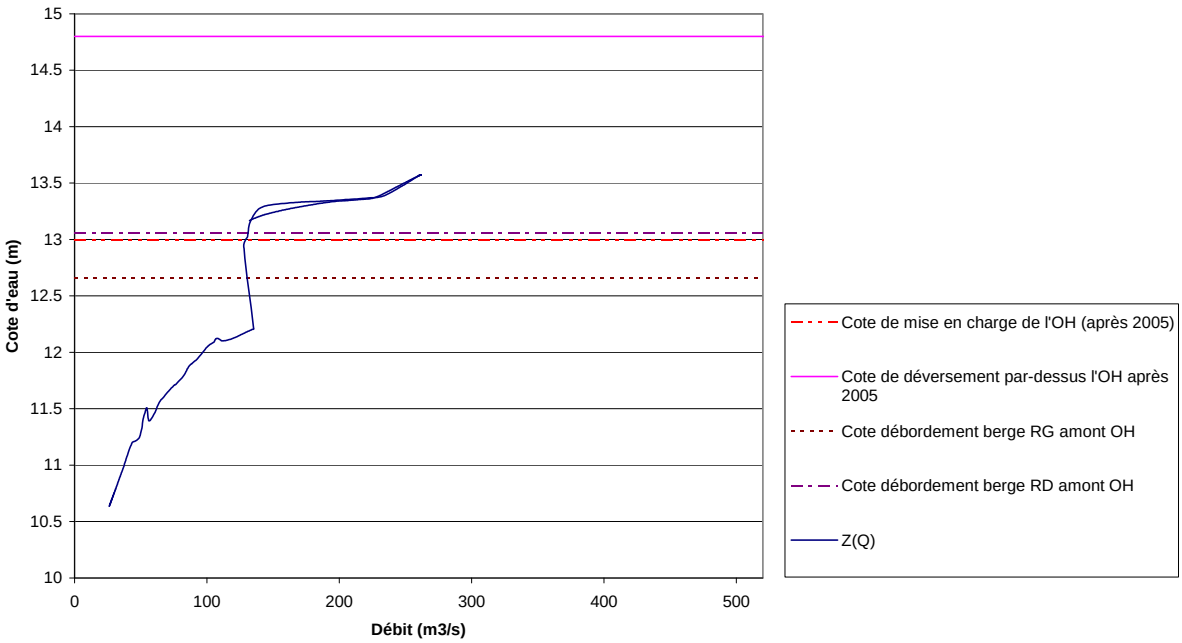
Le pont a été modélisé pour les crues 10 et 100 ans en situation actuelle, après les travaux de réparation et de confortement. La section d'écoulement du pont a été globalement assez peu modifiée lors des travaux, mais la cote de mise en charge est passée de 12,3 à 13,0 mNGF, et la cote de déversement 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.

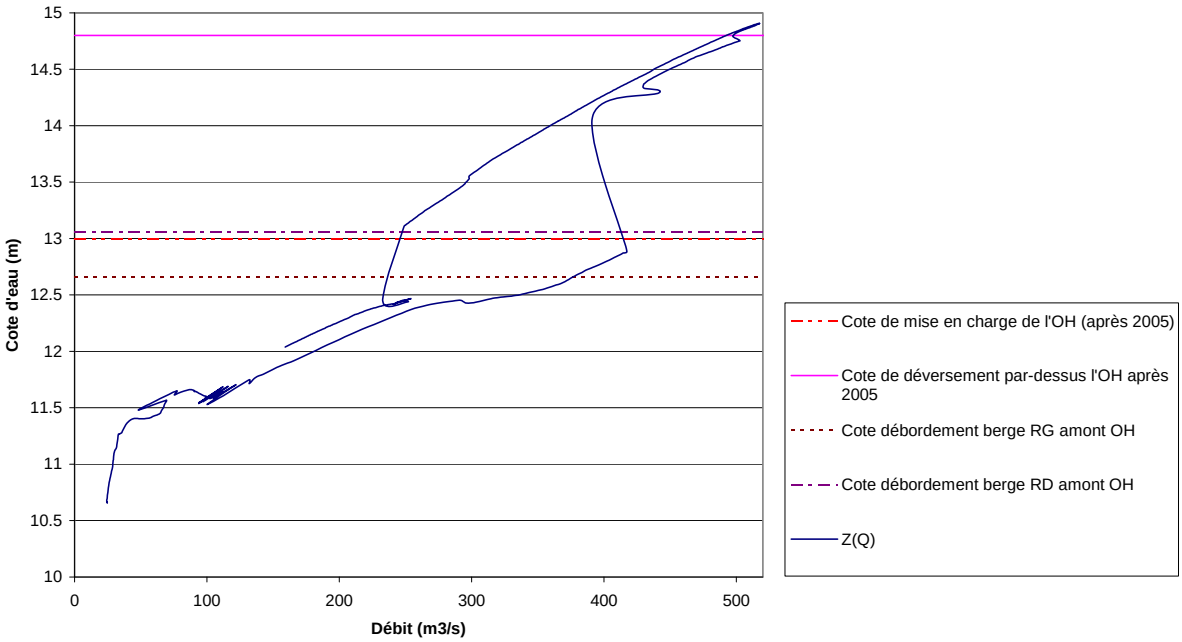
Le pont se met en charge rapidement et déverse pour la crue centennale, aux environ de 500m^3/s.

Le remous en lit mineur induit par le pont de Vestric pour la crue centennale est d'environ 3.24 m.

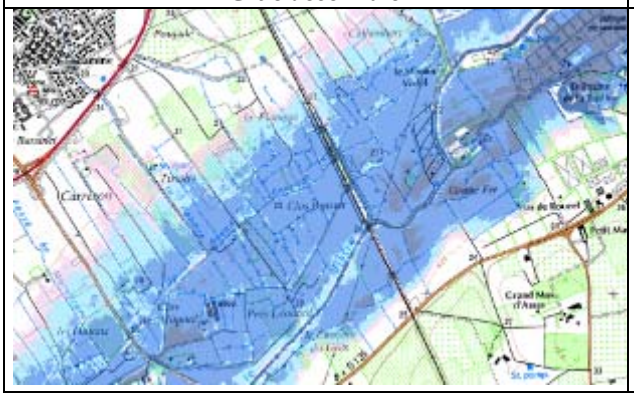
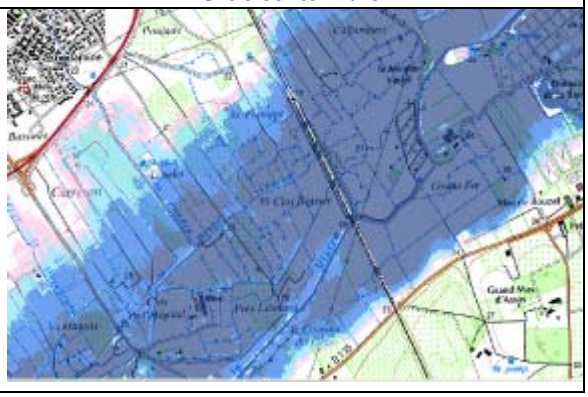
Courbe Z(Q) 10ans amont du pont de Vestric (ligne 14)



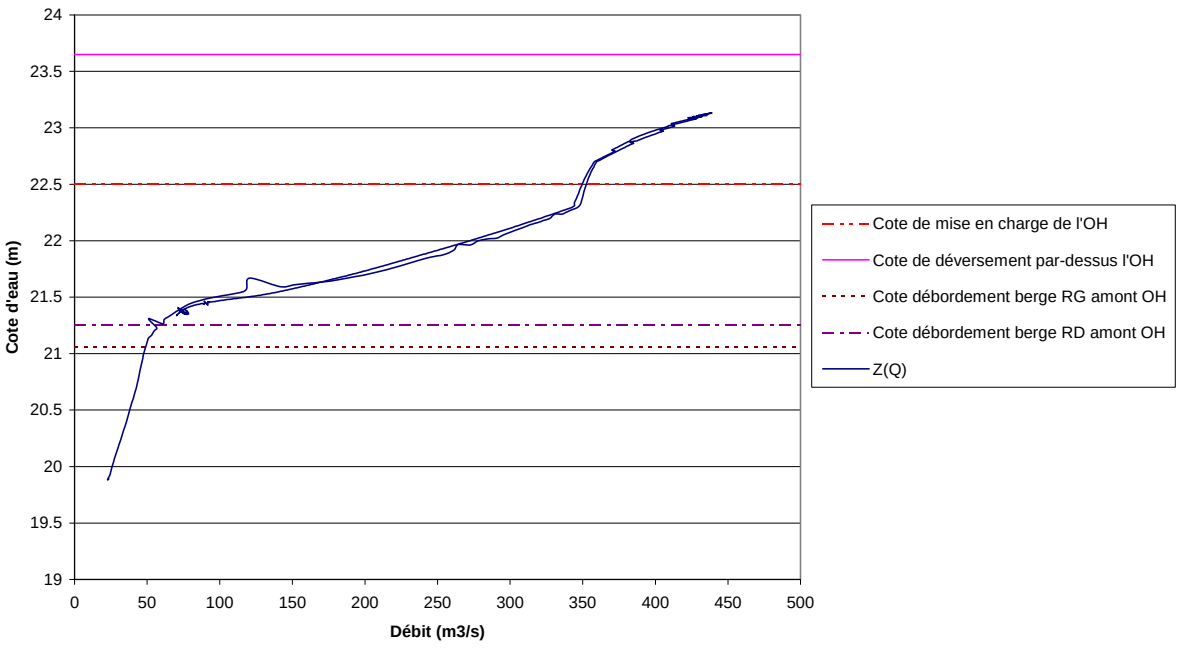
Courbe Z(Q) 100ans amont du pont de Vestric (ligne 14)

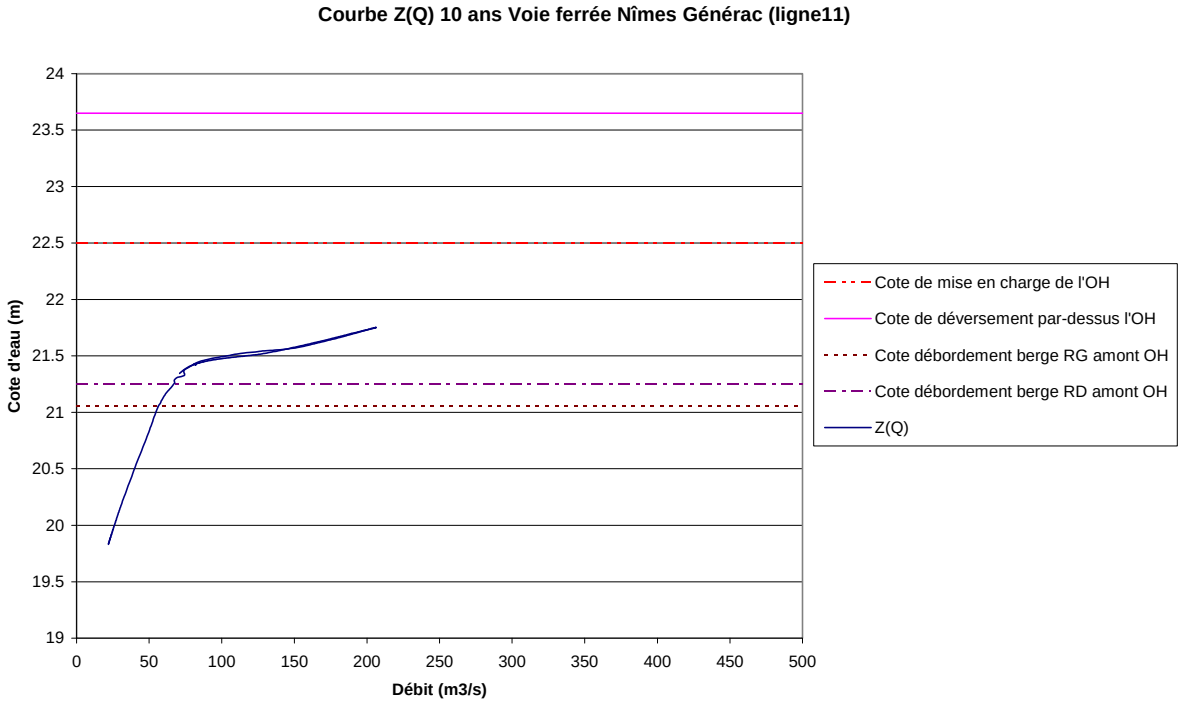


Voie ferrée Nîmes-Générac (ligne 11)

Crue décennale	*Crue centennale*
	

Courbe Z(Q) 100 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 m² 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^3/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

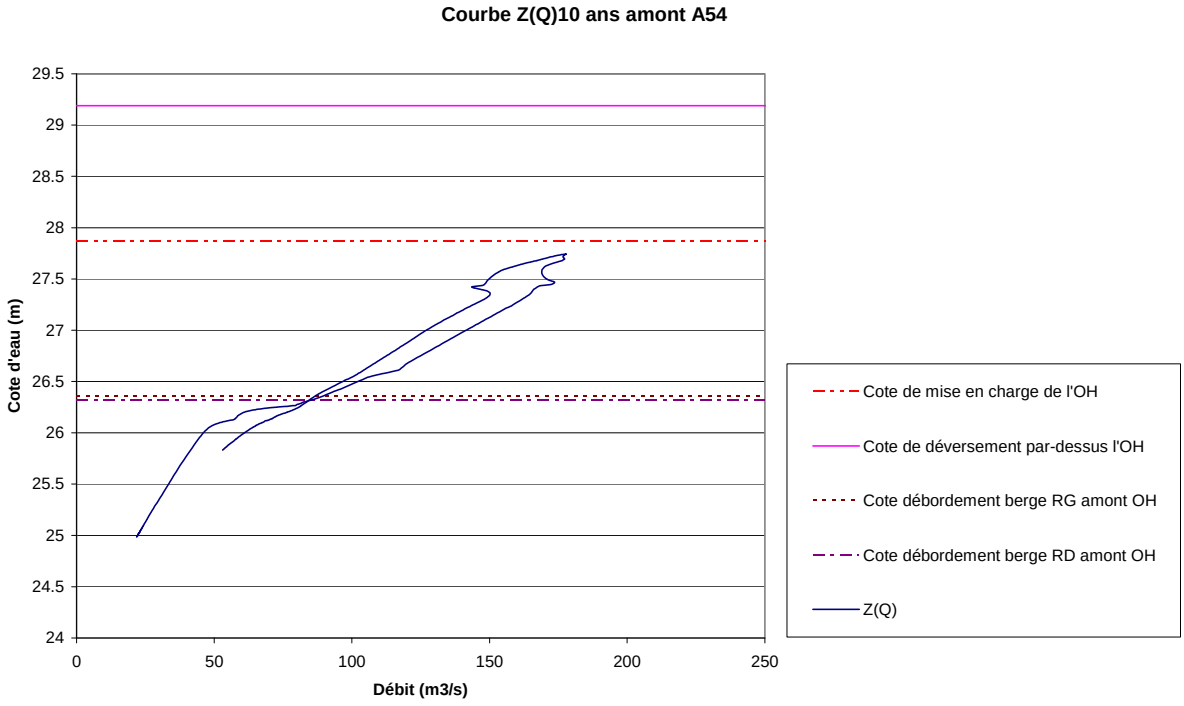
Crue décennale	*Crue centennale*

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.

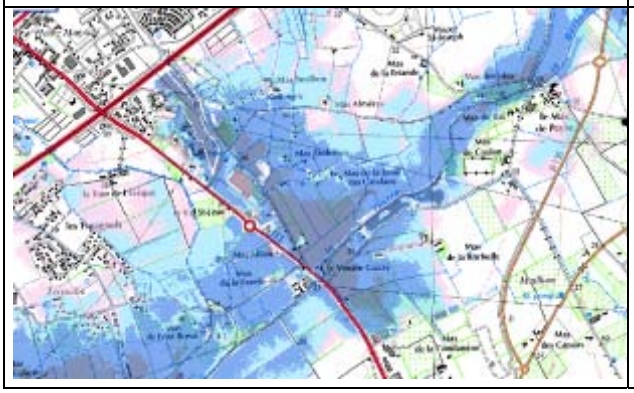
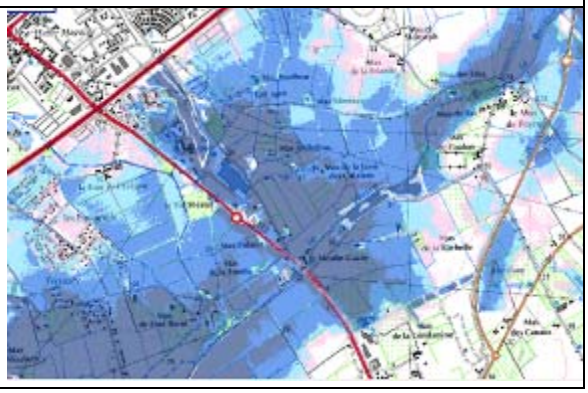
La RD 42 n'est pas submergée par les crues du Vistre au sud de l'autoroute, mais est inondée par la crue centennale plus loin en rive droite, dans le secteur du giratoire du péage de l'autoroute.

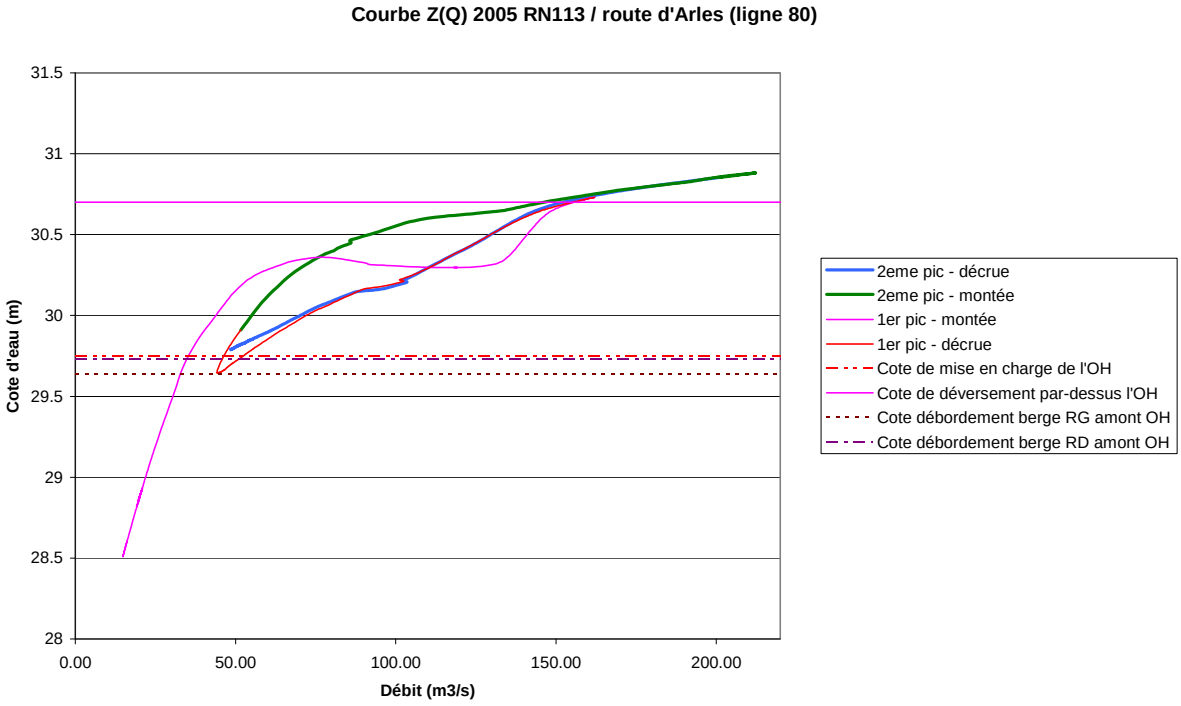
Le remous en lit mineur induit par l'A54 pour la crue centennale est d'environ 0.67 m.

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.



Route d'Arles – RN113 (ligne 80)

Crue décennale	*Crue centennale*
	

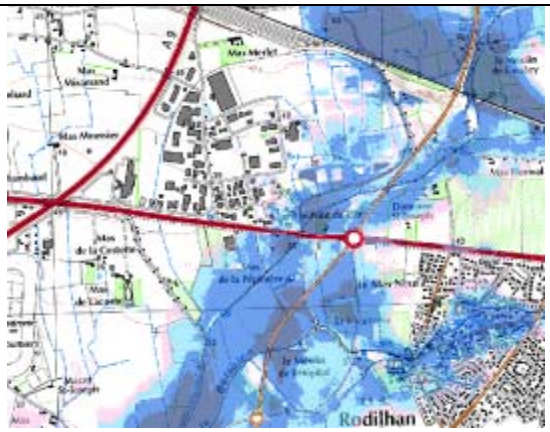


Il existe également sur ce secteur un deuxième bras du Vistre qui franchit la RN113 en rive droite et qui reprend la part des apports du cadereau d'Uzès qui n'a pas débordée vers le Vistre entre l'A9 et la route d'Arles.

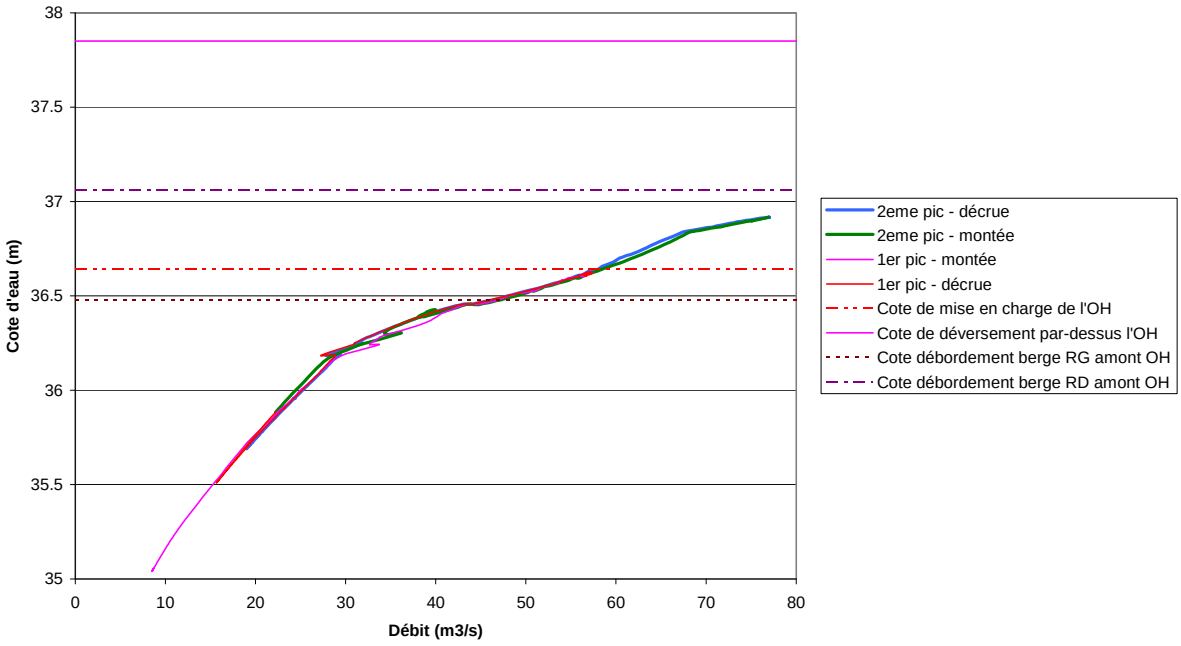
Le pont du Vistre sur la RN113 est mis en charge très rapidement, avant 50 m^3/s, et déverse à partir de 150 m^3/s (crue décennale : 194 m^3/s, crue centennale : 380 m^3/s).

Le remous en lit mineur induit par la RN113 pour la crue centennale est d'environ 1.31 m

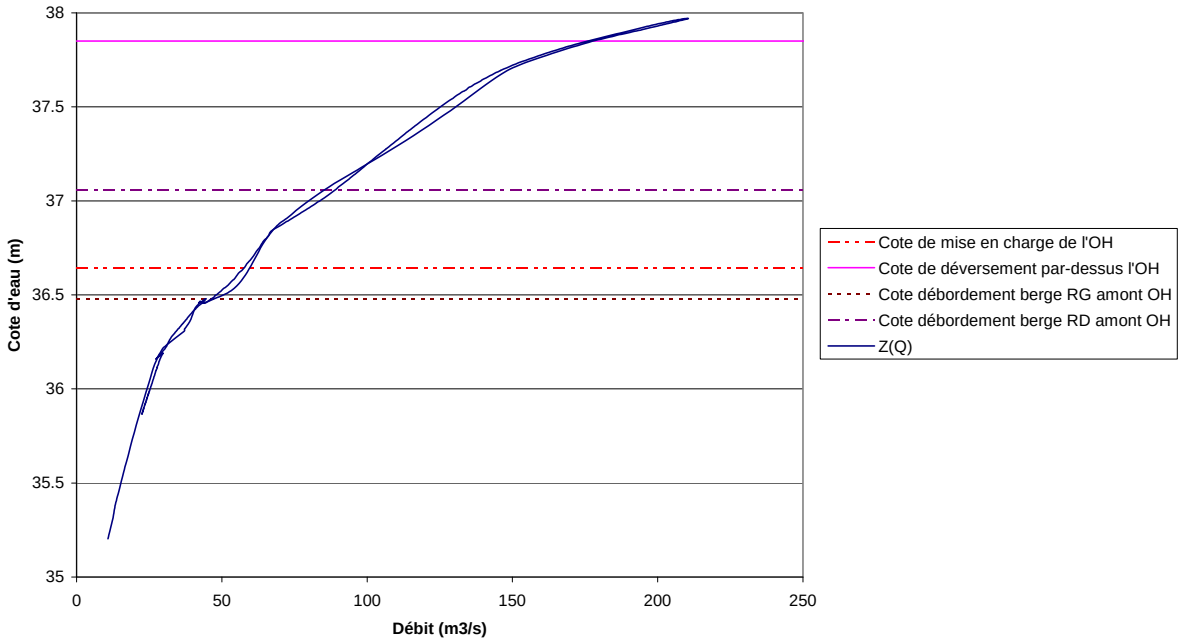
Haut Vistre au droit de la RD999 (ligne 7)

Crue décennale	*Crue centennale*
	

Courbe Z(Q) 2005 amont confluence Buffalon RD999 (ligne 7)



Courbe Z(Q) 100 ans amont confluence Buffalon RD999 (ligne 7)

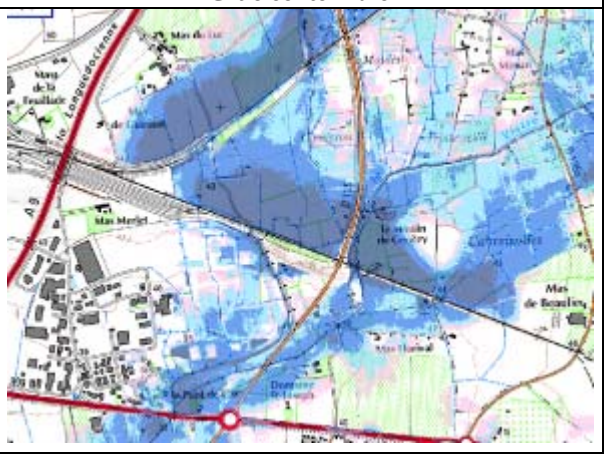


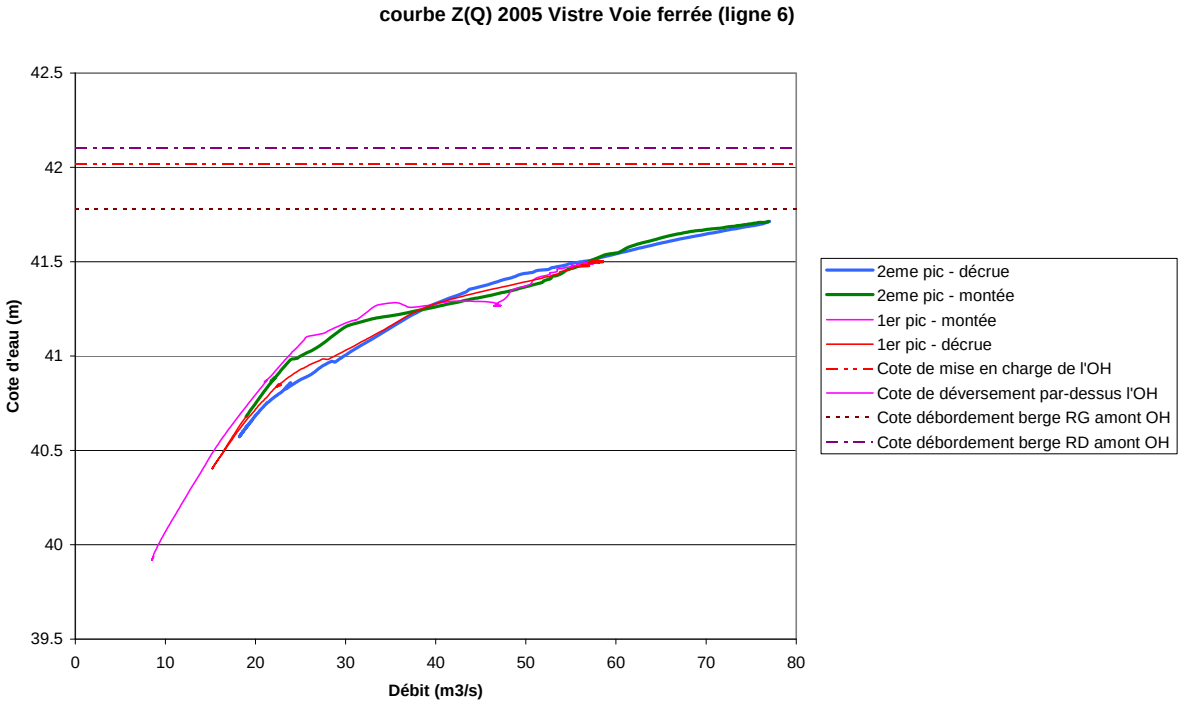
Le pont de la RD999 sur le Vistre à l'amont de la confluence avec le Buffalon contrôle tous les apports du Haut Vistre à l'amont des apports de Courbessac.

L'ouvrage est mis en charge à partir de 60 m^3/s environ, et il commence à déverser pour la crue centennale à environ 175 m^3/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)

Crue décennale	*Crue centennale*
	



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.

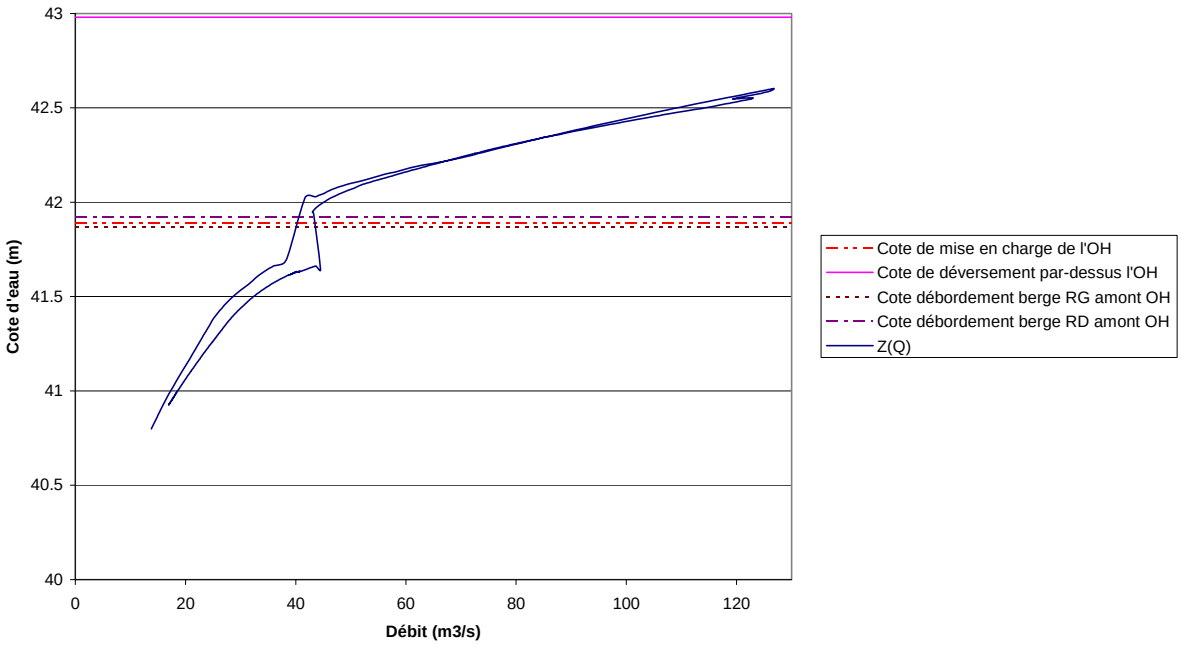
L'ouvrage n'a pas été mis en charge en 2005, mais le débit n'a pas atteint la crue décennale (98 m^3/s).

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

Crue décennale	*Crue centennale*

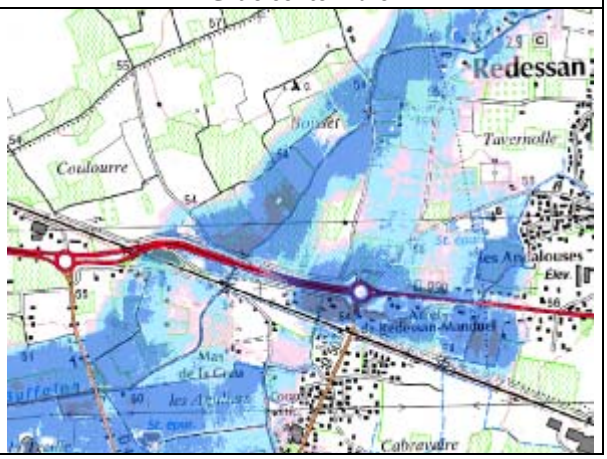
Courbe Z(Q) 100 ans RD135a / Buffalon à Rodilhan



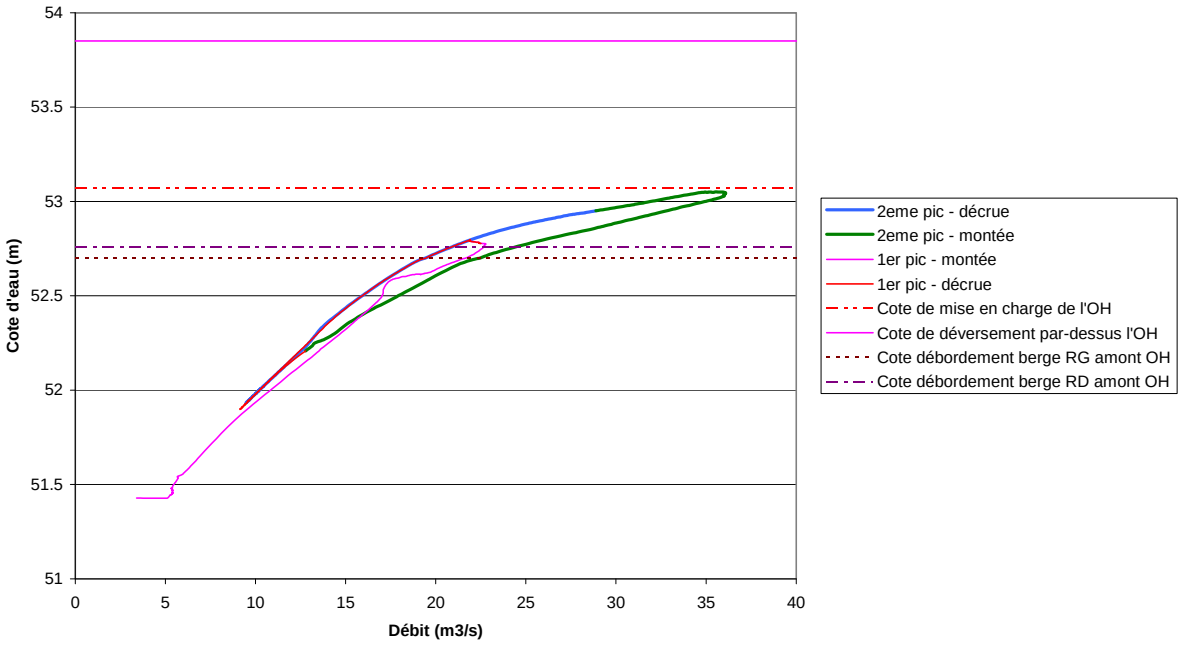
Le pont est mis en charge dès 40 m^3/s (crue décennale à 55 m^3/s) ; il est contourné pour les crues majeures type centennale en rive gauche par des débordements qui ont lieu en zone urbanisée dense au droit du giratoire.

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

Crue décennale	*Crue centennale*
	

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^3/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.

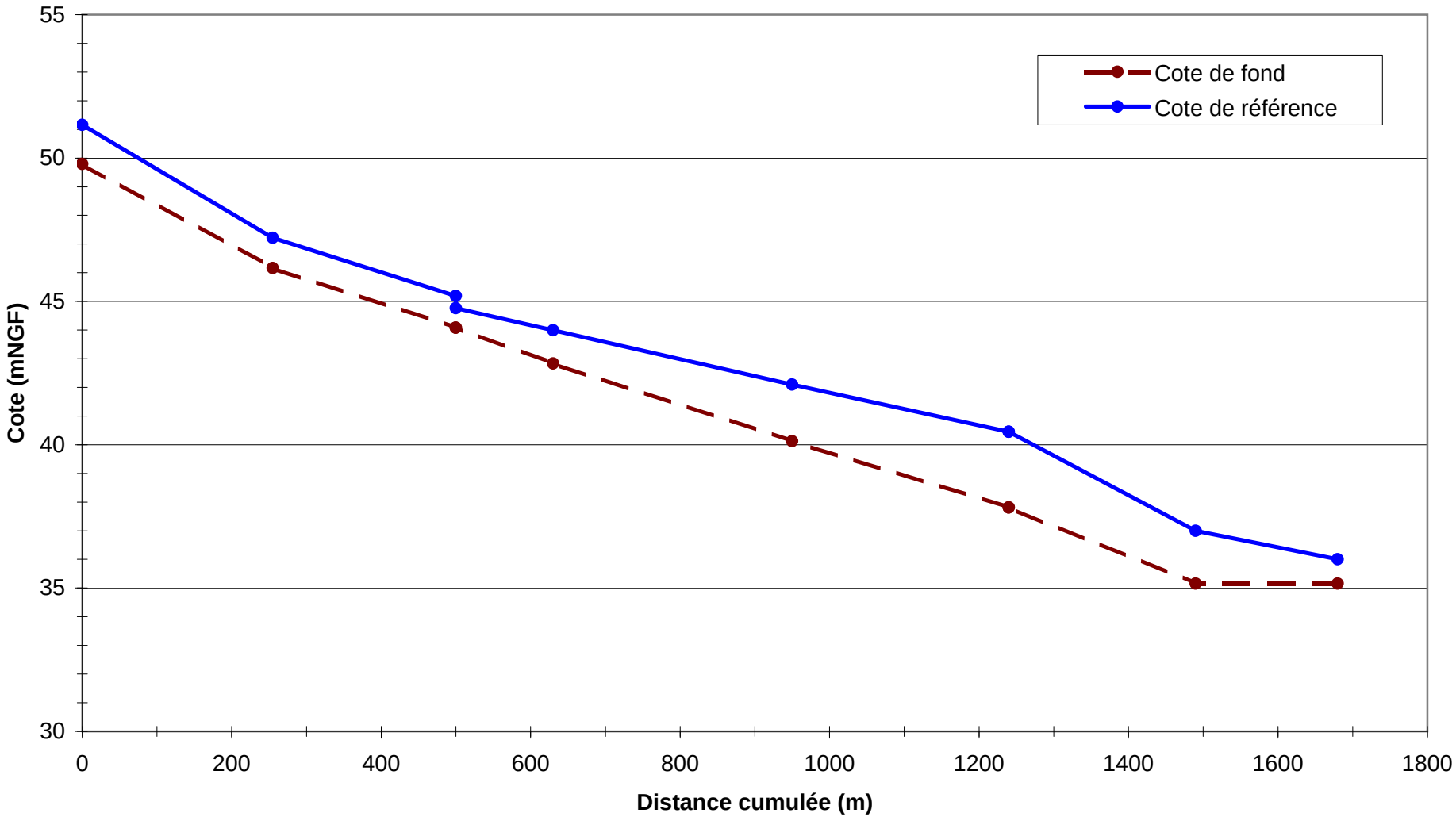
LISTE DES SIGLES ET DES ACRONYMES

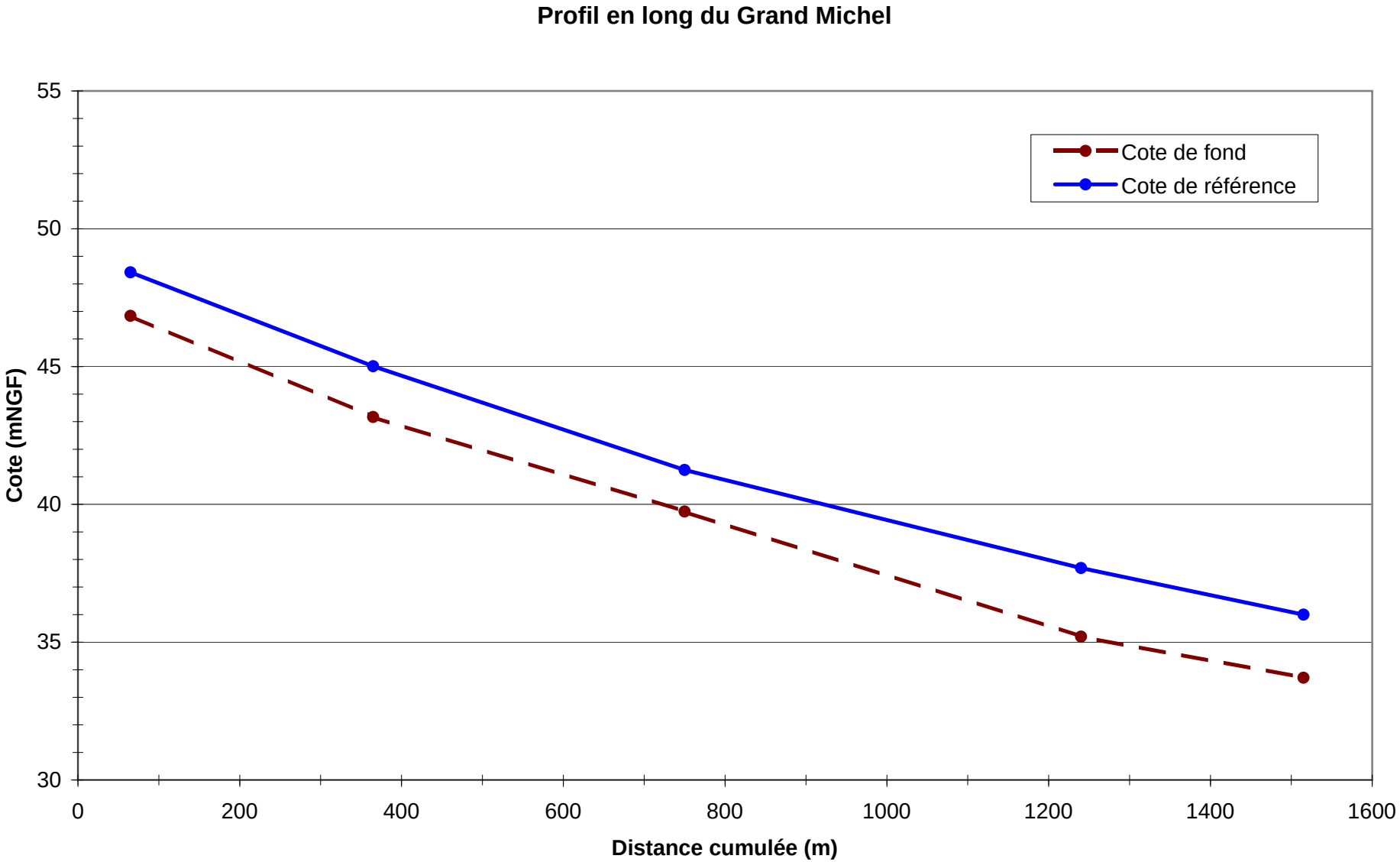
ADS	Application du Droit des Sols
ADES	Accès aux Données des Eaux Souterraines
AE RMC	Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse
ANAH	Agence Nationale de l'Habitat
ASF	Autoroute du Sud de la France
BD	Base de Données
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BRL	Bas-Rhône Languedoc
CAT-NAT	Catastrophes Naturelles
CAT-TEC	Catastrophes Technologiques
CETE	Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement
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

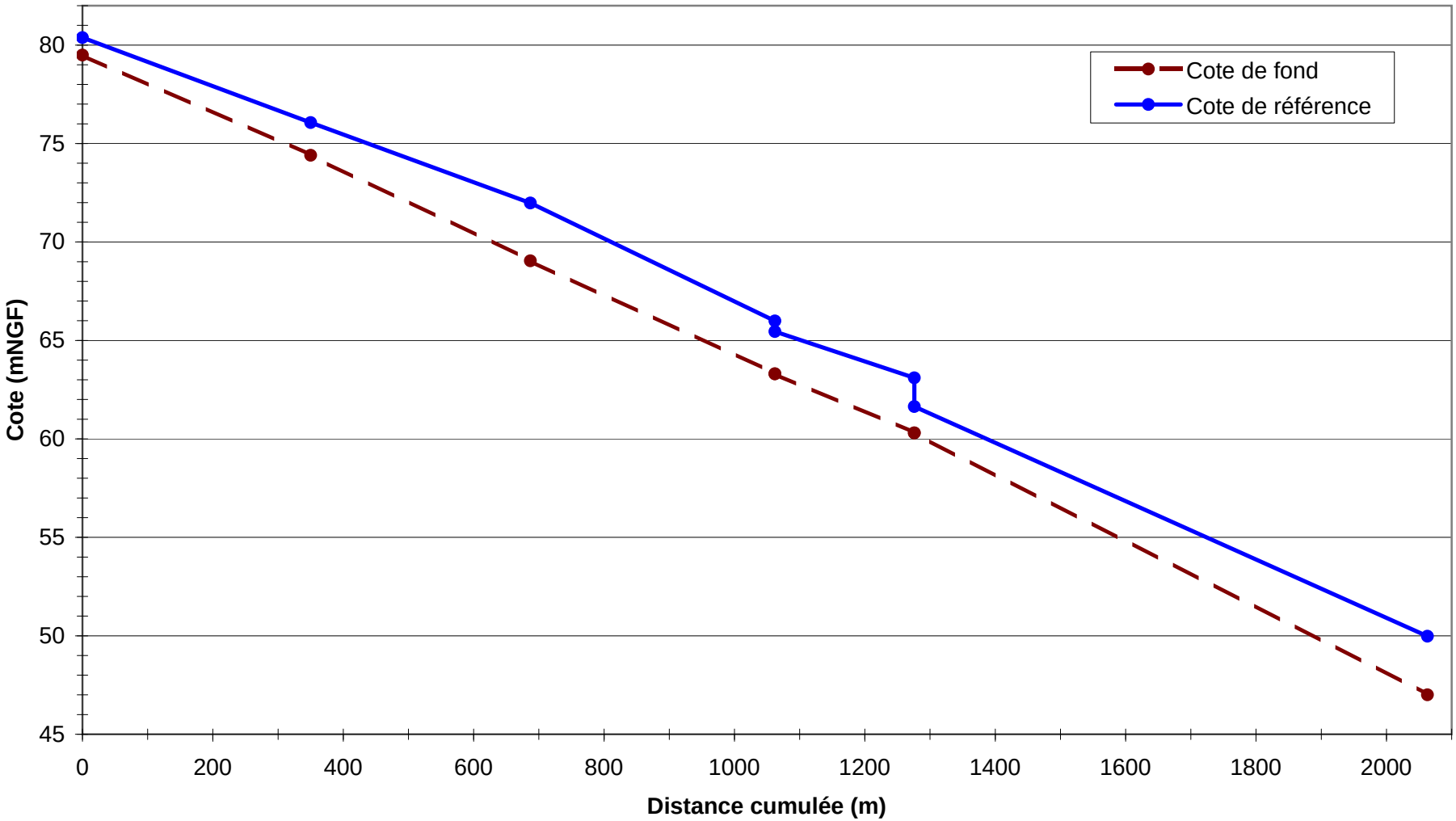
Annexe 1 : résultats des modèles filaires des affluents

Profil en long du Gara de Paille

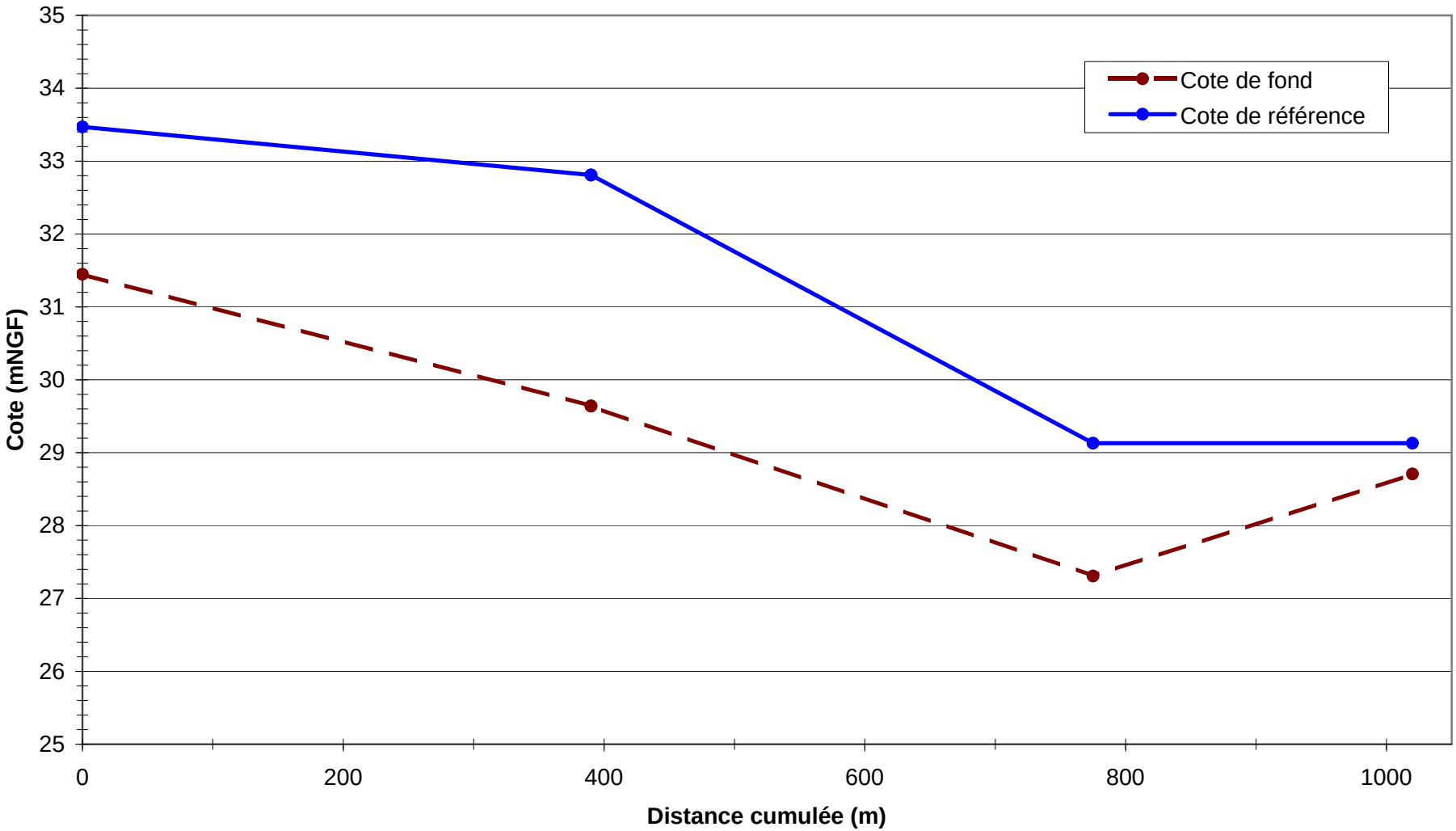



Profil en long du Grand Michel
Cote de fond
Cote de référence
Cote (mNGF)
55
50
45
40
35
30
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
Distance cumulée (m)

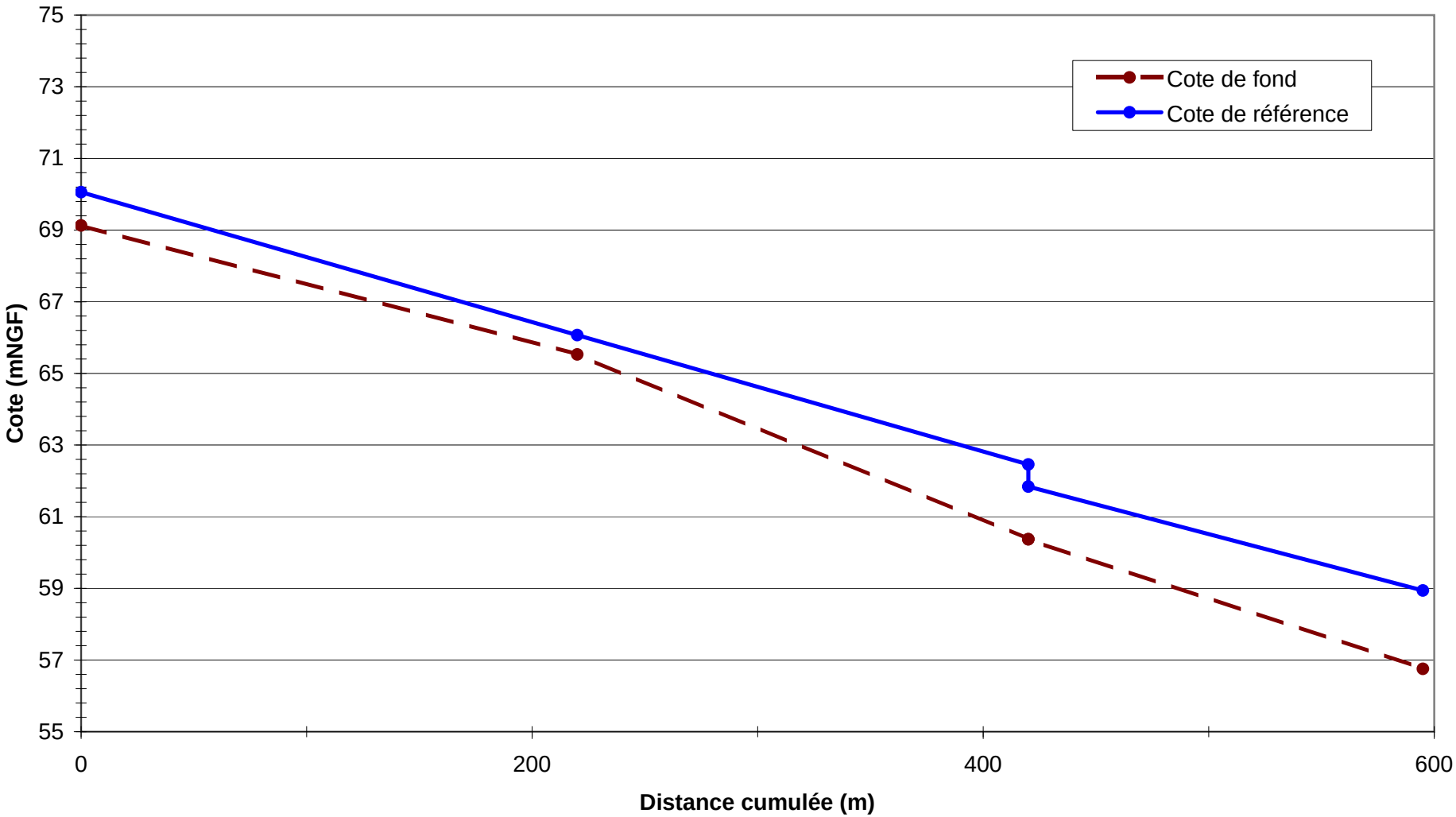
Profil en long du Campagne



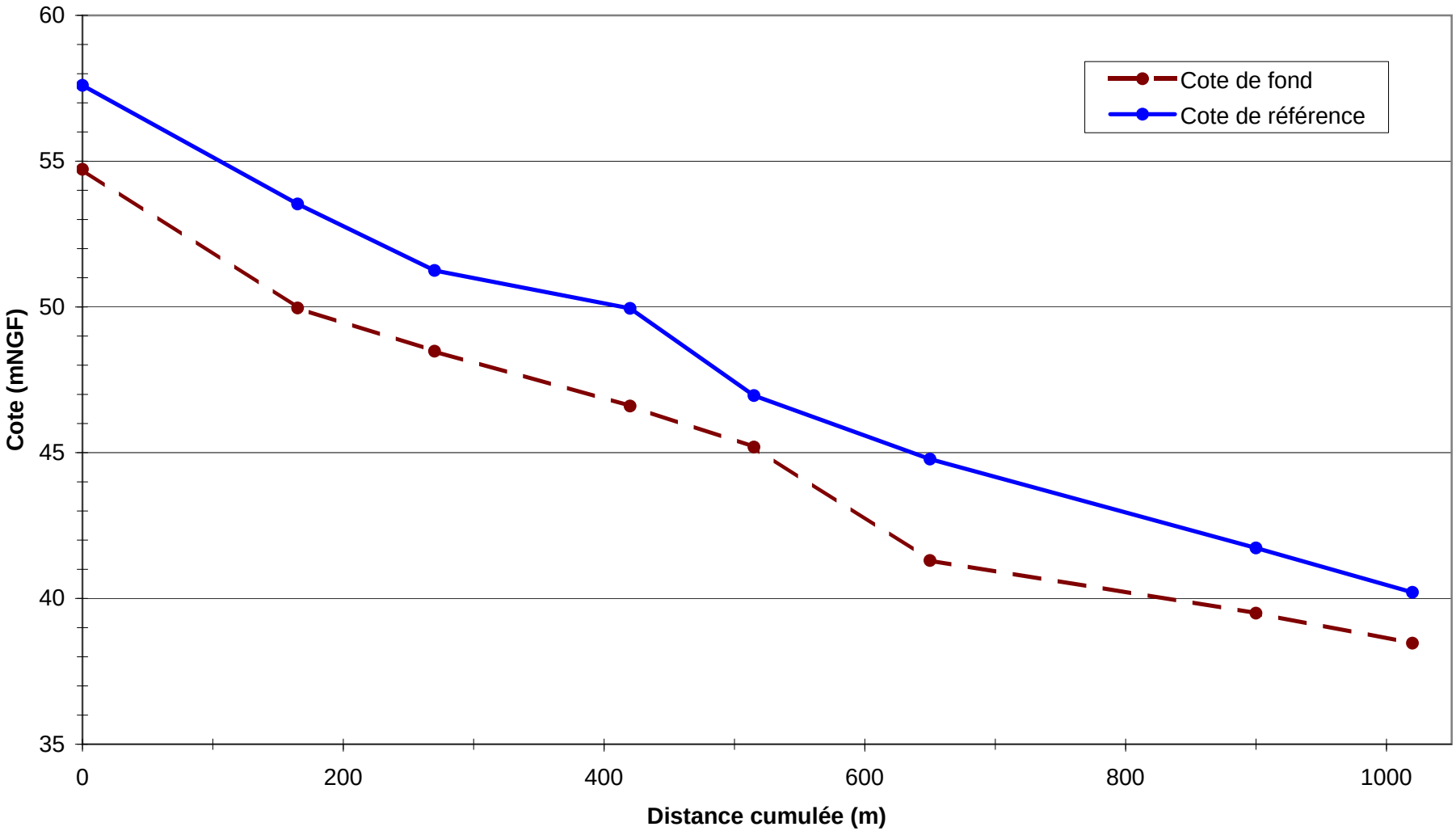
Profil en long du Valdebane



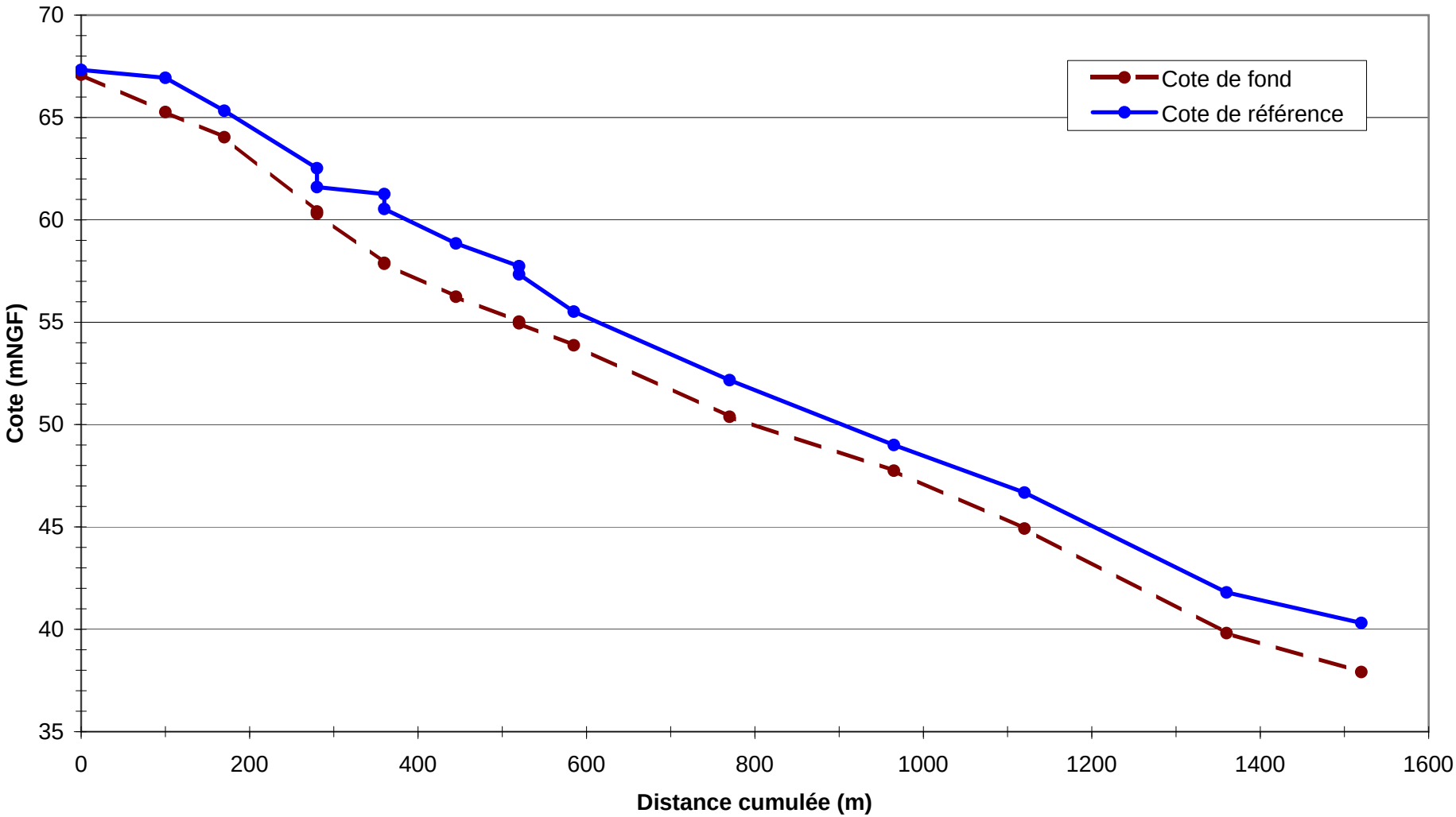
Profil en long du Cabassan



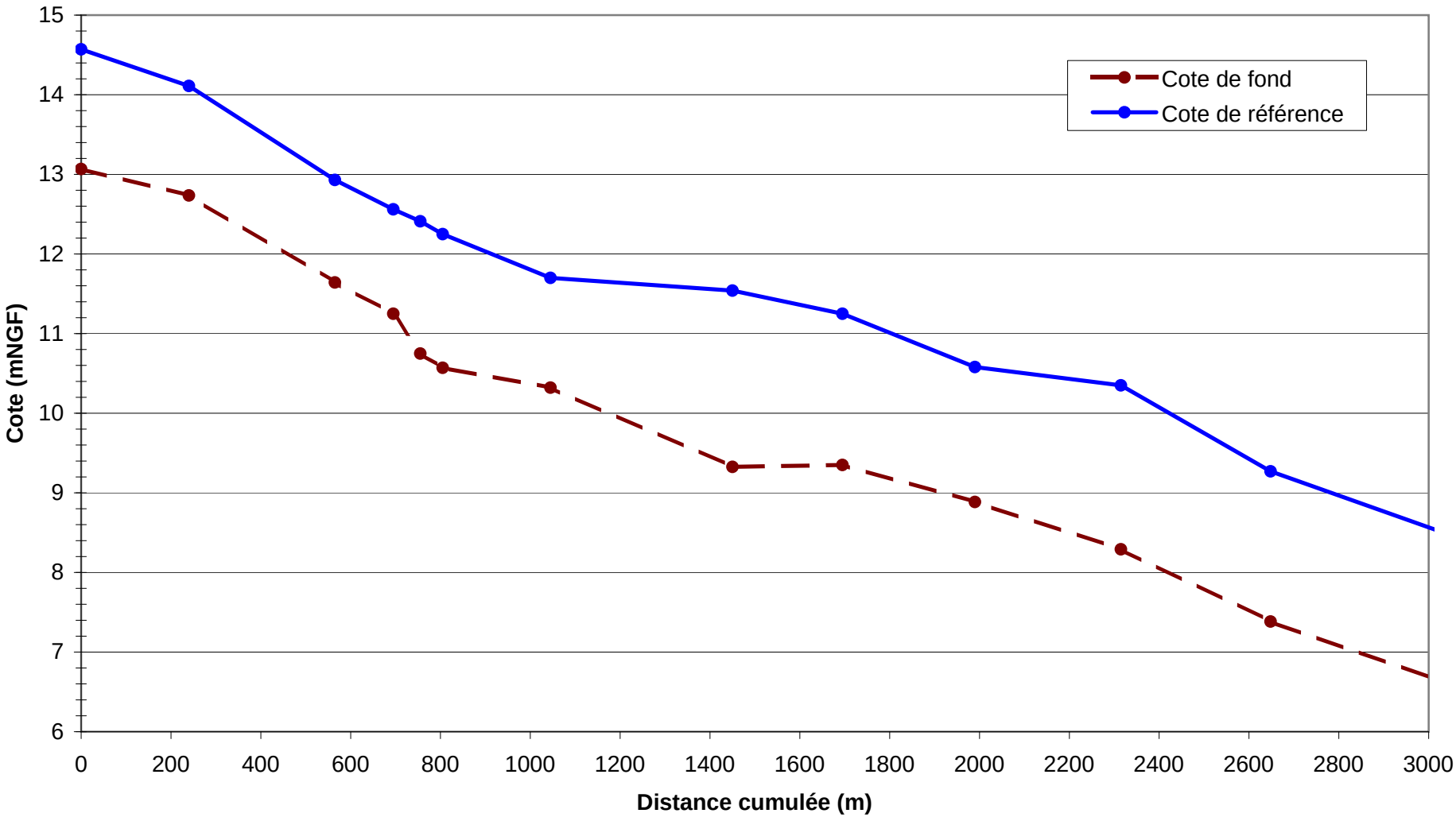
Profil en long du Gour



Profil en long de l'Arriasse



Profil en long de la Lone



Annexe 2 : hydrogrammes d'apports injectés dans le modèle « plaine »

occurrence 10 ans

Débit (m³/s)	18.200	2.900	6.900	5.100	9.700	8.000	11.200	8.700	13.200	22.700	20.500	15.500	5.700	24.200	13.900	18.400	15.300	24.200	20.600	12.100	15.300	10.300	27.800	22.500	14.200	9.800	68.500	17.700	13.400	16.200	37.800	18.900	15.800	19.900	24.196	9.800	21.900	16.700	22.600	7.500	47.400	9.000	3.100	8.200	14.100	20.100	12.200	6.000	15.300	29.700	3.200	24.200	25.900	19.400	20.600	19.400	29.700	3.200	24.200	16.200	13.400	37.800	11.500
T (h)	AGA93	VOB01a	VOB01b	TA401	VI501	BAS05	PP409	GAR01	GMR03	LIN01	ST5E01	MAR03	CAM01	VON01	RE5B01	PLA01	POU01	COU01	CAU01	DIS01	FIN201	PLA02	TAV01	FS301	DON01	VAL01	UZE01	VFO01	PAS01	ARR05	ARA01	CRU01	RET03	POM03	CE201	PON01	PLA03	GRE01	PIS01	BAS06	CAN05	MAR01	BAR05	PLA01	POU01	COU01	CAU01	DIS01	FIN201	PLA02	TAV01	FS301	DON01	VAL01	UZE01	VFO01	PAS01	ARR05	ARA01	CRU01	RET03	POM03
0	0.000	0.000	0.000

occurrence 50 ans

Débit (m³/s)	28.800	4.590	4.590	10.530	7.650	38.340	28.980	47.160	11.340	85.500	46.800	5.310	13.140	30.150	40.050	22.950	28.530	19.980	27.000	23.760	75.240	57.420	30.330	17.820	145.890	27.180	40.410	33.120	58.792	24.660	8.460	19.260	14.040	21.780	14.400	26.190	40.410	41.400	31.500	9.990	41.760	26.640	34.560	25.470	46.440	39.690	41.220	74.610	58.500	9.900	43.920	28.980	22.320	71.550	21.330
t (h)	AGA03	VDB01a	VDB01b	TAI01	VIS01	BAS05	PRA03	CAN05	MAR01	BAR05	PLA01	POU01	COU01	CAU01	DIS01	FNO01	PLA02	TAV01	FSU01	DON01	VAL01	UZE01	VFO01	NSE01	ALE01	NSO01	VDG01	CEZ01	PON01	PLA03	GRE01	PIS01	GAR01	GMI03	LIN01	STE01	MIR03	CAM01	VDN01	REB01	LAR03	CHS03	VAG03	BAB03	REZ03	VES03	LON01	CAG03	RIE04	PAS01	ARR05	ARA01	CRU01	REY03	PDM03
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.090	0.000	0.000	0.180	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.090	0.000	0.000	0.180	0.090	0.000	0.000	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.090	0.000	0.000	0.180	0.090	0.000	0.000	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.090	0.000	0.000	0.180	0.090	0.000	0.000	0.066	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.090	0.000	0.000	0.180	0.090	0.000	0.000	0.092	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.090	0.000	0.000	0.270	0.090	0.000	0.000	0.123	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090
6	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.090	0.000	0.000	0.270	0.090	0.000	0.000	0.143	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090
7	0.090	0.000	0.000	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.270	0.180	0.090	0.000	0.000	0.270	0.090	0.090	0.090	0.156	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090
8	0.090	0.000	0.000	0.090	0.090	0.090	0.180	0.180	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.270	0.180	0.090	0.000	0.000	0.360	0.090	0.090	0.090	0.165	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090
9	0.090	0.000	0.000	0.090	0.090	0.090	0.180	0.180	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.270	0.180	0.090	0.000	0.000	0.360	0.090	0.090	0.090	0.188	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.090
10	0.180	0.000	0.000	0.090	0.090	0.090	0.090	0.270	0.270	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.270	0.180	0.090	0.000	0.000	0.450	0.090	0.180	0.090	0.217	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.090
11	0.180	0.000	0.000	0.090	0.090	0.090	0.270	0.270	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.270	0.180	0.090	0.000	0.000	0.450	0.180	0.180	0.090	0.236	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.090
12	0.180	0.090	0.090	0.180	0.180	0.090	0.090	0.360	0.270	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.360	0.270	0.090	0.000	0.000	0.540	0.180	0.180	0.090	0.248	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.090
13	0.270	0.090	0.090	0.270	0.180	0.090	0.090	0.450	0.360	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.360	0.270	0.090	0.000	0.000	0.540	0.180	0.180	0.090	0.273	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.270
14	0.360	0.090	0.090	0.270	0.180	0.090	0.180	0.450	0.360	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.360	0.270	0.090	0.000	0.000	0.630	0.270	0.180	0.180	0.304	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.270	0.090
15	0.450	0.090	0.090	0.360	0.270	0.180	0.180	0.180	0.540	0.450	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.450	0.270	0.180	0.000	0.000	0.720	0.270	0.180	0.180	0.324	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.360	0.090
16	0.540	0.090	0.090	0.360	0.360	0.180	0.180	0.270	0.540	0.540	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.450	0.180	0.090	0.000	0.000	0.810	0.360	0.270	0.270	0.354	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.360	0.090
17	0.630	0.090	0.090	0.450	0.360	0.270	0.180	0.270	0.630	0.630	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.540	0.360	0.180	0.000	0.000	0.900	0.450	0.270	0.270	0.389	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.360	0.090
18	0.720	0.180	0.180	0.450	0.360	0.270	0.270	0.270	0.630	0.720	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.540	0.450	0.180	0.000	0.000	0.990	0.540	0.270	0.270	0.428	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.360	0.090
19	0.810	0.180	0.180	0.540	0.450	0.360	0.270	0.360	0.720	0.810	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.630	0.450	0.270	0.180	1.170	1.170	0.630	0.360	0.360	0.468	0.090	0.000	0.270	0.090	0.180	0.180	0.450	0.270	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.540	0.180
20	0.990	0.180	0.180	0.630	0.450	0.450	0.360	0.360	0.810	0.990	0.090	0.090	0.000	0.000	0.000	0.270	0.180	0.270	0.270	0.090	0.900	0.360	0.090	0.720	0.540	0.270	0.180	1.260	0.720	0.360	0.450	0.511	0.090	0.360	0.180	0.270	0.180	0.450	0.180	0.540	0.270	0.270	0.180	0.630	0.270	0.450	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.540	0.450
21	1.080	0.180	0.180	0.720	0.540	0.540	0.360	0.450	0.810	1.080	0.090	0.090	0.000	0.000	0.000	0.360	0.180	0.360	0.360	0.090	0.900	0.450	0.180	0.720	0.540	0.270	0.270	1.440	0.810	0.360	0.540	0.571	0.090	0.360	0.180	0.270	0.270	0.540	0.270	0.720	0.360	0.360	0.270	0.720	0.270	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.000	0.630	0.540
22	1.260	0.270	0.270	0.720	0.540	0.630	0.450	0.540	0.810	1.260	0.090	0.090	0.000	0.000	0.000	0.450	0.270	0.450	0.450	0.090	0.990	0.450	0.180	0.810	0.630	0.360	0.270	1.710	0.900	0.450	0.630	0.642	0.090	0.450	0.180	0.360	0.270	0.540	0.270	0.810	0.450	0.450	0.270	0.810	0.360	0.540	0.540	0.540	0.540	0.540	0.360	0.630	0.090
23	1.350	0.270	0.270	0.720	0.540	0.720	0.540	0.540	0.810	1.440	0.180	0.090	0.000	0.000	0.000	0.450	0.270	0.450	0.450	0.090	1.080	0.540	0.180	0.900	0.720	0.360	0.360	1.890	1.080	0.450	0.720	0.719	0.090	0.450	0.270	0.360	0.270	0.900	0.360	0.900	0.540	0.540	0.360	0.900	0.450	0.630	0.630	0.630	0.630	0.630	0.450	1.080	0.360
24	1.530	0.270	0.270	0.810	0.540	0.810	0.630	0.630	0.900	1.710	0.180	0.090	0.000	0.000	0.000	0.540	0.360	0.540	0.450	0.090	1.170	0.630	0.180	0.990	0.810	0.450	0.360	2.160	1.260	0.540	0.810	0.801	0.090	0.540	0.270	0.450	0.360	0.720	0.360	1.080	0.540	0.360	0.360	1.080	0.540	0.720	0.720	0.720	0.720	0.720	0.450	0.900	0.090
25	1.710	0.270	0.270	0.900	0.630	0.900	0.720	0.720	0.990	1.980	0.180	0.180	0.630	0.360	0.630	0.540	0.090	1.350	0.720	0.270	1.170	0.900	0.540	0.450	2.430	1.440	0.630	0.900	0.903	0.180	0.540	0.360	0.540	0.450	0.810	0.450	1.260	0.630	0.450	0.360	1.260	0.540	0.720	0.900	0.900	0.720	0.540	0.540	0.990	0.090	1.170	0.900	0.450
26	1.980	0.360	0.360	0.900	0.720	1.080	0.900	0.900	1.080	2.250	0.180	0.180	0.720	0.450	0.810	0.630	0.090	1.440	0.900	0.270	1.260	0.990	0.540	0.540	2.790	1.620	0.720	1.080	1.016	0.180	0.630	0.360	0.630	0.540	0.900	0.540	1.440	0.720	0.540	0.450	1.530	0.630	0.900	0.990	1.080	0.900	0.630	0.540	1.170	0.090	1.350	1.080	0.360
27	2.160	0.360	0.360	0.990	0.720	1.260	0.990	0.990	1.170	2.700	0.270	0.180	0.810	0.540	0.900	0.720	0.180	1.710	0.990	0.360	1.440	1.080	0.630	0.630	3.240	1.890	0.810	1.260	1.138	0.270	0.720	0.450	0.720	0.630	1.080	0.630	1.710	0.900	0.630	0.540	1.800	0.720	0.990	1.170	1.260	1.080	0.720	0.630	1.440	0.090	1.620	1.170	0.540
28	2.520	0.450	0.450	1.170	0.900	1.530	1.170	1.170	1.350	3.150	0.270	0.180	0.990	0.630	1.080	0.810	0.180	1.890	1.260	0.450	1.620	1.260	0.810	0.720	3.780	2.250	0.900	1.530	1.298	0.270	0.810	0.540	0.810	0.720	1.170	0.720	2.070	1.080	0.810	0.630	2.160	0.900	1.260	1.440	1.530	1.260	0.900	0.810	1.710	0.090	1.890	1.440	1.710
29	2.790	0.450	0.450	1.260	0.900	1.800	1.440	1.440	1.440	3.780	0.360	0.270	1.080	0.810	1.350	0.990	0.180	1.980	1.440	0.540	1.890	1.440	0.900	0.810	4.500	2.520	1.080	1.800	1.497	0.360	0.810	0.630	0.900	0.900	1.260	0.900	2.340	1.350	0.990	0.630	2.520	1.080	1.440	1.710	1.800	1.530	1.080	0.900	2.070	0.090	2.250	1.710	1.890
30	3.150	0.540	0.540	1.350	0.990	2.160	1.710	1.710	1.530	4.410	0.360	0.270	1.350	0.900	1.620	1.170	0.270	2.610	1.710	0.630	2.160	1.710	1.080	0.990	5.310	3.150	1.170	2.160	1.739	0.450	1.080	0.810	1.080	1.080	1.620	1.080	2.790	1.620	1.170	0.900	2.970	1.260	1.800	1.980	2.160	1.800	1.350	1.080	2.520	0.090	2.700	1.980	2.430
31	3.870	0.630	0.630	1.800	1.350	2.610	2.070	2.070	1.980	5.310	0.540	0.360	1.620	1.170	2.160	1.620	0.360	2.970	2.250	0.720	2.610	2.070	1.350	1.260	6.300	3.690	1.440	2.700	2.023	0.630	1.260	0.990	1.350	1.350	1.980	1.440	3.600	2.070	1.530	1.080	3.780	1.620	2.340	2.520	2.790	2.340	1.710	1.260	3.330	0.180	3.510	2.610	2.880
32	4.050	0.720	0.720	1.980	1.440	3.330	2.610	2.610	2.250	5.850	0.630	0.450	1.890	1.530	2.700	1.980	0.450	3.240	2.700	0.990	3.150	2.520	1.620	1.530	8.010	4.230	1.800	3.330	2.404	0.810	1.350	1.260	2.160	1.800	2.520	1.800	4.320	2.610	1.980	1.260	4.590	1.980	2.880	2.970	3.420	2.970	2.250	1.620	4.140	0.180	4.320	3.240	3.510
33	6.840	1.170	1.170	3.060	2.340	4.410	3.420	3.510	3.600	8.910	1.980	0.630	6.390	2.070	4.230	3.060	1.350	13.230	4.140	1.350	4.050	3.240	2.160	2.340	10.440	13.770	2.250	4.860	2.953	3.420	5.490	1.980	2.520	2.610	8.190	2.880	6.750	4.050	3.060	4.320	4.500	5.220	4.500	3.420	2.070	6.480	2.070	6.570	4.770	11.970	8.730	2.880
34	19.980	3.420	3.420	9.000	6.750	7.740	6.120	5.850	10.350	14.850	5.400	1.080	10.350	3.690	12.600	9.180	3.690	17.100	12.060	2.340	6.210	5.040	3.510	6.120	17.100	22.050	3.510	13.050	3.949	8.730	7.290	11.790	8.550	20.430	12.240	9.090	7.290	20.160	8.820	12.510	12.600	15.030	12.870	10.080	3.150	19.530	6.360	20.070	14.580	18.000	25.110	8.190
35	26.010	4.230	4.230	10.260	7.470	19.710	15.390	14.580	11.160	35.910	12.510	2.700	11.970	9.990	23.580	15.750	8.370	18.180	19.710	6.300	13.680	11.340	8.370	10.890	40.680	25.470	7.920	22.320	6.697	14.670	7.740	11.340	11.250	14.130	12.960	15.840	31.050	23.400	17.460	8.460	31.860	16.110	22.230	19.800	27.720	23.760	20.430	6.030	35.910	0.720	32.220	22.230	19.980
36	27.630	4.410	4.410	10.440	7.560	30.150	23.130	26.370	11.250	59.130	23.490	4.140	12.600	18.090	32.130	19.620	15.210	18.810	23.940	12.150	25.560	21.150	15.210	14.670	73.800	26.640	14.850	28.620	12.533	18.990	8.010	15.480	12.600	18.180	13.500	21.240	35.910	32.580	24.570	9.090	37.530	21.780	28.980	23.310	37.620	32.130	30.240	15.570	47.790	1.800	38.430	25.740	20.970
37	28.260	4.500	4.500	10.620	7.650	31.590	24.750	27.990	37.800	61.110	24.750	4.230	24.750	17.280	21.690	22.590	19.440	25.380	17.010	41.940	22.950	18.450	15.750	12.960	47.250	20.070	23.580	38.790	13.411	22.140	8.280	17.550	16.470	24.930	32.670	24.750	43.380	32.670	24.750	9.540	40.140	24.930	32.670	24.750	43.380	36.990	41.670	27.540	21.690	0.720	67.320	21.690	19.440
38	28.800	4.590	4.590	10.530	7.650	38.340	28.980	44.460	11.340	84.510	46.800	5.310	13.140	28.890	40.050	22.950	28.530	19.980	27.000	22.050	58.410	46.800	27.720	17.820	133.740	27.180	32.850	33.120	33.640	24.660	8.460	19.260	14.040	21.780	14.400	26.190	40.410	41.400	31.500	9.990	41.760	26.640	34.560	25.470	46.440	39.690	41.220	51.390	58.500	6.300	43.920	28.980	22.320
39	25.200	3.960	3.960	9.000	6.570	38.160	28.800	47.160	9.630	85.500	28.890	5.310	5.940	30.150	37.170	20.970	16.920	6.390	24.390	23.760	72.450	56.610	30.330	16.560	145.890	12.870	39.780	30.330	46.188	10.710	2.790	17.910	12.600	19.980	5.310	24.210	36.360	38.610	29.430	3.960	37.530	24.660	31.770	22.860	43.110	36.810	39.060	67.950	54.000	8.640	39.690	26.010	8.640
40	10.890	1.530	1.530	3.420	2.340	32.040	24.120	42.120	3.240	74.070	22.050	4.410	4.320	26.190	20.070	10.530	12.780	5.040	12.510	21.150	75.240	57.420	27.990	10.080	134.640	9.270	40.410	17.820	56.035	7.920	2.160	9.720	5.400	10.350	3.960	12.960	16.560	21.150	16.290	2.880	18.720	13.950	17.460	11.970	24.390	20.790	22.500	74.610	28.710	9.900	18.900	11.790	6.390
41	8.190	1.170	1.170	2.610	1.890	17.820	13.320	27.630	2.610	46.980	18.720	2.610	3.600	15.570	14.940	7.830	10.800	3.960	9.270	12.330	59.760	56.610	27.540	19.530	93.690	7.740	31.320	59.792	6.840	4.443	7.200	5.310	6.930	6.930	12.420	15.750	12.150	5.220	13.860	10.350	12.960	8.820	18.180	15.480	19.170	67.230	21.330	9.180	14.130	5.580	27.090	7.740
42	6.930	1.080	1.080	2.340	1.620	13.410	9.990	21.330	2.340	35.730	15.390	1.980	2.880	11.790	12.330	6.480	8.820	3.600	7.650	10.080	50.220	36.810	15.300	6.210	73.620	6.210	25.920	10.890	55.606	5.490	1.530	5.940	3.510	6.390	2.790	8.010	10.530	13.050	9.990	1.980	11.520	8.550	10.710	7.290	14.940	12.780	13.860	45.630	17.640	6.390	11.880	7.560	4.410
43	5.670	0.810	0.810	1.890	1.350	11.070	8.280	17.550	1.890	29.340	13.410	1.620	2.520	9.720	10.080	5.310	7.740	3.240	6.300	8.370	43.380	31.410	12.690	5.130	61.110	5.400	22.140	8.910	50.543	4.860	1.350	4.860	2.880	5.220	2.430	6.480	8.550	10.620	8.190	1.800	9.360	6.930	8.730	5.940	12.240	10.440	11.340	35.820	14.400	5.130	9.630	6.120	3.870
44	5.040	0.720	0.720	1.620	1.170	9.090	6.840	14.580	1.710	24.300	12.150	1.350	2.340	8.100	8.820	4.680	7.020	3.060	5.490	6.930	37.530	27.000	10.710	4.410	51.210	4.860	18.990	7.740	45.070	4.500	1.260	4.230	2.520	4.590	2.340	5.670	7.560	9.270	7.110	1.620	8.190	6.030	7.560	5.220	10.620	9.090	9.900	29.880	12.600	4.230	8.550	5.400	3.600
45	4.590	0.720	0.720	1.530	1.080	8.010	5.940	12.690	1.620	21.150	10.800	1.170	2.070	7.020	7.920	4.230	6.210	2.610	4.950	6.030	33.300	23.850	9.270	3.960	44.640	4.320	16.830	6.840	39.871	3.960	1.170	3.870	2.340	4.140	1.980	5.130	6.930	8.370	6.390	1.440	7.470	5.400	6.840	4.680	9.540	8.100	8.910	25.110	11.340	3.600	7.740	4.950	3.150
46	4.050	0.630	0.630	1.350	0.990	7.200	5.400	11.340	1.440	18.810	9.810	0.990	1.890	6.300	7.020	3.780	5.670	2.430	4.410	5.400	29.160	21.330	8.280	3.510	39.690	3.870	15.030	6.120	35.288	3.690	1.080	3.420	2.070	3.690	1.890	4.590	6.120	7.380	5.670	1.350	6.570	4.860	6.030	4.140	8.460	7.290	7.920	22.050	10.080	3.150	6.840	4.410	2.970

occurrence 100 ans

Débit (m³/s)	67.500	10.710	10.710	25.200	18.450	25.245	22.601	40.978	15.846	129.341	63.540	11.070	31.770	57.780	81.270	49.320	39.690	48.600	59.400	42.390	105.390	82.800	50.580	35.730	244.350	66.870	58.140	70.110	81.039	41.130	20.610	39.060	31.410	45.900	34.650	53.730	89.640	82.530	62.370	22.770	35.159	21.041	23.649	21.534	41.322	24.734	77.130	117.000	120.780	14.490	96.210	64.170	53.550	148.680	45.360
t (h)	AGA03	VDB01a	VDB01b	TAI01	VIS01	BAS05	PRA03	CAN05	MAR01	BAR05	PLA01	POU01	COU01	CAU01	DIS01	FNO01	PLA02	TAV01	FSU01	DON01	VAL01	UZE01	VFO01	NSE01	ALE01	NSO01	VDG01	CEZ01	PON01	PLA03	GRE01	PIS01	GAR01	GMI03	LIN01	STE01	MIR03	CAM01	VDN01	REB01	LAR03	CHS03	VAG03	BAB03	REZ03	VES03	LON01	CAG03	RIE04	PAS01	ARR05	ARA01	CRU01	REY03	PDM03
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.090	0.000	0.000	0.180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.090	0.000	0.000	0.180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000
2	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.180	0.090	0.000	0.000	0.180	0.090	0.090	0.000	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.090	0.090	0.090	0.090	0.000	0.090	0.090	0.000
3	0.090	0.000	0.000	0.090	0.001	0.000	0.002	0.002	0.004	0.090	0.000	0.090	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.180	0.090	0.000	0.270	0.180	0.090	0.000	0.270	0.180	0.090	0.000	0.000	0.083	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.090	0.090	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.000
4	0.270	0.090	0.090	0.270	0.270	0.002	0.001	0.003	0.007	0.007	0.090	0.000	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.450	0.090	0.000	0.270	0.180	0.090	0.090	0.450	0.270	0.180	0.090	0.117	0.000	0.180	0.090	0.090	0.090	0.180	0.090	0.090	0.090	0.090	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.090	0.090	0.180	0.090	0.090	0.090	0.180	0.180	0.090
5	0.450	0.090	0.090	0.540	0.450	0.004	0.002	0.005	0.018	0.018	0.090	0.000	0.180	0.090	0.180	0.090	0.090	0.810	0.180	0.090	0.360	0.270	0.090	0.090	0.630	0.450	0.180	0.180	0.140	0.000	0.270	0.090	0.090	0.090	0.270	0.090	0.270	0.180	0.090	0.007	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005	0.180	0.180	0.270	0.180	0.180	0.360	0.360	0.090
6	0.900	0.180	0.180	0.900	0.810	0.007	0.004	0.008	0.173	0.018	0.090	0.000	0.360	0.090	0.270	0.180	0.090	1.350	0.270	0.090	0.540	0.360	0.180	0.180	0.900	0.810	0.270	0.360	0.154	0.090	0.540	0.090	0.180	0.180	0.540	0.180	0.450	0.270	0.180	0.180	0.012	0.015	0.007	0.007	0.009	0.008	0.180	0.180	0.360	0.360	0.270	0.720	0.540	0.180
7	1.620	0.360	0.360	1.440	1.170	0.012	0.007	0.012	0.925	0.029	0.180	0.090	0.540	0.180	0.360	0.270	0.090	2.160	0.450	0.090	0.630	0.450	0.270	0.270	1.260	1.350	0.360	0.540	0.163	0.090	0.900	0.180	0.360	0.270	0.990	0.270	0.810	0.360	0.270	0.360	0.020	0.008	0.012	0.013	0.015	0.013	0.270	0.270	0.540	0.000	0.630	0.540	1.260	0.810	0.270
8	2.700	0.630	0.630	1.980	1.530	0.020	0.013	0.018	1.546	0.490	0.180	0.090	0.990	0.270	0.630	0.450	0.090	3.240	0.810	0.180	0.900	0.720	0.360	0.450	1.800	2.250	0.450	0.900	0.187	0.180	1.350	0.270	0.630	0.360	1.620	0.450	1.350	0.630	0.450	0.630	0.164	0.013	0.020	0.023	0.024	0.021	0.540	0.180	0.990	0.000	1.170	0.990	2.160	1.440	0.450
9	4.320	0.900	0.900	2.610	1.980	0.098	0.024	0.028	2.132	1.190	0.270	0.180	1.710	0.450	1.080	0.900	0.180	4.680	1.350	0.270	1.260	0.990	0.540	0.720	2.790	3.960	0.720	1.530	0.216	0.360	1.980	0.540	1.080	0.720	2.610	0.720	2.520	0.990	0.720	1.080	0.997	0.021	0.098	0.368	0.315	0.138	0.810	0.450	1.710	0.090	2.160	1.800	3.600	2.430	0.810
10	7.020	1.350	1.350	3.600	2.700	0.867	0.459	0.470	2.801	2.166	0.540	0.360	3.240	0.810	1.980	1.710	0.360	7.290	2.610	0.540	1.800	1.440	0.900	1.260	4.500	7.290	0.990	2.880	0.236	0.810	3.060	0.990	2.070	1.350	4.500	1.350	4.680	1.890	1.440	2.160	2.176	0.252	0.914	1.324	1.169	0.916	1.530	0.720	3.240	0.090	4.140	3.330	6.390	4.590	1.530
11	15.390	2.700	2.700	7.200	5.400	2.122	1.608	1.317	4.237	3.960	3.960	0.720	15.210	1.800	5.940	4.950	2.700	28.170	7.110	1.080	3.240	2.610	1.800	3.240	8.730	32.850	1.800	7.380	0.265	7.920	11.880	2.790	5.310	4.050	18.630	4.050	12.870	5.670	4.140	10.620	4.858	1.582	2.561	3.223	2.980	2.524	4.410	1.260	9.450	0.180	11.790	9.270	27.810	12.870	4.410
12	48.240	7.920	7.920	19.620	14.490	5.632	4.548	3.550	8.246	9.024	36.450	2.160	31.770	6.570	34.740	25.200	24.390	48.600	32.580	3.870	8.370	6.930	5.400	15.840	26.280	66.870	4.860	34.290	0.299	41.130	20.610	16.650	20.070	21.960	34.650	23.580	53.910	33.750	25.020	22.770	15.490	6.768	9.335	9.772	13.393	9.461	27.630	3.060	54.000	0.360	54.090	38.610	53.550	68.130	22.320
13	67.500	10.710	10.710	25.200	18.450	16.069	14.493	13.844	14.756	20.063	63.540	7.470	21.060	30.600	81.270	49.320	39.690	30.600	59.400	19.440	34.290	28.890	23.040	35.730	111.870	44.010	20.250	70.110	0.321	37.260	12.960	39.060	31.410	45.900	22.230	53.730	89.640	82.530	62.370	15.390	21.876	16.728	19.002	18.211	20.682	19.497	77.130	12.150	120.780	1.350	96.210	64.170	34.650	148.680	45.360
14	39.420	6.120	6.120	16.200	12.150	21.671	19.605	20.488	15.846	123.462	40.140	11.070	8.730	57.780	58.950	32.940	23.760	10.260	38.880	42.390	91.350	75.240	50.580	27.090	244.350	18.720	52.830	49.860	0.352	15.750	4.410	28.440	19.440	31.590	8.100	38.430	56.520	61.290	46.800	5.850	25.227	20.190	22.647	21.061	24.807	23.456	62.010	54.180	85.590	6.210	62.100	40.500	12.960	105.840	31.230
15	16.110	2.340	2.340	5.220	3.690	24.521	22.147	24.409	14.830	129.341	29.790	7.110	5.940	41.400	28.980	15.210	17.370	7.380	18.090	33.300	105.390	82.800	44.190	14.670	212.850	12.780	58.140	25.920	0.404	11.160	3.150	14.040	8.010	14.940	5.670	18.720	24.300	30.600	23.490	4.140	35.159	21.041	23.649	21.534	41.322	24.687	32.400	117.000	41.400	14.490	27.540	17.370	9.090	52.740	15.210
16	11.430	1.710	1.710	3.780	2.700	25.245	22.601	40.978	9.788	78.806	23.850	3.780	4.680	42.210	20.250	10.620	13.860	5.940	12.600	18.990	82.710	62.280	28.260	10.260	135.810	9.900	43.830	18.000	0.453	8.910	2.520	9.810	5.760	10.440	4.590	13.050	17.190	21.420	16.470	3.240	25.253	20.697	23.511	20.964	28.907	24.734	22.770	102.150	28.980	13.680	19.440	12.240	7.200	36.810	10.530
17	9.090	1.350	1.350	3.060	2.160	25.068	22.147	32.536	7.675	52.947	20.070	2.610	3.870	15.930	15.930	8.460	11.610	5.040	9.900	13.590	67.050	49.410	20.790	8.010	99.990	8.190	34.740	13.950	0.501	7.560	2.160	7.650	4.590	8.190	3.870	10.260	13.680	16.830	12.960	2.790	24.815	19.940	23.007	20.034	25.186	24.403	17.910	64.800	22.770	9.090	15.390	9.810	6.120	28.800	8.280
18	7.650	1.170	1.170	2.610	1.890	24.591	21.370	26.238	5.970	40.755	17.370	2.070	3.330	12.600	13.230	7.020	9.990	4.410	8.280	10.890	55.980	40.680	16.470	6.570	79.200	7.020	28.710	11.520	0.565	6.570	1.890	6.390	3.870	6.840	3.330	8.550	11.520	13.950	10.710	2.430	24.194	18.919	22.285	18.857	24.785	23.857	14.850	48.150	18.990	6.840	12.960	8.280	5.310	23.850	6.840
19	6.660	0.990	0.990	2.250	1.620	23.935	20.375	25.083	4.660	33.583	15.390	1.710	2.970	10.530	11.430	6.120	8.820	3.960	7.110	9.000	47.970	34.470	13.680	5.580	65.700	6.210	24.300	9.810	0.638	5.850	1.710	5.490	3.420	5.940	2.970	7.380	10.080	12.060	9.270	2.160	23.434	17.678	21.392	17.454	24.228	23.154	12.690	38.610	16.380	5.490	11.250	7.200	4.680	20.430	5.940
20	5.940	0.900	0.900	1.980	1.440	23.138	19.187	24.676	3.683	28.811	13.770	1.440	2.610	9.090	10.080	5.400	8.010	3.600	6.300	7.740	41.850	29.970	11.700	4.860	56.250	5.490	21.060	8.550	0.717	5.310	1.530	4.860	3.060	5.220	2.700	6.480	8.910	10.620	8.190	1.890	22.552	16.221	20.344	15.817	23.545	22.319	11.160	32.490	14.490	4.680	9.990	6.390	4.230	18.000	5.220
21	5.310	0.810	0.810	1.800	1.260	22.214	17.810	24.136	2.979	25.541	12.600	1.260	2.430	8.010	9.000	4.860	7.290	3.240	5.670	6.840	36.990	26.370	10.260	4.320	49.140	4.950	18.630	7.650	0.800	4.860	1.350	4.410	2.700	4.680	2.430	5.850	8.100	9.540	7.290	1.800	21.545	14.532	19.141	13.924	22.747	21.356	9.990	28.080	12.960	4.050	9.000	5.760	3.870	16.110	4.680
22	4.860	0.720	0.720	1.620	1.170	21.164	16.236	23.485	2.476	25.137	11.520	1.170	2.160	7.200	8.190	4.410	6.660	2.970	5.130	6.120	33.210	23.580	9.090	3.870	43.740	4.590	16.650	6.930	0.902	4.500	1.260	3.960	2.520	4.320	2.250	5.310	7.380	8.640	6.660	1.620	20.411	9.847	17.773	9.128	21.841	20.260	9.090	24.840	11.790	3.600	8.190	5.310	3.510	14.580	4.230
23	4.500	0.720	0.720	1.530	1.080	19.976	14.432	22.729	2.121	24.857	10.710	1.080	2.070	6.570	7.560	4.050	6.210	2.790	4.680	5.490	30.060	21.330	8.190	3.600	39.420	4.230	15.030	6.300	1.033	4.230	1.170	3.690	2.340	3.960	2.070	4.860	6.840	7.920	6.120	1.530	19.139	8.327	16.224	7.577	20.822	19.023	8.370	22.320	10.890	3.150	7.560	4.860	2.970	13.410	3.870
24	3.870	0.630	0.630	1.260	0.900	18.630	9.640	21.866	1.834	24.477	8.370	0.990	1.440	5.940	6.660	3.600	4.770	1.620	4.140	5.040	27.360	19.350	7.380	3.150	35.640	3.150	13.680	5.580	1.164	2.880	0.720	3.240	1.980	3.510	1.350	4.320	5.940	7.020	5.400	0.990	17.690	7.084	14.446	6.347	19.668	17.618	7.470	20.160	9.630	2.880	6.660	4.230	2.160	11.880	3.420
25	2.700	0.360	0.360	0.810	0.540	17.083	7.994	20.876	1.460	23.987	6.750	0.810	1.170	5.130	5.130	2.610	3.870	1.170	3.150	4.410	24.480	17.280	6.570	2.610	31.500	2.430	12.240	4.500	1.314	2.160	0.540	2.430	1.350	2.610	0.990	3.240	4.140	5.400	4.140	0.720	15.939	5.959	9.562	5.248	18.294	15.950	5.760	18.090	7.290	2.610	4.770	2.970	1.620	9.180	2.610
26	1.980	0.270	0.270	0.540	0.360	15.211	6.526	19.702	1.074	23.342	5.670	0.630	0.900	4.050	4.050	2.070	3.240	0.810	2.430	3.510	21.060	14.760	5.490	2.160	26.280	1.980	10.440	3.690	1.491	1.710	0.360	1.980	0.990	2.070	0.810	2.610	3.150	4.320	3.330	0.540	13.731	4.910	7.658	4.235	16.622	13.891	4.680	15.750	5.760	2.250	3.690	2.250	1.260	7.380	2.070
27	1.620	0.180	0.180	0.450	0.270	10.586	5.200	18.299	0.778	22.520	4.860	0.540	0.810	3.240	3.330	1.710	2.700	0.720	1.980	2.880	18.450	12.870	4.680	1.800	22.500	1.710	9.090	3.150	1.703	1.350	0.270	1.620	0.810	1.710	0.630	2.160	2.520	3.600	2.790	0.450	8.449	4.001	6.072	3.374	14.605	8.789	3.960	12.780	4.770	1.890	2.970	1.800	1.080	6.210	1.710
28	1.260	0.180	0.180	0.360	0.270	7.768	4.100	16.648	0.557	21.536	4.230	0.450	0.630	2.700	2.880	1.440	2.340	0.540	1.710	2.430	16.290	11.340	4.050	1.620	19.530	1.440	8.010	2.700	1.968	1.170	0.270	1.350	0.630	1.440	0.540	1.800	2.070	3.060	2.340	0.360	6.448	3.268	4.814	2.694	9.413	6.893	3.330	10.620	4.050	1.530	2.430	1.440	0.900	5.310	1.440
29	1.080	0.180	0.180	0.270	0.180	5.968	3.235	14.704	0.421	20.388	3.780	0.360	0.540	2.340	2.430	1.170	2.070	0.450	1.440	2.070	14.580	10.170	3.600	1.350	17.190	1.260	7.200	2.340	2.284	0.990	0.180	1.170	0.540	1.170	0.450	1.530	1.710	2.610	2.070	0.360	4.911	2.706	3.834	2.189	7.361	5.419	2.970	9.090	3.420	1.350	2.070	1.260	0.720	4.590	1.260
30	0.900	0.090	0.090	0.270	0.180	4.588	2.591	9.637	0.326	19.066	3.330	0.360	0.540	2.070	2.160	1.080	1.890	0.450	1.260	1.800	13.230	9.180	3.240	1.260	15.390	1.170	6.480	2.070	2.666	0.900	0.180	1.080	0.450	1.080	0.360	1.350	1.530	2.340	1.800	0.270	3.771	2.253	3.090	1.814	5.771	4.297	2.610	7.920	3.060	1.170	1.800	1.080	0.630	4.050	1.080
31	0.810	0.090	0.090	0.180	0.180	3.564	2.106	7.705	0.259	17.553	2.970	0.270	0.450	1.800	1.890	0.900	1.710	0.360	1.170	1.620	12.060	8.280	2.880	1.080	13.860	0.990	5.850	1.890	3.138	0.810	0.180	0.900	0.450	0.900	0.360	1.260	1.350	2.070	1.620	0.270	3.938	1.913	2.542	1.521	4.563	3.453	2.340	7.020	2.700	1.080	1.620	0.900	0.540	3.240	0.900
32	0.720	0.090	0.090	0.180	0.090	2.830	1.745	6.207	0.223	15.333	2.700	0.270	0.450	1.620	1.710	0.810	1.530	0.360	0.990	1.440	10.980	7.650	2.610	0.900	12.510	0.900	5.400	1.710	2.769	0.720	0.180	0.810	0.360	0.810	0.270	1.170	1.890	1.440	1.620	0.270	3.234	1.658	2.139	1.297	3.678	2.838	2.070	6.210	2.430	0.900	1.440	0.810	0.540	3.240	0.900
33	0.630	0.090	0.090	0.180	0.090	2.309	1.484	5.079	0.203	13.801	2.520	0.270	0.360	1.440	1.530	0.720	1.350	0.270	0.900	1.350	10.170	7.020	2.430	0.900	11.430	0.810	4.950	1.530	4.671	0.630	0.090	0.720	0.270	0.720	0.270	0.990	1.080	1.710	1.260	0.180	2.955	1.455	1.826	1.133	3.031	2.392	1.890	5.580	2.160	0.810	1.260	0.720	0.450	2.970	0.810
34	0.630	0.090	0.090	0.180	0.090	1.924	1.277	4.238	0.173	8.917	2.340	0.180	0.360	1.350	1.440	0.720	1.260	0.270	0.810	1.170	9.360	6.480	2.160	0.810	10.530	0.720	4.590	1.440	6.394	0.540	0.090	0.720	0.270	0.720	0.270	0.900	0.990	1.530	1.170	0.180	1.621	1.303	1.590	1.001	2.566	2.051	1.710	5.130	1.980	0.720	1.170	0.720	0.450	2.700	0.720
35	0.540	0.090	0.090	0.180	0.090	1.645	1.122	3.600	0.138	7.304	2.160	0.180	0.270	1.170	1.260	0.630	1.170	0.270	0.720	1.080	8.730	6.030	2.070	0.810	9.720	0.720	4.230	1.350	11.250	0.540	0.090	0.630	0.270	0.630	0.270	0.810	0.900	1.440	1.080	0.180	1.394	1.177	1.418	0.889	2.232	1.798	1.620	4.680	1.800	0.720	1.080	0.630	0.360	2.430	0.720
36	0.450	0.090	0.090	0.090	0.090	1.448	0.999	3.116	0.118	6.083	1.980	0.180	0.270	1.080	1.170	0.540	1.080	0.180	0.720	0.990	8.190	5.580	1.890	0.720	9.090	0.630	3.960	1.170	21.312	0.450	0.090	0.540	0.270	0.540	0.180	0.810	0.810	1.260	0.990	0.180	1.227	1.068	1.282	0.810	1.959	1.615	1.440	4.320	1.710	0.630	0.990	0.540	0.360	2.250	0.630
37	0.450	0.090	0.090	0.090	0.090	1.299	0.909	2.767	0.106	5.449	1.890	0.180	0.270	0.990	1.080	0.540	0.990	0.180	0.630	0.990	7.650	5.220	1.710	0.720	8.460	0.630	3.690	1.170	36.141	0.450	0.090	0.540	0.270	0.540	0.180	0.720	0.720	1.170	0.900	0.180	1.095	1.166	0.744	0.746	1.733	1.330	3.960	1.530	0.630	0.900	0.540	0.360	2.070	0.540
38	0.450	0.090	0.090	0.090	0.090	1.175	0.839	2.477	0.100	4.473	1.710	0.180	0.270	0.990	1.080	0.450	0.990	0.180	0.630	0.900	7.200	4.950	1.620	0.630	7.920	0.540	3.510	1.080	53.504	0.450	0.090	0.540	0.180	0.630	0.180	0.720	1.080	0.900	0.180	1.004	0.893	1.061	0.690	1.586	1.353	1.260	3.690	1.440	0.540	0.810	0.450	0.270	1.980	0.540
39	0.360	0.090	0.090	0.090	0.090	1.066	0.760	2.259	0.097	3.947	1.620	0.180	0.270	0.900	0.990	0.450	0.900	0.180	0.540	0.810	6.750	4.680	1.530	0.630	7.470	0.540	3.240	0.990	69.792	0.360	0.090	0.450	0.180	0.450	0.180	0.630	0.630	1.080	0.810	0.090	0.933	0.831	0.986	0.638	1.457	1.246	1.170	3.420	1.350	0.540	0.810	0.450	0.270	1.800	0.540
40	0.360	0.090	0.090	0.090	0.090	0.966	0.698	2.076	0.094	3.550	1.530	0.180	0.180	0.810	0.900	0.450	0.810	0.180	0.540	0.810	6.390	4.410	1.440	0.540	7.020	0.540	3.060	0.900	80.689	0.360	0.090	0.450	0.180	0.450	0.180	0.630	0.630	0.990	0.810	0.090	0.852	0.779	0.923	0.592	1.345	1.147	1.170	3.240	1.260	0.450	0.720	0.450	0.270	1.710	0.450
41	0.360	0.090	0.090	0.090	0.090	0.893	0.643	1.932	0.093	3.236	1.440	0.180	0.180	0.810	0.900	0.360	0.810	0.180	0.540	0.720	6.210	4.410	1.350	0.540	6.570	0.450	2.970	0.900	81.039	0.360	0.090	0.450	0.180	0.450	0.180	0.540	0.540	0.900	0.720	0.090	0.790	0.728	0.870	0.544	1.264	1.078	1.080	3.060	1.170	0.450	0.720	0.450	0.270	1.620	0.450
42	0.360	0.090	0.090	0.090	0.090	0.831	0.594	1.811	0.092	2.973	1.350	0.090	0.180	0.720	0.810	0.360	0.720	0.180	0.450	0.720	5.760	3.960	1.350	0.540	6.300	0.450	2.790	0.810	73.749	0.360	0.090	0.360	0.180	0.360	0.180	0.540	0.540	0.900	0.720	0.090	0.733	0.681	0.818	0.499	1.198	1.012	0.990	2.880	1.170	0.450	0.630	0.360	0.270	1.530	0.450
43	0.270	0.000	0.000	0.090	0.090	0.779	0.568	1.704	0.091	2.761	1.260	0.090	0.180	0.720	0.810	0.360	0.720	0.090	0.450	0.630	5.490	3.780	1.260	0.450	5.940	0.450	2.610	0.810	64.950	0.270	0.090	0.360	0.180	0.360	0.090	0.450	0.450	0.810	0.630	0.090	0.685	0.634	0.772	0.476	1.121	0.960	0.990	2.700	1.080	0.450	0.630	0.360	0.180	1.440	0.360
44	0.270	0.000	0.000	0.090	0.090	0.728	0.531	1.603	0.091	2.579	1.260	0.090	0.180	0.630	0.720	0.360	0.720	0.090	0.450	0.630	5.220	3.600	1.170	0.450	5.670	0.360	2.520	0.720	56.426	0.270	0.090	0.360	0.180	0.360	0.090	0.450	0.450	0.810	0.630	0.090	0.659	0.589	0.724	0.464	1.060	0.909	0.900	2.520	0.990	0.450	0.540	0.360	0.180	1.350	0.360
45	0.270	0.000	0.000	0.090	0.000	0.681	0.493	1.507	0.090	2.417	1.170	0.090	0.180	0.630	0.720	0.360	0.630	0.090	0.360	0.630	5.040	3.420	1.170	0.450	5.400	0.360	2.430	0.720	48.825	0.270	0.090	0.360

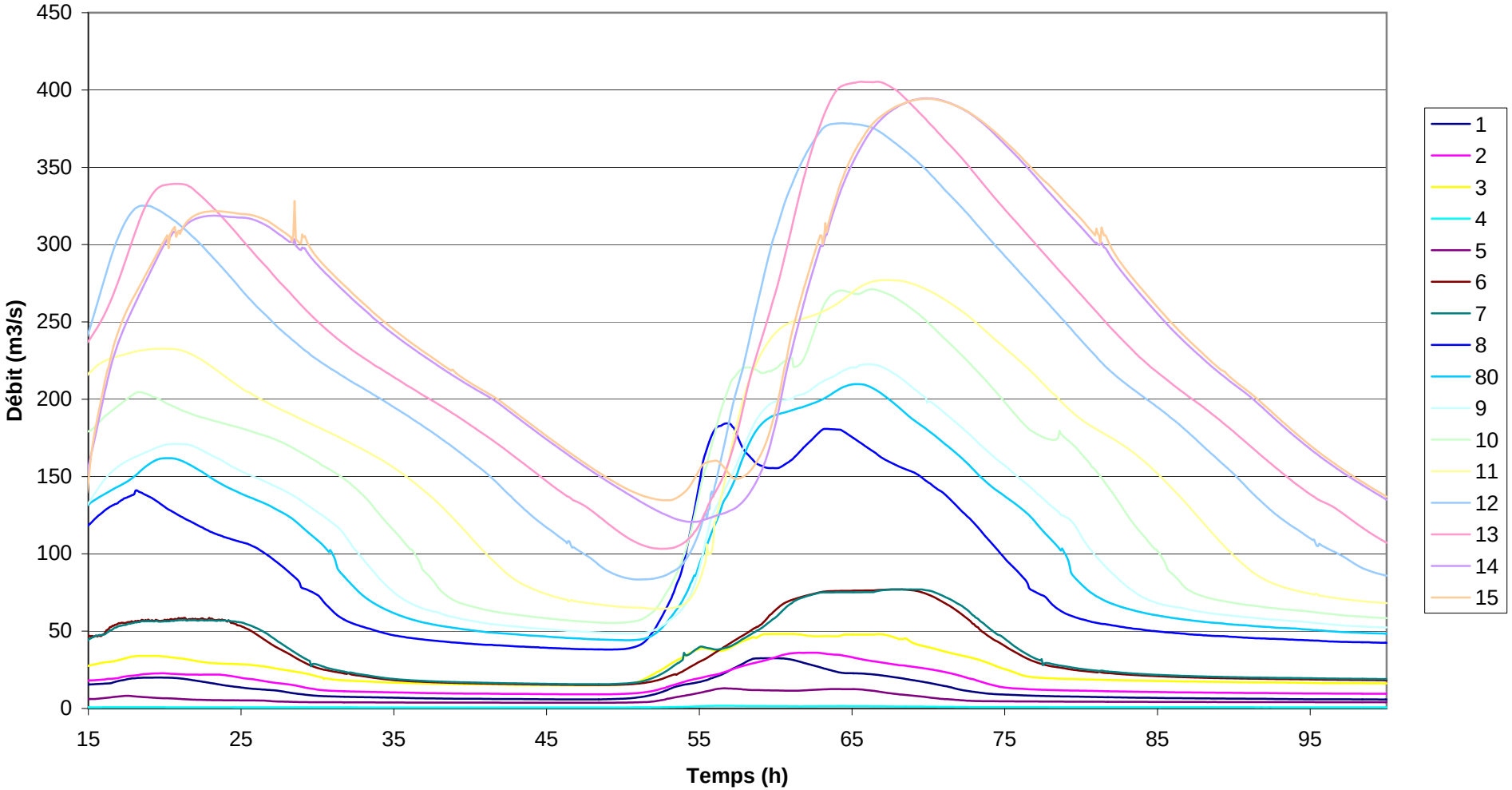
| 1988 | | |

2005

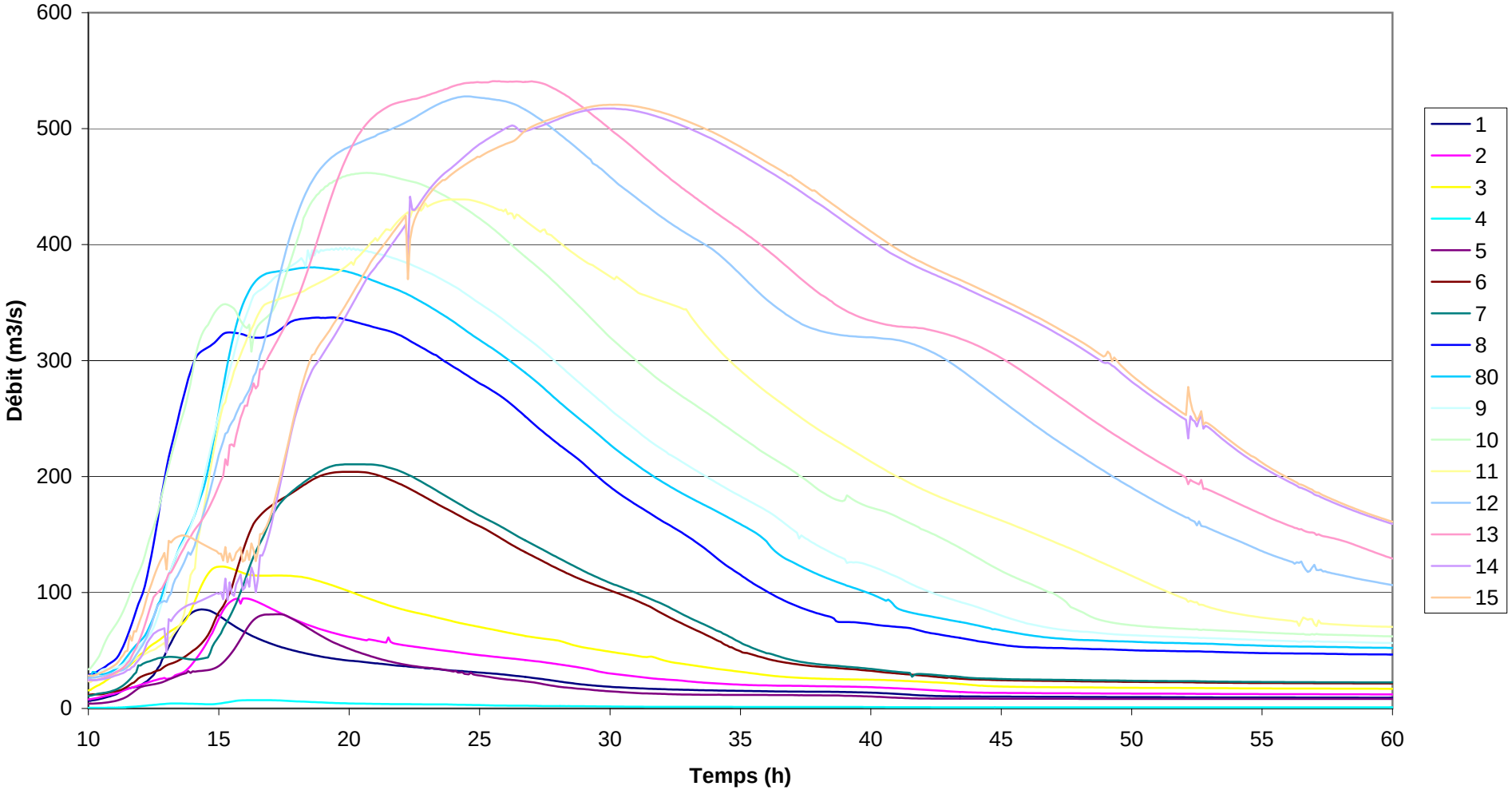
Débit (m³/s)	19.440	3.150	3.150	7.830	5.760	14.472	12.169	14.613	6.416	20.794	18.990	2.250	6.120	11.790	16.200	10.350	9.270	11.700	12.060	8.640	51.331	35.492	23.400	16.560	152.995	34.200	36.774	34.200	67.272	32.490	12.150	20.250	16.110	22.950	19.080	27.540	45.450	43.290	32.940	11.880	21.252	15.884	18.443	16.987	20.657	19.251	37.620	68.400	69.570	8.820	60.660	41.310	35.010	87.480	27.540
t (h)	AGA03	VDB01a	VDB01b	TAI01	VIS01	BAS05	PRA03	CAN05	MAR01	BAR05	PLA01	POU01	COU01	CAU01	DIS01	FNO01	PLA02	TAV01	FSU01	DON01	VAL01	UZE01	VFO01	NSE01	ALE01	NSO01	VDG01	CEZ01	PON01	PLA03	GRE01	PIS01	GAR01	GMI03	LIN01	STE01	MIR03	CAM01	VDN01	REB01	LAR03	CHS03	VAG03	BAB03	REZ03	VES03	LON01	CAG03	RIE04	PAS01	ARR05	ARA01	CRU01	REY03	PDM03
0	0.000	0.000	0.000

Annexe 3 : hydrogrammes calculés sur le Vistre et le Buffalon

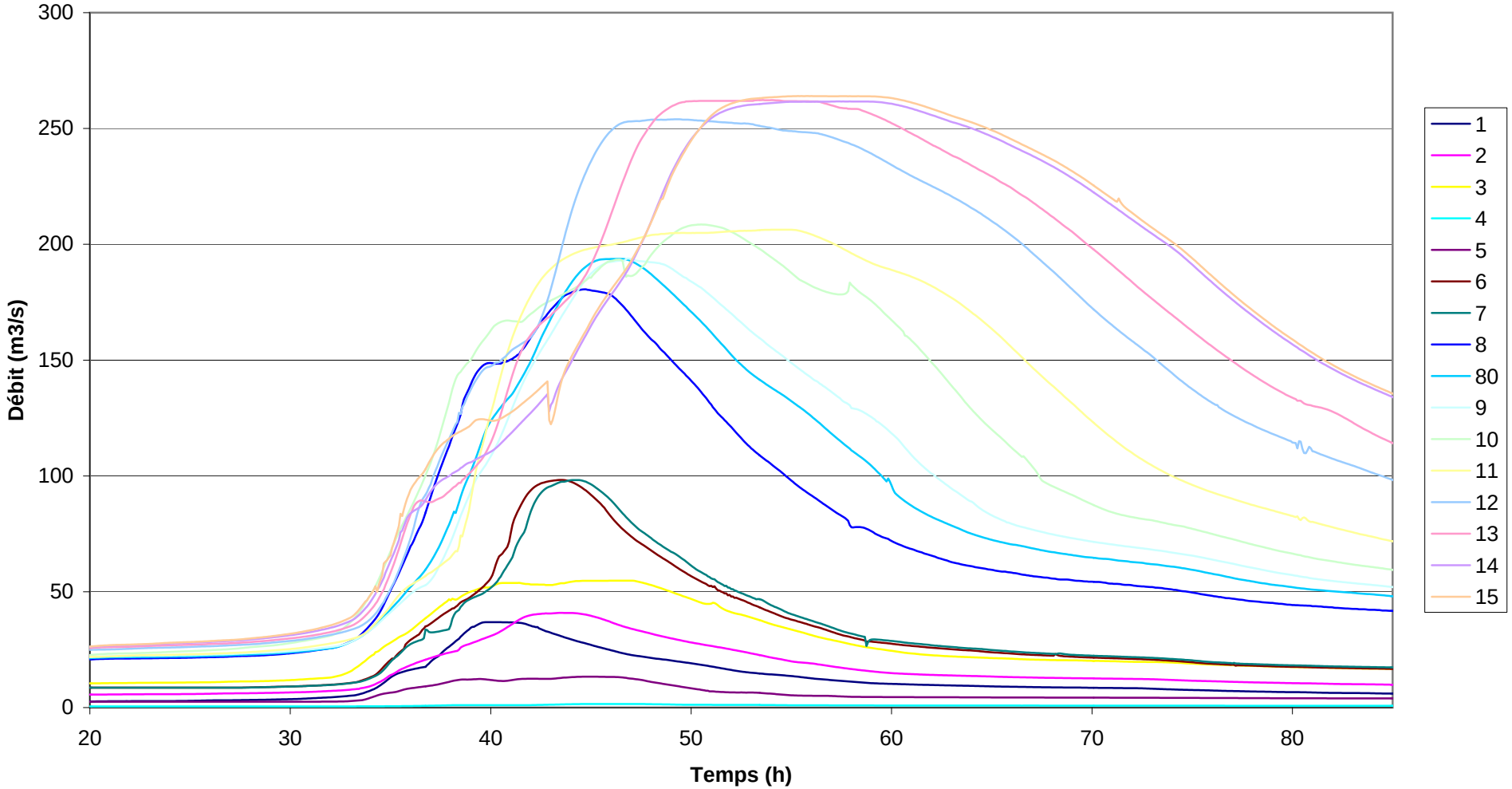
Hydrogrammes aux lignes de contrôles
crue 2005



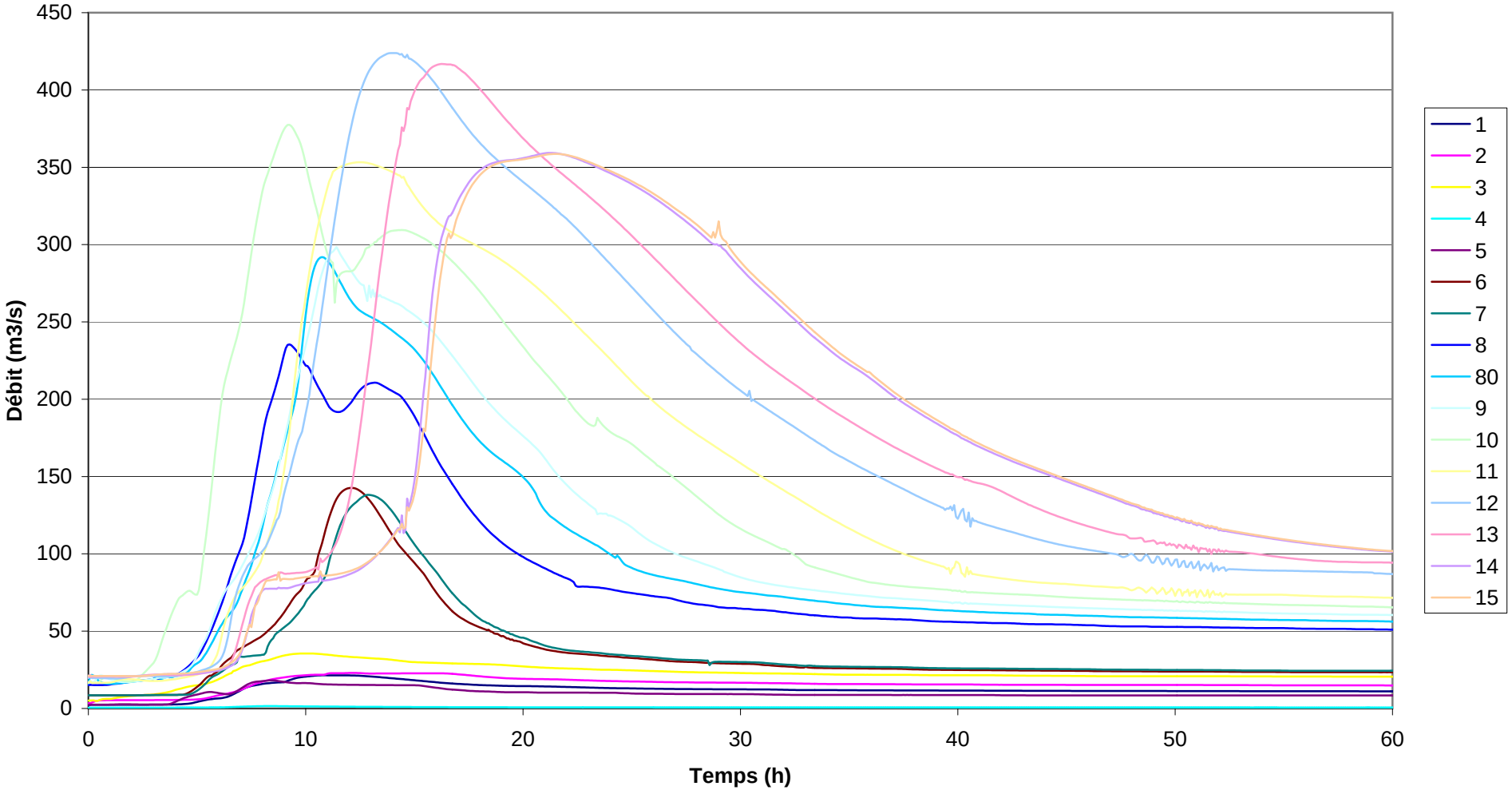
Hydrogrammes aux lignes de contrôles
crue 100 ans



Hydrogrammes aux lignes de contrôles
crue 10 ans



Hydrogrammes aux lignes de contrôles
crue 1988



Aléa fort

Aléa modéré

Aléa résiduel

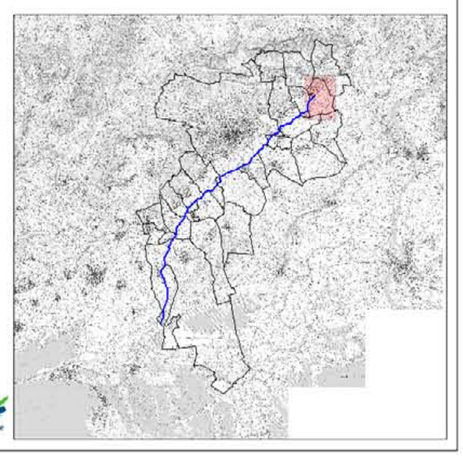
Direction Départementale des Territoires
et de la Mer du Gard

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PLAN DE PRÉVENTION DU RISQUE INONDATION

Commune de Bezouce

CARTE DES ALEAS



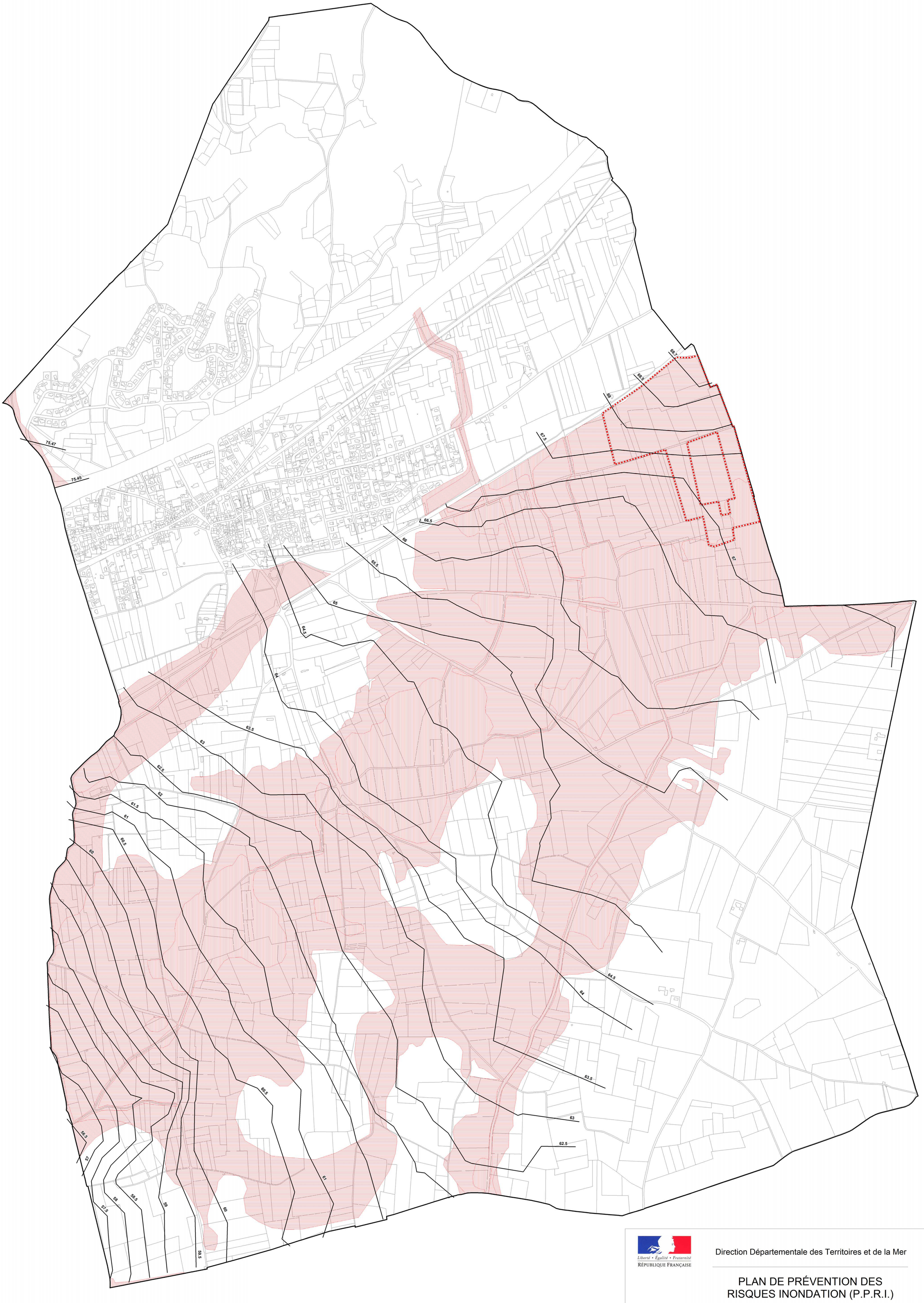
Echelle : 1:5 000

0 100 200

Mètres

Avril 2014

BRL ingénierie



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Préfecture du Gard

PLAN DE PRÉVENTION DES RISQUES INONDATION (P.P.R.I.)

Commune de Bezouce

Zonage réglementaire

- F - U = zone urbaine inondable par un aléa fort
- F - Ucu = zone de centre urbain inondable par un aléa fort
- F - NU = zone non urbaine inondable par un aléa fort
- M - U = zone urbaine inondable par un aléa modéré
- M - Ucu = zone de centre urbain inondable par un aléa modéré
- M - NU = zone non urbaine inondable par un aléa modéré
- R - U = zone urbaine inondable par un aléa résiduel
- R - Ucu = zone de centre urbain inondable par un aléa résiduel
- R - NU = zone non urbaine inondable par un aléa résiduel
- Profil en travers
- XX,XX Cote PHE au droit des profils (en mNGF) extraite de la modélisation de la crue de référence
- Limite communale
- Espace stratégique

BRL Ingénierie

Avril 2014

Fond de plan : Cadastre de la commune

Echelle : 1:5 000

0 100 200

Mètres