

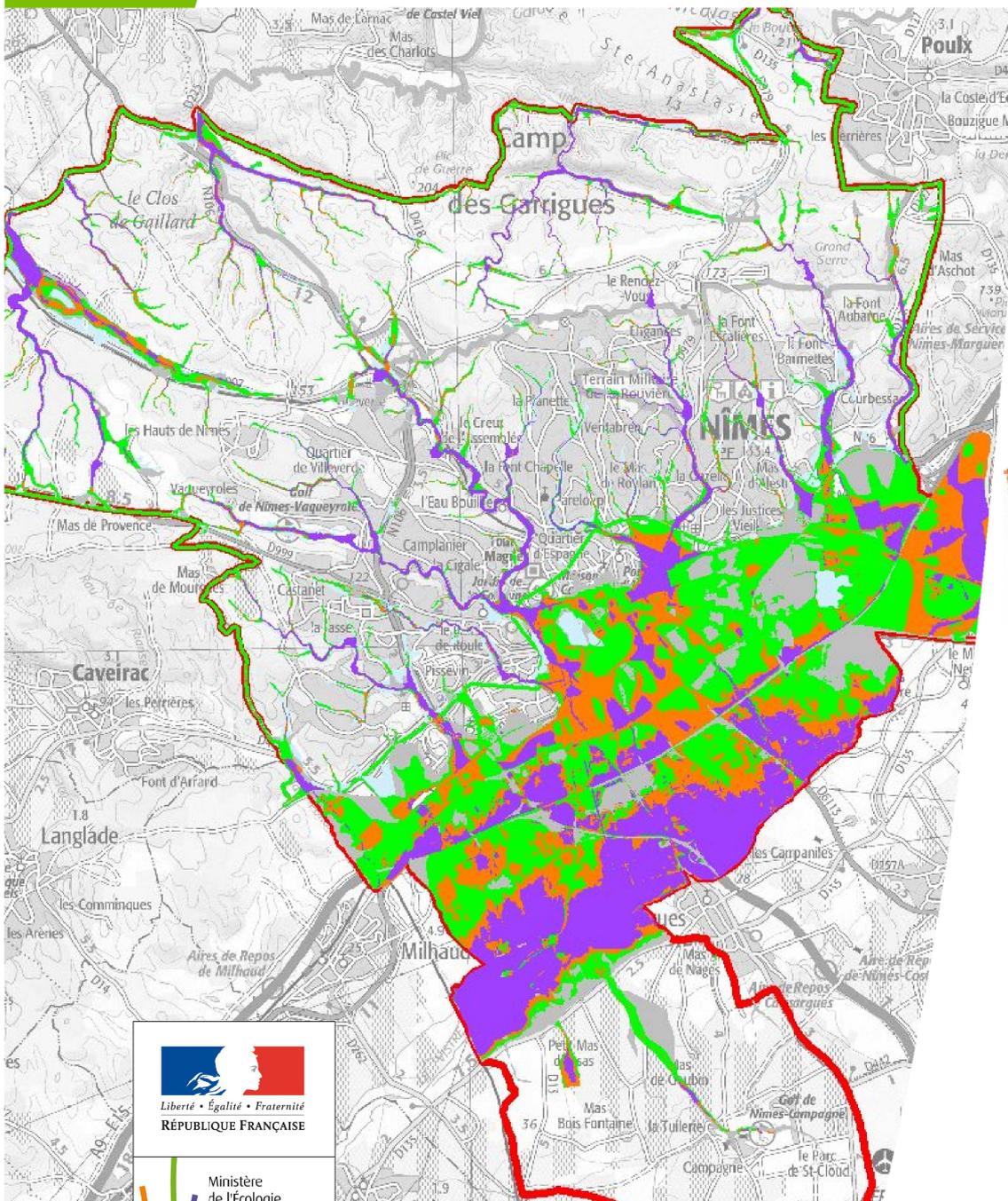
Rapport

**CETE**  
Méditerranée

Juin 2011

# ANNEXE AU RAPPORT DE PRESENTATION DU PPRI DE NÎMES

## Cartographie de l'aléa du PPRI de Nîmes Analyse des connaissances disponibles et méthode de réalisation



Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergies et climat  
Développement durable  
Prévention des risques  
Infrastructures, transports et mer

**Présent  
pour  
l'avenir**



Centre d'Études Techniques de l'Équipement Méditerranée

[www.cete-mediterranee.fr](http://www.cete-mediterranee.fr)

DDTM30/SOTUR

# Cartographie de l'aléa du PPRI de Nîmes

## Analyse des connaissances disponibles et méthode de réalisation

**date** : Juin 2011

**auteur** : CETE méditerranée

**responsable de l'étude** : Frédéric Pons, DREC/SRILH

**participants** : Christophe Esposito, Abbou Merzak, Romain Bouzige (DREC/SRILH)

**résumé de l'étude** :

Dans le cadre de l'élaboration du PPRI sur le territoire de la commune de Nîmes, la DDTM du Gard a confié au CETE Méditerranée une mission de caractérisation de l'aléa inondation sur la commune. Ce rapport, objet de cette mission s'organise autour :

- du recensement et de l'analyse succincte des études disponibles sur l'aléa inondation,
- la détermination des données exploitables et valorisables
- la méthode de réalisation des cartographies de l'aléa

Ce rapport compile également d'autres données d'études, notamment pour l'aléa Vistre.

maître d'ouvrage : DDTM30

# Sommaire

<b>1 PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE.....</b>	<b>6</b>
1.1 Contexte et objectif.....	6
<b>2 DOCUMENTS ÉTUDIÉS.....</b>	<b>7</b>
2.1 Documents recensés.....	7
2.2 Documents recueillis et analysés.....	7
<b>3 DESCRIPTION DES DOCUMENTS EXPERTISÉS.....</b>	<b>8</b>
3.1 Informations historiques (Octobre 1988).....	8
3.1.1 <i>Récapitulatifs des démolitions, confortements et assistances effectués lors de l'évènement d'octobre 1988</i> .....	8
3.2 Photographies et Presse (Octobre 1988).....	8
3.3 Relevés de géomètres (Octobre 1988).....	8
3.3.1 <i>Géoréférencement des planches et table d'assemblage</i> .....	10
3.3.2 <i>Récupération des PHE</i> .....	11
3.3.3 <i>Limites des zones inondables</i> .....	13
3.3.4 <i>Annotations</i> .....	14
3.4 Rapport de la commission hydraulique (Janvier 1989).....	15
3.5 Rapport "Ponton": Mission technique chargée de tirer les enseignements de la catastrophe de Nîmes du 3 octobre 1988 (Avril 1989).....	18
3.6 Le règlement et la cartographie du R111-3 .....	19
3.7 Cartographie des zones exposées aux risques d'inondation du type "3 octobre 1988" (1997).....	20
3.8 L'étude de la ZAC Georges Besse II (2003).....	22
3.9 Atlas de Zones Inondables du Rhony Vistre (Mars 2004).....	23
3.9.1 <i>Objectif</i> .....	23
3.9.2 <i>La zone non-inondable</i> .....	24
3.9.3 <i>La zone inondable</i> .....	24
3.10 Aménagement de la ZAC de Grezan (Décembre 2004).....	26
3.11 Études complémentaires sur le PPCI Extra Muros Cadreaux de Campagne et de Saint-Gilles (Avril 2007).....	27
3.12 L'étude du quartier Hoche-Sernam -Calage du modèle hydraulique (Mars 2008).....	28
3.13 ZAC Mas Lombard, 2008.....	30
3.14 L'étude de la ZAC du triangle de la Gare (Mai 2008).....	32
3.15 Étude pour un aménagement cohérent et durable des Cadreaux (Juin 2008).....	33
3.15.1 <i>Hydrologie</i> .....	33
3.15.2 <i>Hydraulique et/ou modélisation des écoulements</i> .....	36
3.16 Note hydraulique pour l'aménagement de la SMAC (Mars 2009).....	42
3.17 Étude hydraulique générale – quartier Pissevin Nîmes (Août 2009).....	43
3.18 Étude hydraulique du bassin versant du Vistre.....	44
3.19 Les bassins de rétention.....	48
3.20 Les données topographiques sur la ville de Nîmes.....	49
3.20.1 <i>Données Vistre anciennes</i> .....	49

<u>3.20.2 Données Vistre récentes.....</u>	<u>49</u>
<u>3.20.3 MNT Intermap.....</u>	<u>49</u>
<b><u>4 MÉTHODOLOGIE POUR LA DÉFINITION DES ALÉAS DANS LE PPRI.....</u></b>	<b><u>50</u></b>
<u>4.1 Compléments réalisés pour l'aléa du PPRI de Nîmes.....</u>	<u>54</u>
<u>4.1.1 Complément et précision de l'analyse hydrogéomorphologique existante sur les cadereaux amont de la ville de Nîmes (Janvier 2010).....</u>	<u>54</u>
<u>4.1.2 Méthodologie Exzeco.....</u>	<u>55</u>
<u>4.1.3 Méthodologie d'hydraulique simplifiée.....</u>	<u>57</u>
<u>4.2 Méthode appliquée.....</u>	<u>62</u>
<u>4.2.1 Partie Piémont-Vistre et Rive Gauche.....</u>	<u>62</u>
<u>4.2.2 Partie amont.....</u>	<u>63</u>
<u>4.2.3 Synthèse des données utilisées pour établir l'aléa du PPRI.....</u>	<u>64</u>

## CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA DU PPRI DE NÎMES

Ce présent rapport, venant en complément du rapport de présentation général du Plan de Prévention des Risques d'Inondations sur la ville de Nîmes, a pour vocation d'expliquer la démarche de cartographie de l'aléa. Il s'organise autour des points suivants :

1. une « Présentation de l'étude » dans son contexte général du PAPI et les différentes phases initiales prévues, depuis les premières études de 2007.
2. La liste des documents expertisés en lien avec les études conduites dans le programme cadereaux
3. Une description de chaque document expertisé, avec pour objectif de définir le contexte de l'étude, son maître d'ouvrage, sa date de réalisation et ses limites d'utilisation
4. La méthodologie mise en place pour la définition des aléas dans le PPRI, s'appuyant sur une harmonisation des données existantes et sur la réalisation d'autres études hydrauliques lorsqu'aucune donnée n'était disponible ou exploitable.

# 1 Présentation de l'étude

## 1.1 Contexte et objectif

Dans le cadre de la signature du Programme d'actions de Prévention des Inondations (PAPI) de Nîmes le 25 janvier 2007, l'État s'est engagé dans l'élaboration du PPRi Nîmes Cadereaux dont l'objectif est d'acquérir une connaissance aussi fine que possible de la vulnérabilité de l'ensemble des secteurs de la ville dans la double perspective d'une diminution de l'impact humain et financier des crues torrentielles des cadereaux ainsi que la maîtrise de l'urbanisation permettant un développement durable de la cité intégrant le risque d'inondation.

*Le risque d'inondation est actuellement traduit en matière d'urbanisme dans le cadre d'un périmètre de risques R111-3 "Nîmes Cadereaux" réalisé en 1994. Ce document a valeur de PPRi et a été intégré dans le Plan Local d'Urbanisme de la ville de Nîmes. Toutefois ce document pose des difficultés d'application et est insuffisamment prescriptif au regard de l'évolution des textes relatifs à la prise en compte des risques d'inondation.*

Ce rapport traite du recueil, de l'analyse des données disponibles ou créées et de la méthode de cartographie:

1. Un recueil limité aux études générales disponibles portant sur les crues et inondations auprès de quelques organismes cibles (DDE 30, Ville de Nîmes...) et le suivi de l'étude cadereaux réalisé par le bureau d'étude EGIS sous maîtrise d'ouvrage Ville de Nîmes en cours.
2. Une analyse des études recueillis afin de mettre en évidence des éléments de connaissances utiles pour la définition et la qualification des aléas inondations de référence. Les données portant sur les domaines techniques suivants sont en particulier analysées:
  - cartographies des zones inondables par approche hydrogéomorphologique,
  - informations historiques
  - hydrologie
  - topographie
  - modélisation hydraulique
  - aléas inondations

Dans le cas de Nîmes, l'évènement d'octobre 1988 constitue la base de la qualification des aléas. Cette cartographie, effectuée à partir de la situation existante, ne peut prendre en compte des travaux projetés à moyen ou long terme.

Le présent PPRi ne traite pas des risques liés à la rupture des ouvrages de rétention amont comme les bassins qui possèdent des remblais pouvant atteindre l'ordre de la dizaine de mètres ou la rupture des ouvrages de type levée ou « digues » créés le long des cadereaux..

Il ne traite pas non plus des possibles ruptures des infrastructures (anciennes et nouvelles) dans la plaine du Vistre. Les infrastructures de la plaine du Vistre ont été considérées dans cette étude comme résistantes à des évènements de type 1988.

Enfin, la crue de 1988 a été marquée par de nombreux transports d'objets ou embâcles, difficiles à modéliser dans une étude hydraulique : les « barrages » liés à des accumulations de véhicules ou d'embâcles divers dans certaines rues ne se reproduiront pas de la même manière pour une nouvelle crue de la même ampleur.

## 2 Documents étudiés

### 2.1 Documents recensés

Sur la base de la bibliographie réalisée dans le cadre du PAPI par le bureau d'études EGIS Eau, le CETE Méditerranée s'est attaché à compléter ce recensement et à numériser un grand nombre de documents anciens susceptibles de fournir des données dans les domaines de l'hydrologie, de la topographie, de l'hydraulique, de l'information historique, de la géomorphologie, de la cartographie... Le recensement a aussi porté sur des études de projet plus ponctuelles, traitant de la problématique risques.

Cette phase a permis au CETE d'établir une liste la plus complète possible des études et documents existants avec leur conditions de disponibilité sous format numérique mis à disposition par la DDTM30 et par la ville de Nîmes.

### 2.2 Documents recueillis et analysés

Les documents et données de référence sur l'aléa inondation actuellement disponibles suivants ont été recueillis et expertisés (liste non exhaustive) :

- 1988 Octobre : informations historiques (tableaux récapitulatifs des démolitions exécutées, des confortements exécutés et des assistances effectuées lors de l'évènement d'octobre 1988) ; documents divers tels qu'articles de presse, photographies lors de crues sur la ville de Nîmes.
- 1988 Octobre : état des lieux des cadereaux suite à l'évènement du 3 octobre 1988 comprenant les relevés de PHE, de certaines limites de zones inondées et de dégâts réalisées par divers géomètres nîmois.
- 1989 Janvier : rapport de la commission hydraulique réalisée par les services municipaux et divers services de l'Etat.
- 1989 Avril : rapport "Ponton": Mission technique chargée de tirer les enseignements de la catastrophe de Nîmes du 3 octobre 1988.
- 1994 : règlement et cartographie du R111-3 réalisé par l'Etat
- 1997, octobre : cartographie des zones exposées au risque d'inondation du type "3 octobre 1988" commandée par la Ville de Nîmes et réalisée par le Bureau d'études BRL.
- 2003 : étude de la ZAC Georges Besse.
- 2004 : atlas de Zones Inondables du Rhony Vistre commandé par la DIREN Languedoc-Roussillon et réalisé par le Bureau d'études CAREX.
- 2004 : Aménagement de la ZAC de Grezan
- 2007 : études complémentaires sur le PPCI Extra Muros, cadereaux de Campagne et de Saint-Gilles
- 2008 : étude du quartier Hoche-Sernam
- 2008 : étude de la ZAC du triangle de la Gare
- 2008 : étude Ginger sur le Mas Lombard
- 2008 : étude pour un aménagement cohérent et durable des cadereaux commandée par la ville de Nîmes par le bureau d'étude EGIS.
- 2009 : note hydraulique pour l'aménagement de la SMAC, établie par le bureau d'études Ginger
- 2009 : étude hydraulique générale – quartier Pissevin
- 2010 - 2011 : étude du bassin versant du Vistre par le bureau d'études BRL.
- données topographiques sur la ville de Nîmes, fournies par la ville et le SIG DDTM30.
- 2010, complément et précision de l'analyse hydrogéomorphologique existante sur les cadereaux amont de la ville de Nîmes

### 3 Description des documents expertisés

La description des documents expertisés est effectuée avec pour principal objectif la caractérisation des aléas inondation de référence pour la ville de Nîmes. Les documents traitant d'évènements de période de retour inférieures à la centennale seront la plupart du temps ignorés.

#### 3.1 Informations historiques (Octobre 1988)

##### 3.1.1 Récapitulatifs des démolitions, confortements et assistances effectuées lors de l'évènement d'octobre 1988

Suite aux évènements d'octobre 1988, un listing des démolitions, confortements et assistances effectuées a été réalisé pendant la crise. Ce listing disponible fournit les informations suivantes:

- DATE
- LIEU
- NOM
- NATURE
- BUREAU DE CONTROLE

Ces tableaux fournis sous forme papier ont été numérisés et sont géoréférencés automatiquement avec pour objectif de vérifier la cohérence des cartes d'aléas disponibles sur divers secteurs.

Des exemples des natures des désordres sont les suivants:

- Garage
- Mur de clôture
- Maison menaçant de tomber
- Garage et toiture démolis
- Murs fissurés, fondations creusées
- Pièces du rez-de-chaussée et étage endommagés

#### 3.2 Photographies et Presse (Octobre 1988)

Certaines données de presse, photographies ou articles ont été géoréférencées afin d'évaluer la cohérence avec les cartes d'aléas.

#### 3.3 Relevés de géomètres (Octobre 1988)

Maître d'ouvrage : Ville de Nîmes

Auteurs : Plusieurs cabinets d'experts

Date : 1992

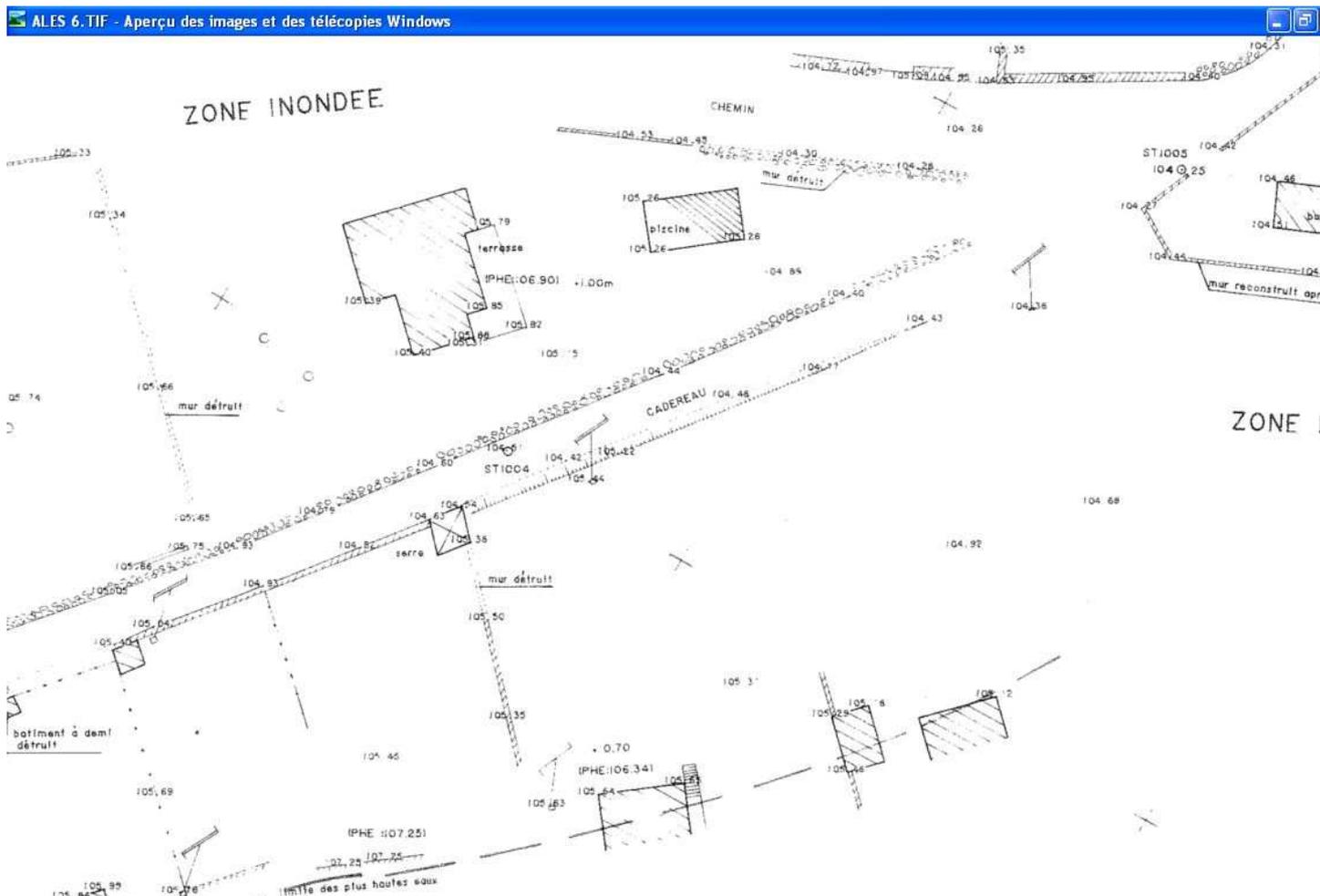
Suite aux évènements d'octobre 1988, des relevés des plus hautes eaux effectués par plusieurs cabinets de géomètres ont été récupérés auprès de la DDTM du Gard.

Les relevés de PHE de 1988 sont disponibles selon 2 échelles de relevés, à savoir:

- des planches cadastrales au 1/2000<sup>ème</sup>
- des relevés sur les cadreaux amont au 1/500<sup>ème</sup>

Les listes ci-après permettent de choisir les secteurs de la ville où l'on souhaite orienter sa recherche:





Exemple de planche de géomètre sur les cadereaux amont (Extrait cadereau Alès)

Ces planches de géomètres contiennent 4 sortes d'informations en fonction des planches et des géomètres:

- Les relevés des Plus hautes eaux lors de l'évènement d'Octobre 1988 avec plusieurs manières de relevés en fonction des géomètres:
  - soit le hauteur d'eau mesuré sur site et la cote du terrain naturelles
  - soit uniquement la hauteur d'eau mesuré sur site
  - soit uniquement la cote d'eau (hauteur d'eau et cote du TN) mesuré sur site. Parfois, cette cote d'eau est associée à une limite de zones inondables sans positionnement réellement précis. Ceci nous a été confirmé par Frédéric FABRE-ROUSSY Géomètre Expert D.P.L.G. ayant participé au référencement de ces PHE.
- Des limites de Zones inondables
- Des annotations de divers dégâts (murs, clôtures, maisons détruites...)
- Des points du terrain naturel relevé.

Le CETE Méditerranée s'est attaché à récupérer exhaustivement les trois premières informations sur ces planches.

### 3.3.1 Géoréférencement des planches et table d'assemblage

Le géoréférencement de chaque planche sous le logiciel Mapinfo a été réalisé à partir de fichiers pdf convertis en format tif pour cette opération. Les distances entre les bâtiments présents sur les planches de géomètres et des Bases de données BDTopo bati et BD parcellaires laissent apparaître sur certaines planches des écarts planimétriques compris entre 5 mètres et 10 mètres. Une table d'assemblage avec un lien dynamique vers chaque planche a été effectué. Un aperçu du tableau d'assemblage est disponible ci-dessous et recense

l'ensemble des planches géoréférencées:

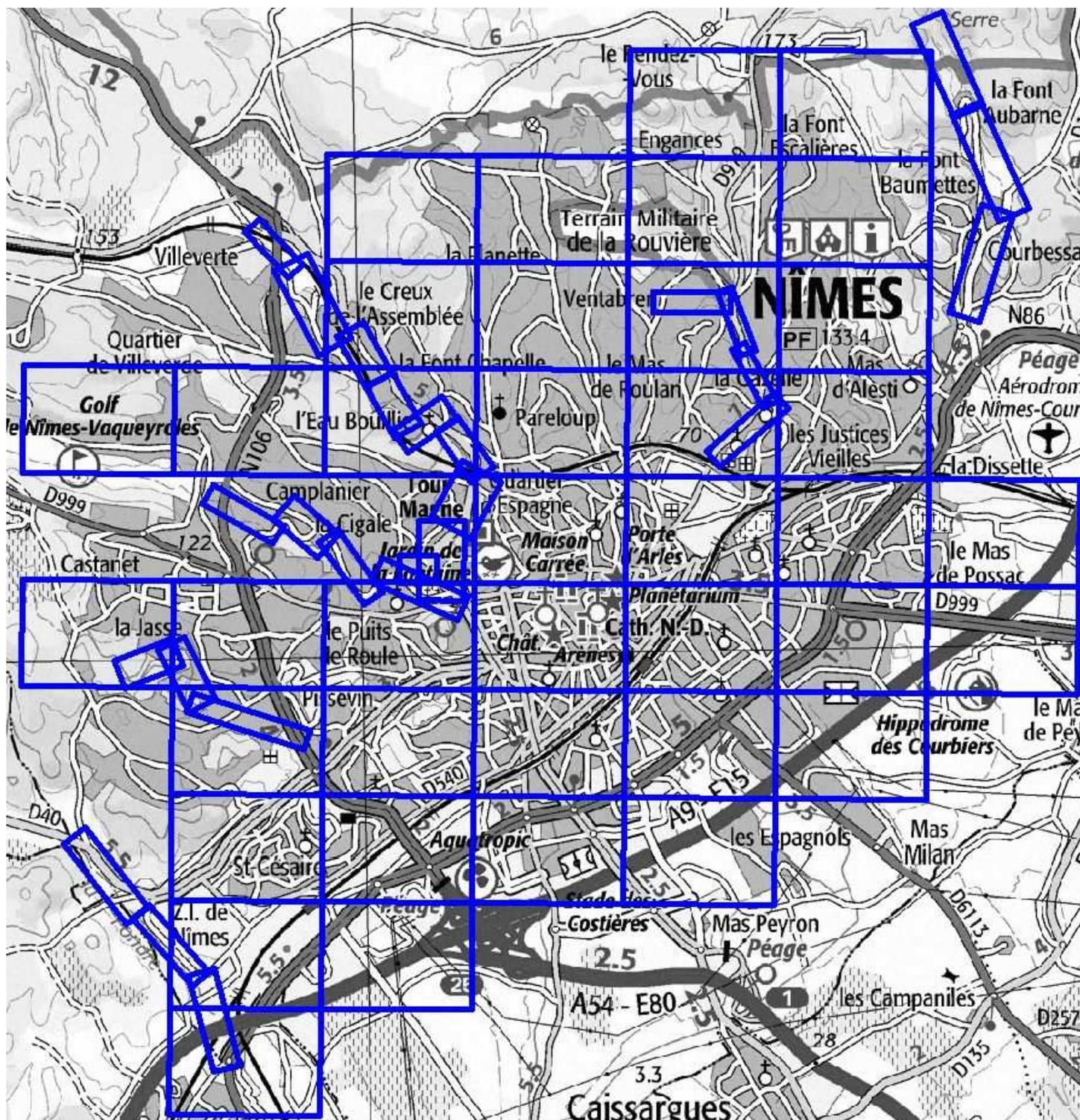


Table d'assemblage des planches des PHE de 1988 (FDP: Scan 100 IGN)

### 3.3.2 Récupération des PHE

Pour la récupération des Plus Hautes Eaux, le CETE Méditerranée s'est basé sur 2 bases de données existantes:

- une table Mapinfo fournie par la DDE du Gard regroupant 1776 PHE. La récupération a été effectuée par positionnement visuel des PHE sur des cartes papier sur un fond de plan BDOrtho ou Scan25.
- Une table au format Shape fournie par EGIS qui regroupe 1824 PHE. Cette table sera nommée EGIS par la suite.

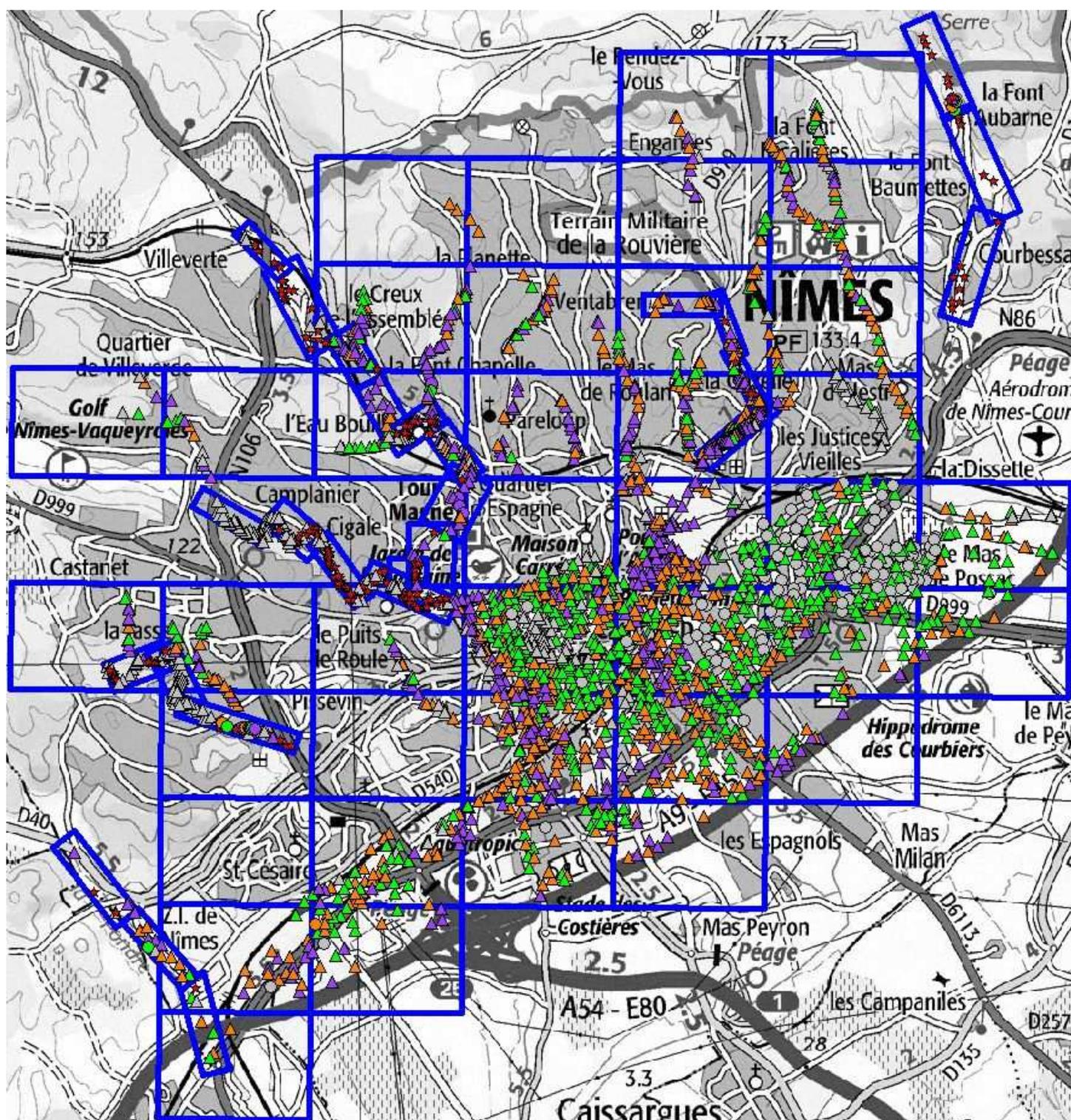
L'objectif a ensuite été de compiler ces deux bases de données avec les méthodes suivantes:

- en planimétrie:
  - moyenne planimétrique lorsque la PHE était présente dans les deux bases, le cas sur 1747 PHE. La distance de positionnement entre les deux bases est en moyenne de 2,84 mètres et au maximum de 25 mètres.
  - donnée planimétrique d'EGIS sur 68 PHE
  - donnée planimétrique de la DDE du Gard sur 26 PHE
  - donnée planimétrique du CETE sur 2 PHE
- en altimétrie
  - altimétrie commune entre la DDE DDE Gard et EGIS sur 1731 PHE
  - altimétrie EGIS sur 43 PHE et sur 39 PHE avec complément CETE
  - altimétrie DDE du Gard sur 29 PHE et sur 1PHE avec complément CETE

**La base de données ainsi créée regroupe 1843 PHE.**

Les autres PHE non présentes dans les tables ont été géoréférencées simplement sur Mapinfo en s'appuyant sur les planches géoréférencées. Ces **541 PHE** se situent principalement sur les parties amont des cadereaux. La localisation de certaines PHE peu claires sur les plans a été effectuée au mieux, à savoir sur le point situé devant le chiffre ou sur la limite de zone inondable. L'erreur est tout de même faible car le travail est effectué sur des plans au 1/500ème, même si la cohérence géographique entre les diverses sources de données (planches, BDTopo ou BD Parcellaire) atteint de l'ordre de 5m maximum.

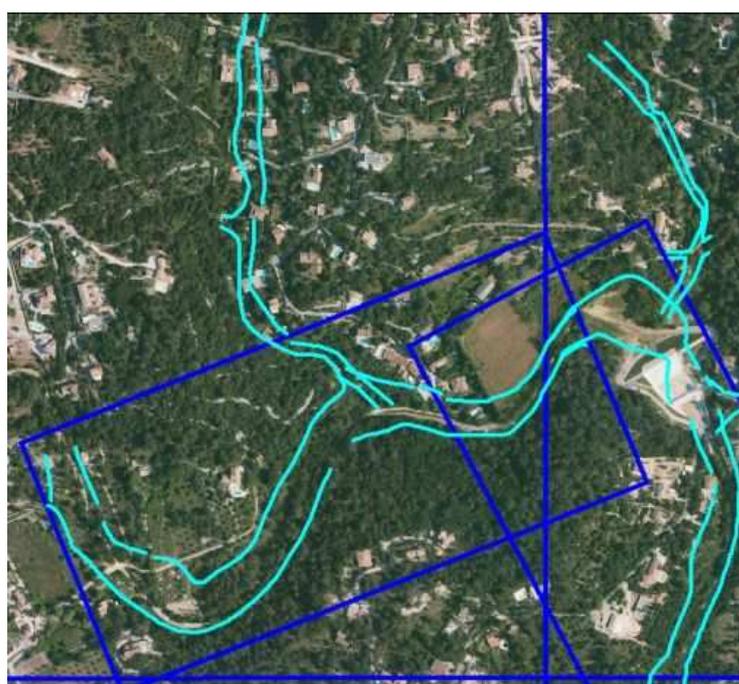
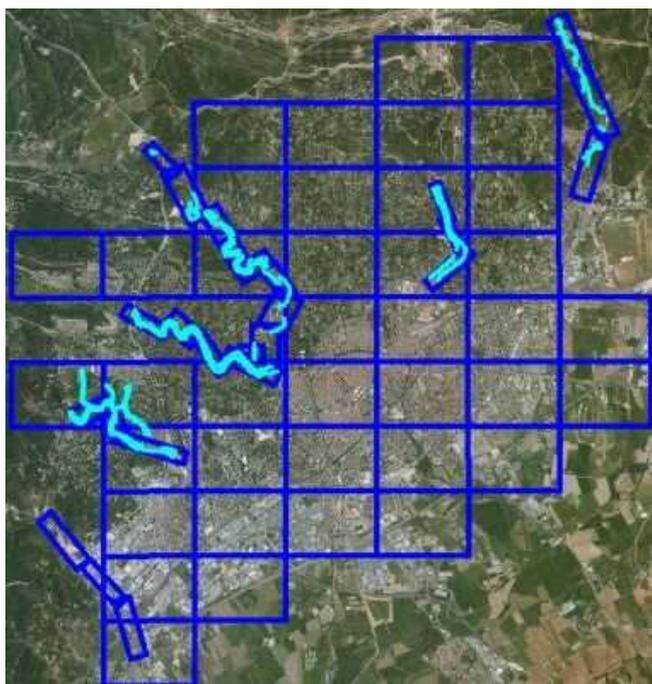
**La figure ci-dessous montre la position des 2384 PHE disponibles.**



Ensemble des PHE disponibles sur l'évènement de 1988 (FDP Scan 100 IGN)

### 3.3.3 Limites des zones inondables

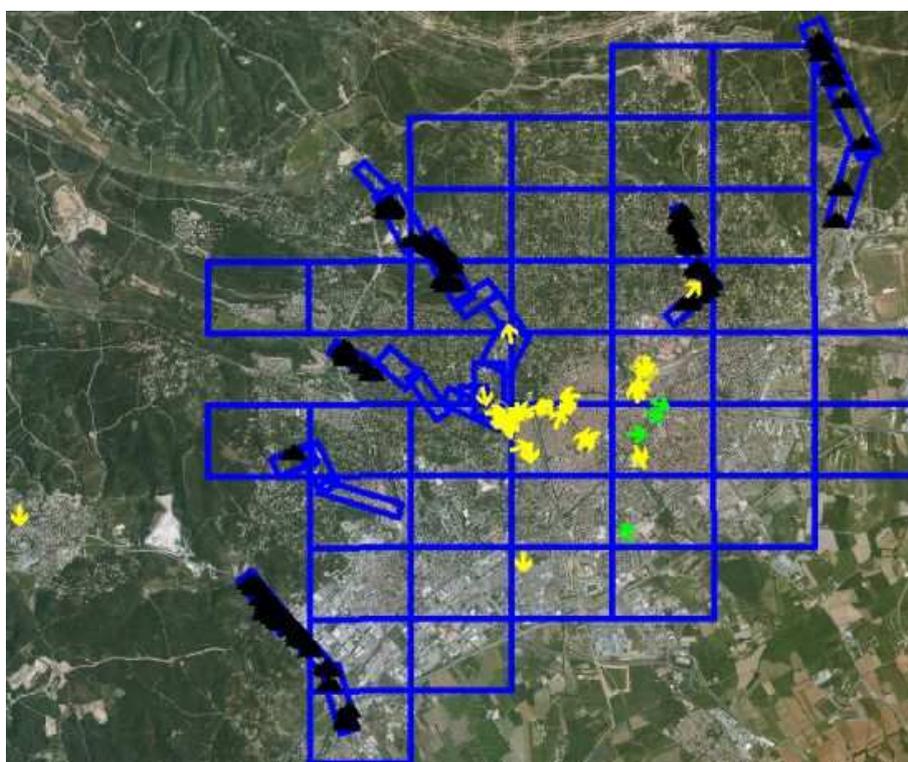
Les limites de zones inondables dessinées sur certains plans de géomètres ont été numérisées. Ces limites sont surtout présentes sur les cadreaux amont. La localisation est sensiblement équivalente aux PHE relevés par le CETE. Un chevauchement de ces limites entre deux plans de géomètres montre une certaine incertitude aux limites. La figure ci-dessous montre l'emprise des zones et les problématiques de chevauchement.



*Limites des zones inondées de 1988 (FDP: Ortho IGN)*

### 3.3.4 Annotations

Les annotations présentes sur les planches ont elles aussi été géoréférencées. Ces annotations sont principalement recensées sur les cadereaux amont. On constate des dégâts importants (destruction) sur l'ensemble de la largeur de la zone inondée des cadereaux amont. La figure ci-dessous montre en noir les dégâts constatés et avec des flèches les photographies géoréférencées.



*Position des éléments historique ponctuel de dégâts (FDP: Ortho IGN)*

### 3.4 Rapport de la commission hydraulique (Janvier 1989)

Maître d'ouvrage : Ville de Nîmes

Auteurs : Commission hydraulique créée suite aux inondations comprenant la ville, des bureaux d'études et divers services de l'État

Date : 16 janvier 1989

A la suite de l'évènement de 1988, une commission hydraulique regroupant le ville de Nîmes, des services de l'Etat ainsi que des organismes publics ou privés a été créée.

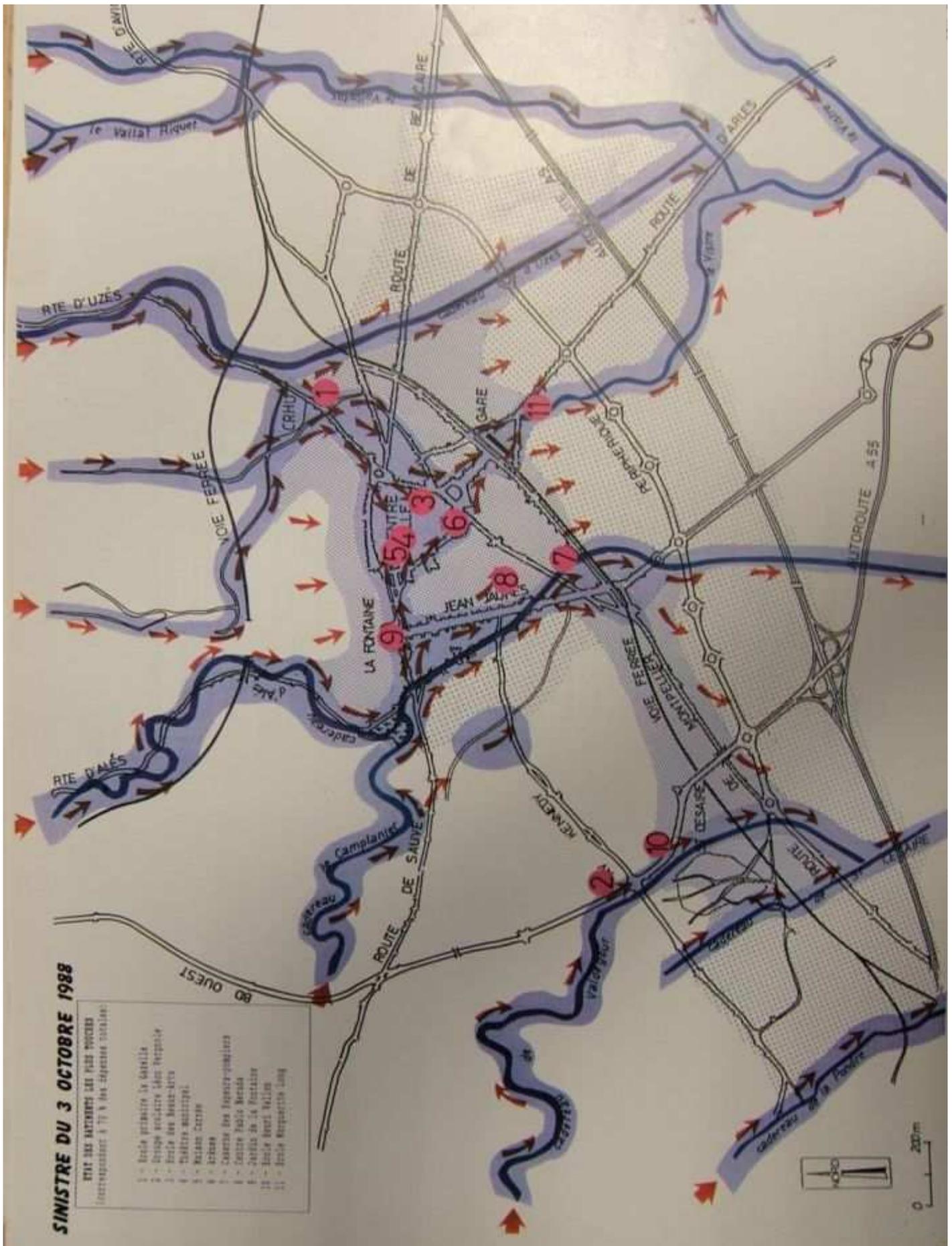
Elle a remis un rapport définitif le 16 janvier 1989 (synthèse des divers rapports) qui comprend 5 parties:

- Collecte et analyse de données
- Cartographie du Phénomène d'inondation
- Approche de la vulnérabilité
- Évaluation de l'aléa
- Proposition de solutions techniques.

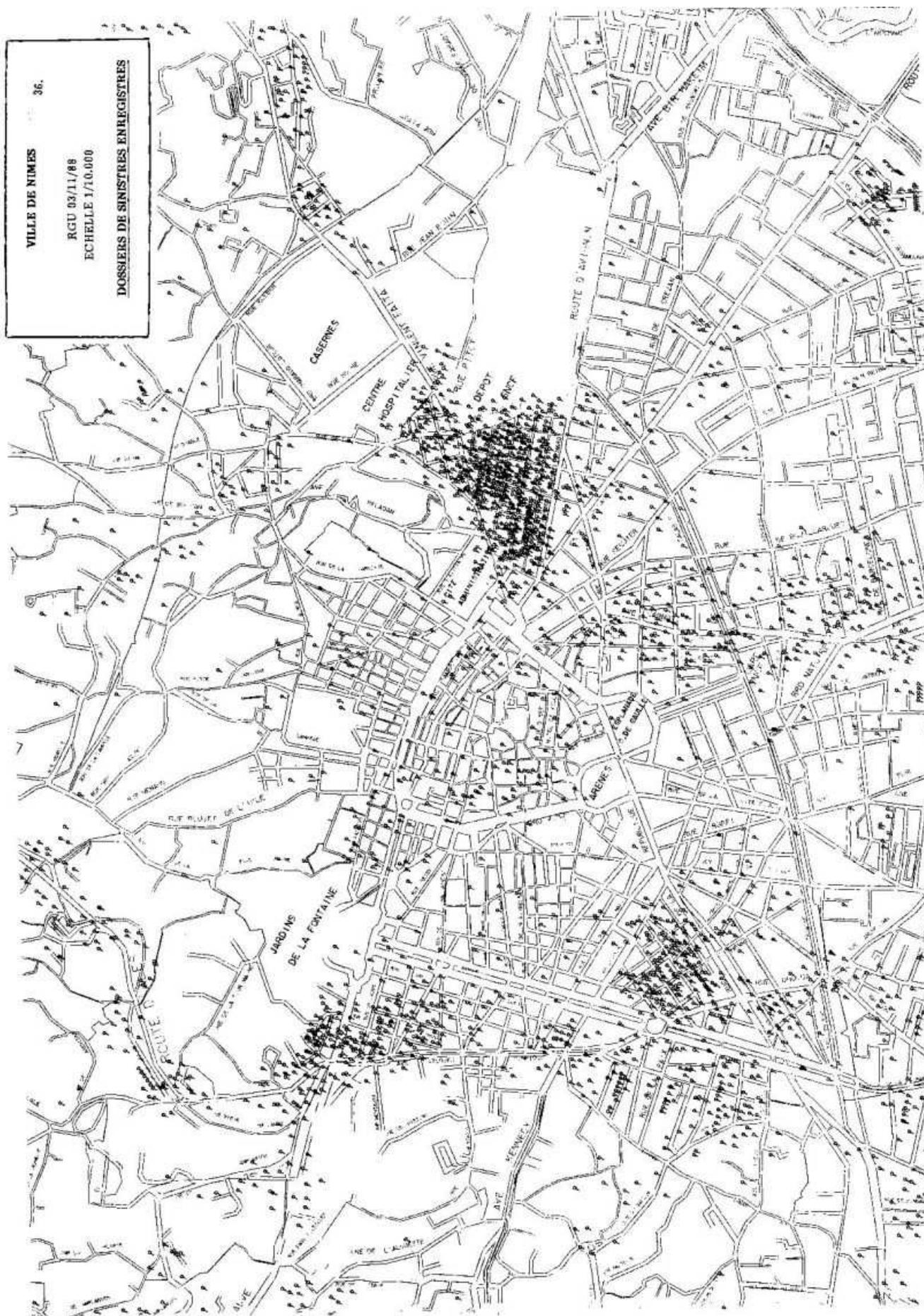
Dans le cadre de ce rapport, quelques points particuliers sont à noter:

- le site de Nîmes est très contrasté au niveau géologique avec trois zones distinctes:
  - Garrigue
  - Piémont
  - Plaine
- Le karst important complique l'analyse hydrologique
- Une période de retour au vu de la série statistique de Nîmes-Courbessac établit un ordre de grandeur allant de 150 à 250 ans pour des pluies de 2 à 6 heures.

Une cartographie des états des bâtiments les plus touchés est disponible dans ce rapport ainsi qu'une carte avec les sinistres constatés en 1988.



Sinistre du 3 octobre 1988, État des bâtiments les plus touchés correspondant à 70% des dépenses totales



Ville de Nîmes - RGU 3/11/1988 - Dossier des sinistres enregistrés

### 3.5 Rapport "Ponton": Mission technique chargée de tirer les enseignements de la catastrophe de Nîmes du 3 octobre 1988 (Avril 1989)

Maître d'ouvrage : Secrétariat d'État auprès du premier Ministre en Charge de l'Environnement et des risques technologiques et naturels majeurs

Auteur : Inspection Générale

Date : Avril 1989

Ce rapport établi pour le secrétariat d'état auprès du premier ministre chargé de l'environnement et de la prévention des risques technologiques et naturels majeurs par la mission technique nommée « Ponton » dresse un constat sur l'évènement de Nîmes et élargit ces conclusions à des enseignements à traduire dans la politique locale et nationale.

Du point de vue local, un élément important est la mention du débordement du pluviomètre de mas de Ponge à partir de 420mm.

Au niveau général, des éléments pertinents sont évoqués en résumé et conclusions p67 sur la localisation des installations vitales ainsi que:

« la prise en compte des risques d'inondation, comme d'ailleurs celle du cadre de vie, doivent faire reconsidérer la place de l'eau dans les agglomérations pour en faire un élément essentiel des conceptions d'urbanisme; en particulier:

- le développement urbain devrait être orienté bien entendu en dehors des zones inondables, mais aussi de façon à optimiser l'écoulement des eaux pluviales
- pour éviter toute aggravation des ruissellements, les versants dominants des agglomérations devraient, autant que possible être préservés de l'urbanisation et affecté à des espace boisés et des activités sportives ou ludiques: des bassins locaux de retenues devraient notamment y être aménagés.
- Les emprises des cours d'eau devraient être acquises par la collectivité, et ils devraient être laissées à ciel ouvert, avec des lits largement dimensionnés; leurs abords gagneraient à être aménager pour l'agrément des populations. »

### 3.6 Le règlement et la cartographie du R111-3

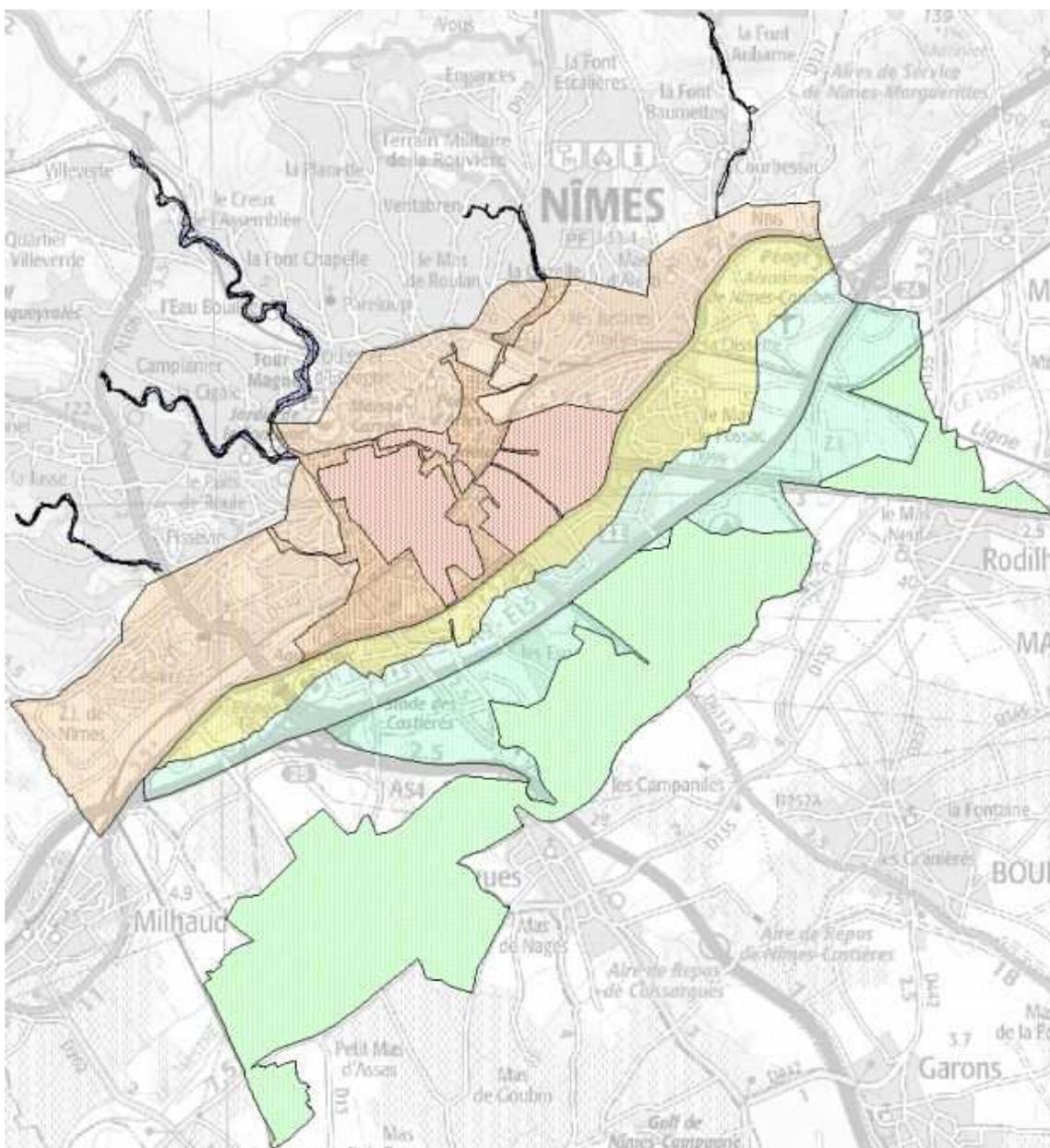
Maître d'ouvrage : Etat

Auteur : DDE

Date : 1994

Le R11-3 cartographie les aléas selon trois zones correspondant globalement aux zones géologiques distinctes.

L'emprise des prescriptions sur les cadereaux amont est par contre limitée aux cadereaux principaux comme le montre la figure ci-dessous et sans aucun accord avec les zones inondées en 1988.



*Emprise des zones soumises au R111-3*

### 3.7 Cartographie des zones exposées aux risques d'inondation du type "3 octobre 1988" (1997)

Maître d'ouvrage : Ville de Nîmes

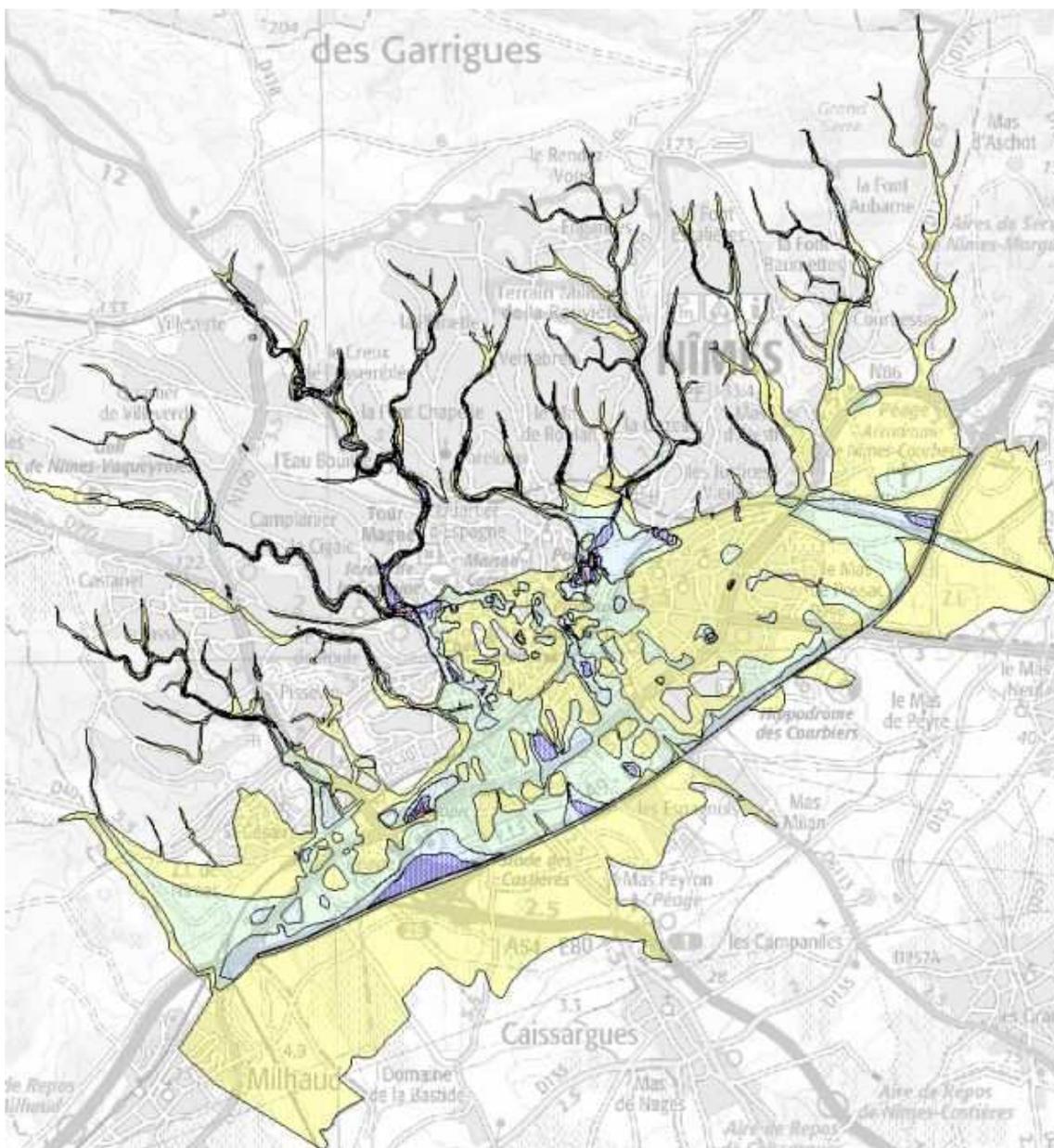
Auteurs : Bureau d'études BRL

Date : Octobre 1997

Cette étude intitulée « Cartographie des zones exposées aux risques d'inondation du type "3 octobre 1988" – à l'exception du Vistre modélisé pour une crue centennale » a été commandée par la Ville de Nîmes et réalisée par le Bureau d'études BRL en octobre 1997. Réalisée à partir des données historiques (levés de laisse de crues réalisés par des géomètres, photos et films amateurs...), elle a été complétée par des enquêtes auprès des riverains et une reconnaissance de terrain pour les cadreaux secondaires.

L'étude montre que la pluie n'a pas été homogène sur l'ensemble de la ville : la plaine a en effet été moins touchées que les garrigues ou la ville.

A partir de courbes iso-hauteurs et de la cartographie des vitesses, une carte résultante intitulée "emprise des zones exposées au risque d'inondation du type 3 octobre 1988 " a été produite :



*Emprise des zones exposées aux risques d'inondation du type "3 octobre 1988" (BRL 1997)*

Cette cartographie contient cependant plusieurs limites :

- les données topographiques sont d'une grande imprécision au vu des objectifs de classe de hauteur d'eau tous les 0,5 mètres. Une courbe d'iso-valeur topographique tous les 5 mètres ne peut pas permettre de créer des classes d'iso-valeurs de 0,5 mètres.
- l'échelle de rendu cartographique ne peut être a minima plus précise que le 1/25000ème en fonction des données topographiques utilisées.
- Des incohérences sont connues de la ville et de la DDE sur cette cartographie. Mais ce sont parfois les échelles visualisées qui entraînent des problèmes de cohérence des données.

### 3.8 L'étude de la ZAC Georges Besse II (2003)

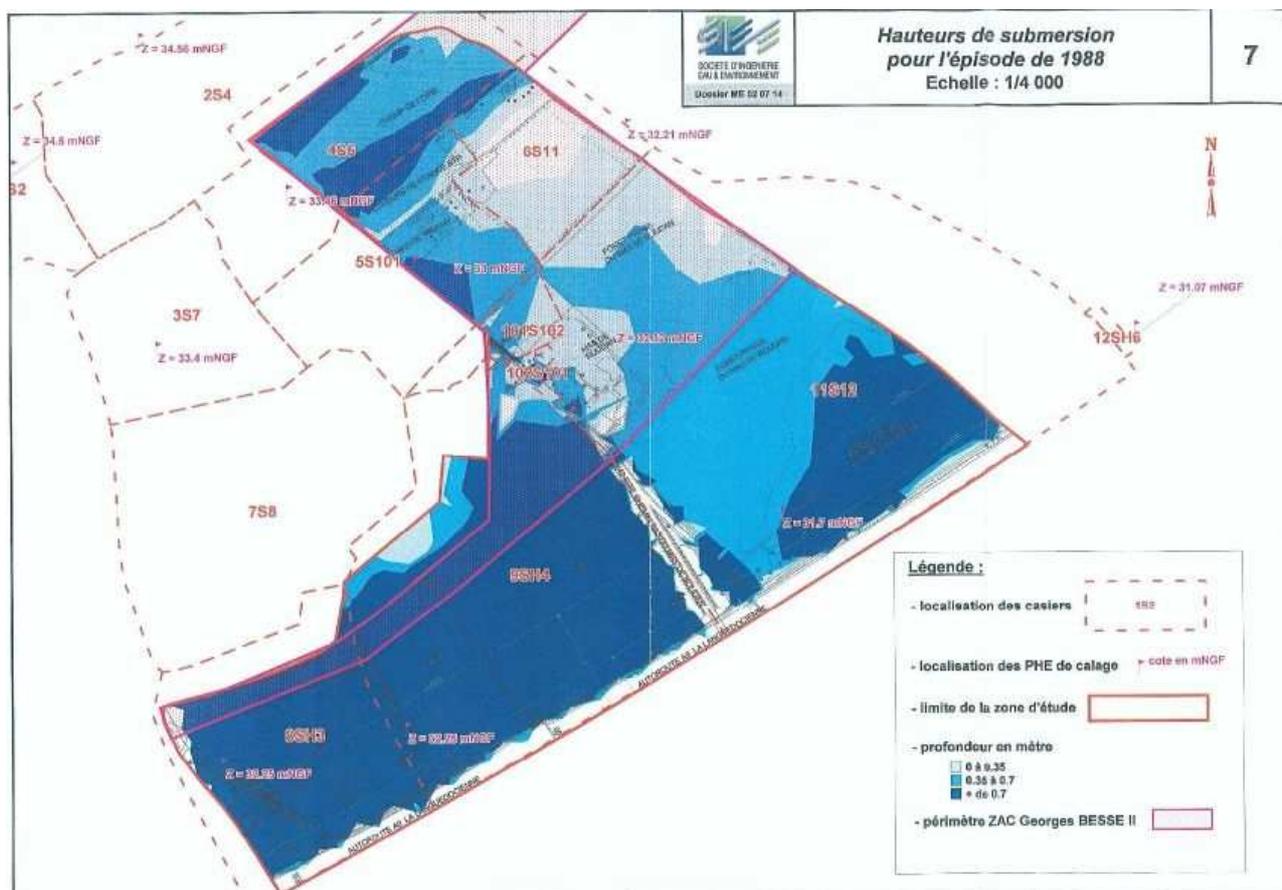
Maître d'ouvrage : SENIM

Auteurs : SIEE

Date : Novembre 2003

L'étude hydraulique est intégrée à la procédure du dossier de demande d'autorisation au titre des articles L214-1 et L214-6 du code de l'Environnement.

Le modèle mis en œuvre est un modèle à casier ISIS limitée à une faible emprise autour de la ZAC . Les hauteurs d'eau fournies sont des classes de hauteurs d'eau : 0 à 0,5m, 0,35 à 0,7m et supérieure à 0,7m pour un événement de type 1988.



Résultat de l'étude sur la ZAC Georges Besse

### 3.9 Atlas de Zones Inondables du Rhony Vistre (Mars 2004)

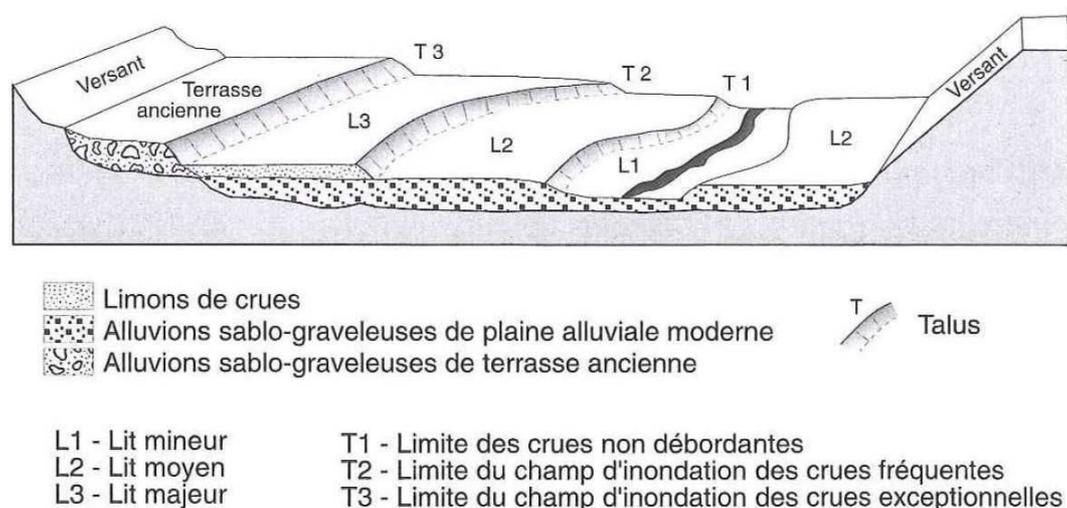
Maître d'ouvrage : DIREN LR aujourd'hui DREAL Languedoc-Roussillon

Auteur : Bureau d'études Carex

Date : mars 2004

L'atlas de zones inondables du Rhony-Vistre a été réalisé par le bureau d'études Carex en mars 2004 pour la DIREN Languedoc Roussillon. Cette étude est disponible sous forme SIG sur le site internet de la DIREN LR (<http://www.languedoc-roussillon.ecologie.gouv.fr>). L'échelle de rendu cartographique est le 1/25.000 avec des zones cartographiées au 1/10.000 dans les parties du centre ville et les Cadereaux amont. Cette cartographie hydrogéomorphologique couvre une grande partie du territoire nîmois. Toutefois, le nord de la commune concerne le bassin versant des Gardons et non pas du Vistre et du Rhône. Elle couvre des zones en plus de l'étude BRL présentée au chapitre précédent et vice-versa.

La méthode hydrogéomorphologique est une première phase d'analyse des milieux naturels et anthropisés des vallées. Elle se base sur une approche naturaliste qui permet de mettre en évidence les différents lits des cours d'eau ainsi que les diverses implantations susceptibles de perturber les écoulements, en les accélérant ou en les ralentissant. Elle permet de déduire les zones inondables par les crues rares à exceptionnelles ainsi que les valeurs approchées des paramètres physiques des inondations. Cette méthode s'appuie sur la photo-interprétation et sur une étude de terrain qui permettent de mettre en évidence les différentes unités géomorphologiques. On distingue alors celles qui appartiennent à la partie active du cours d'eau (zone inondable) et celles qui sont hors de la zone active et donc hors zone inondable (les terrasses, le substratum... formant l'encaissant). Ces unités sont séparées par des discontinuités matérialisées par des talus plus ou moins bien marqués qui permettent de les délimiter dans l'espace.



#### *Relations topographiques entre les différents lits (HGM)*

L'illustration visualise la disposition spatiale des différents lits d'un cours d'eau et leur contexte. Dans ce cas, la plaine alluviale moderne est encadrée, d'un côté par un versant à pente raide, et de l'autre par une terrasse. Cette représentation schématique nécessite cependant une analyse plus détaillée, portant sur les unités géomorphologiques et leurs talus de séparation.

#### 3.9.1 Objectif

La méthode hydrogéomorphologique permet de définir les zones de mobilité des cours d'eau et d'expansion des

crues. Il est important d'éviter la confusion entre ces deux types de zones. Ces unités seront définies à la suite de l'interprétation stéréoscopique de photographies aériennes.

Cette approche hydrogéomorphologique permet de déterminer les enveloppes des zones inondables (champs naturels d'expansion des crues) pour différentes fréquences d'événements et notamment pour la crue fréquente (type quinquennale ou décennale) déterminant le lit moyen des cours d'eau et pour la crue rare ou exceptionnelle déterminant le lit majeur des cours d'eau.

### 3.9.2 La zone non-inondable

Les unités hydrogéomorphologiques sont encadrées par des reliefs plus ou moins marqués qui sont regroupés sous le vocable «encaissant». Les unités géomorphologiques hors de la zone active (l'encaissant) comprennent les terrasses alluviales, les dépôts de colluvions et les versants encadrant directement la plaine alluviale. Le substrat ou versant, correspondent à la roche en place, visible ou masquée par un sol. Les colluvions sont des matériaux divers issus de l'érosion des versants, des montagnes, des collines, qui glissent le long des pentes par l'effet de la gravité ou de l'érosion et s'accumulent sur les pieds de versants. Et les terrasses sont des formes topographiques situées au-dessus de la plaine d'inondation. Il s'agit d'anciens dépôts fluviaux accumulés par les cours d'eau au cours des dernières périodes glaciaires.

### 3.9.3 La zone inondable

Les unités géomorphologiques de la partie active sont délimitées par des structures morphologiques (talus). Elles jouent un rôle direct dans le fonctionnement actuel du cours d'eau et correspondent chacune à une gamme de crue :

- le lit mineur :

Il inclut le lit d'étiage et correspond aux crues très fréquentes. Il correspond au lit à plein bord, intra-berges et aux secteurs d'alluvionnement immédiat (plage). Ce lit est emprunté par la crue annuelle, dite crue de plein-bord, n'inondant que les secteurs les plus bas et les plus proches du lit. Ce lit est facilement repérable puisqu'il se délimite par des berges abruptes plus ou moins continues. Il est en général dépourvu de végétation aérienne du fait de la fréquence de l'écoulement des eaux. La granulométrie est plus grossière car la compétence est plus forte dans ce lit. En résumé, il montre des formes actives de la dynamique fluviale, en évolution permanente, caractérisées par la continuité amont-aval, la répétitivité morphologique du système seuil-mouille, et l'irrégularité du profil longitudinal.

- le lit moyen :

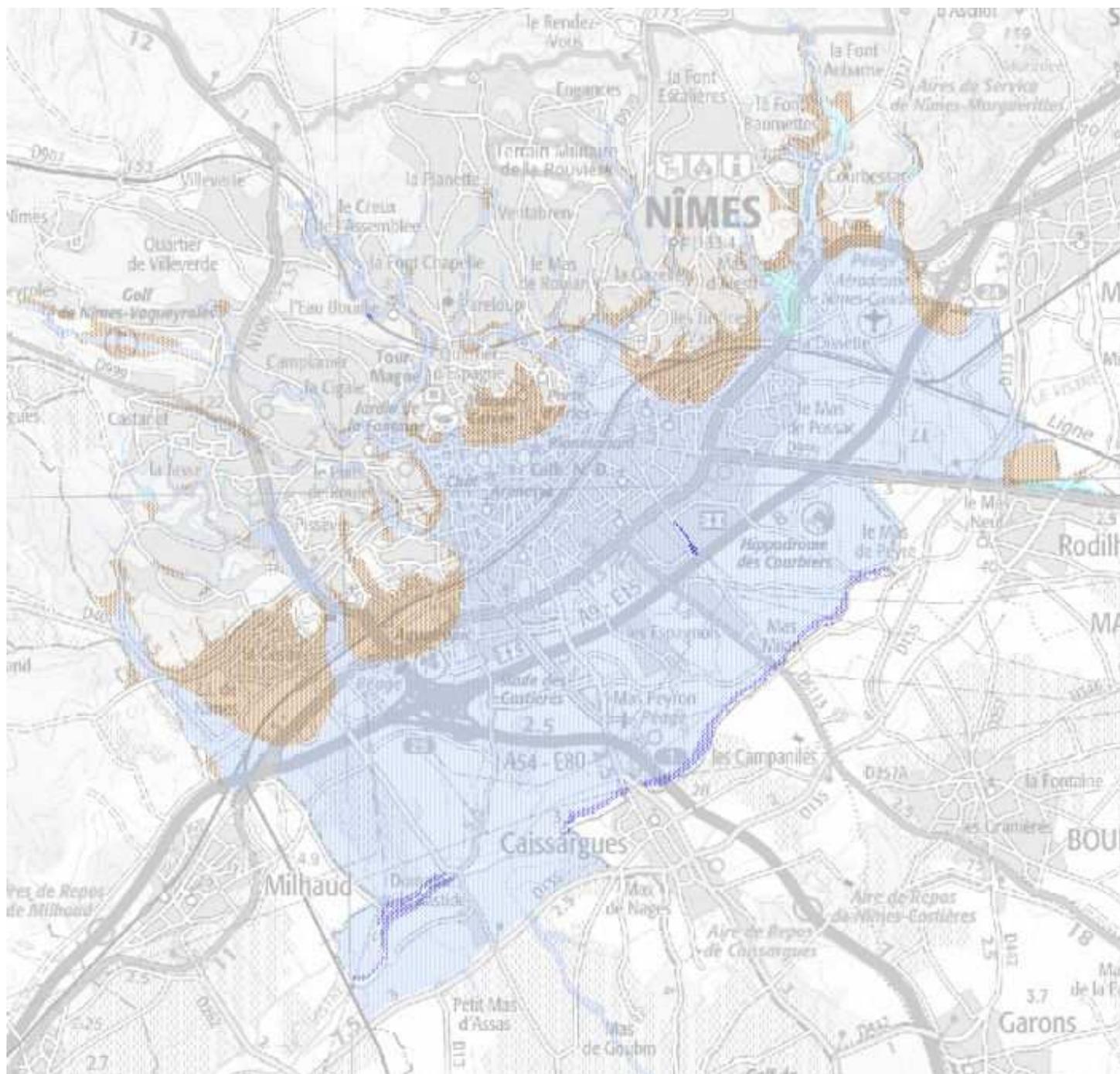
C'est le lit des crues fréquentes dont la période de retour est comprise entre de 2 à 10 ans. Il assure la transition entre le lit majeur et le lit mineur. Il est souvent séparé du lit mineur par un bourrelet de berge. Il est recouvert d'une ripisylve constituée d'espèces plus ou moins hygrophiles (aulnes, saules, peupliers). La granulométrie est plus fine même si par endroit, elle correspond à celle d'un lit mineur du fait des chenaux de crues et des bancs d'alluvionnement grossiers.

- le lit majeur :

C'est le lit le plus large qui fonctionne pour les crues rares et exceptionnelles. Il recouvre d'anciens lits moyens et mineurs et offre des caractéristiques morphologiques beaucoup plus simples. Il présente un modelé plus plat, et est situé en contrebas de l'encaissant. Il est souvent colonisé par une formation végétale moins hygrophile (très souvent mis en culture). La dynamique des inondations privilégie la sédimentation, car il est submergé par des lames d'eau moins épaisses que dans les lits mineurs et moyens. Il est donc couvert d'alluvions fines (limons et argiles), en plaine ou dans les larges vallées et les vitesses sont donc moindres sauf s'il existe des chenaux de crue correspondant à des chenaux d'anciens lits mineurs non entièrement comblés par les dépôts sédimentaires. Il est parfois dominé par un lit majeur exceptionnel.

- Le cône de déjection :

C'est un apport latéral qui se constitue lorsqu'un cours d'eau torrentiel affluent rejoint la vallée principale. Cette vallée a une pente longitudinale plus faible que celle du torrent. C'est une brusque diminution de la pente qui provoque l'accumulation des alluvions grossières du torrent sous forme d'un cône. Les cônes, dont la pente dépasse, en général 5 %, peuvent repousser la rivière principale contre le versant opposé de la vallée. Du fait de la dynamique torrentielle, ces cônes sont très exposés au risque d'inondation (METT-MATE, 1996).



*Emprise en bleu de la cartographie hydrogéomorphologique sur la ville de Nîmes (Carex 2004)*

### 3.10 Aménagement de la ZAC de Grezan (Décembre 2004)

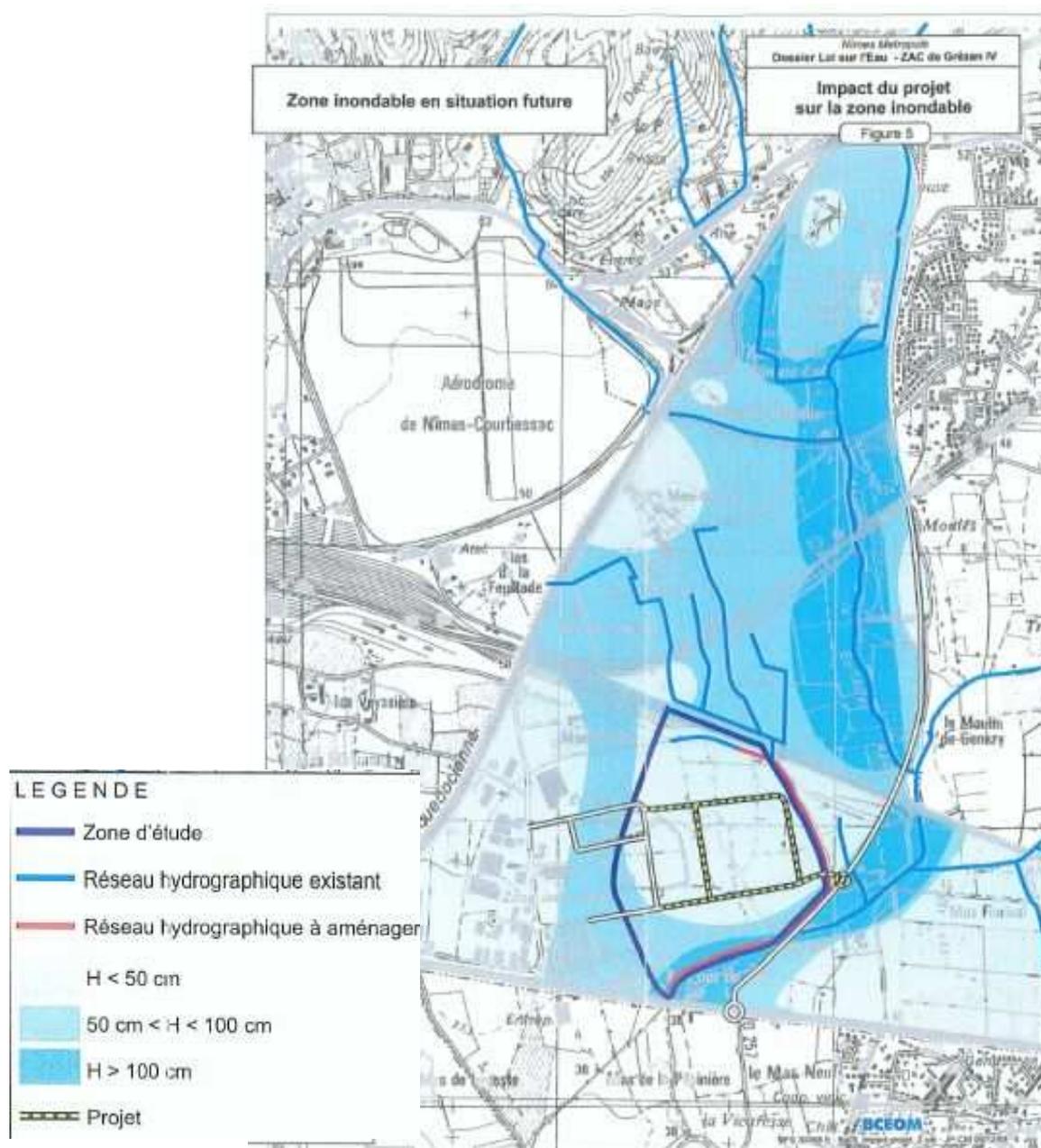
Maître d'ouvrage : Communauté d'Agglomération de Nîmes Métropole

Auteurs : BCEOM

Date : Décembre 2004

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un dossier de demande d'autorisation au titre du code de l'environnement. La cartographie disponible dans le rapport est issue d'un diagnostic hydraulique effectué par BCEOM en 2003 qui a permis de cartographier les zones inondables sur le secteur d'étude pour un épisode orageux centré sur le bassin versant concerné. Aucune information sur la méthode employée n'est précisée.

La cartographie utilisée est celle en situation future du rapport de 2008.



Cartographie de la zone inondable ZAC Grezan

### 3.11 Études complémentaires sur le PPCI Extra Muros Cadereaux de Campagne et de Saint-Gilles (Avril 2007)

Maître d'ouvrage : Ville de Nîmes

Auteur : BCEOM

Date : Avril 2007

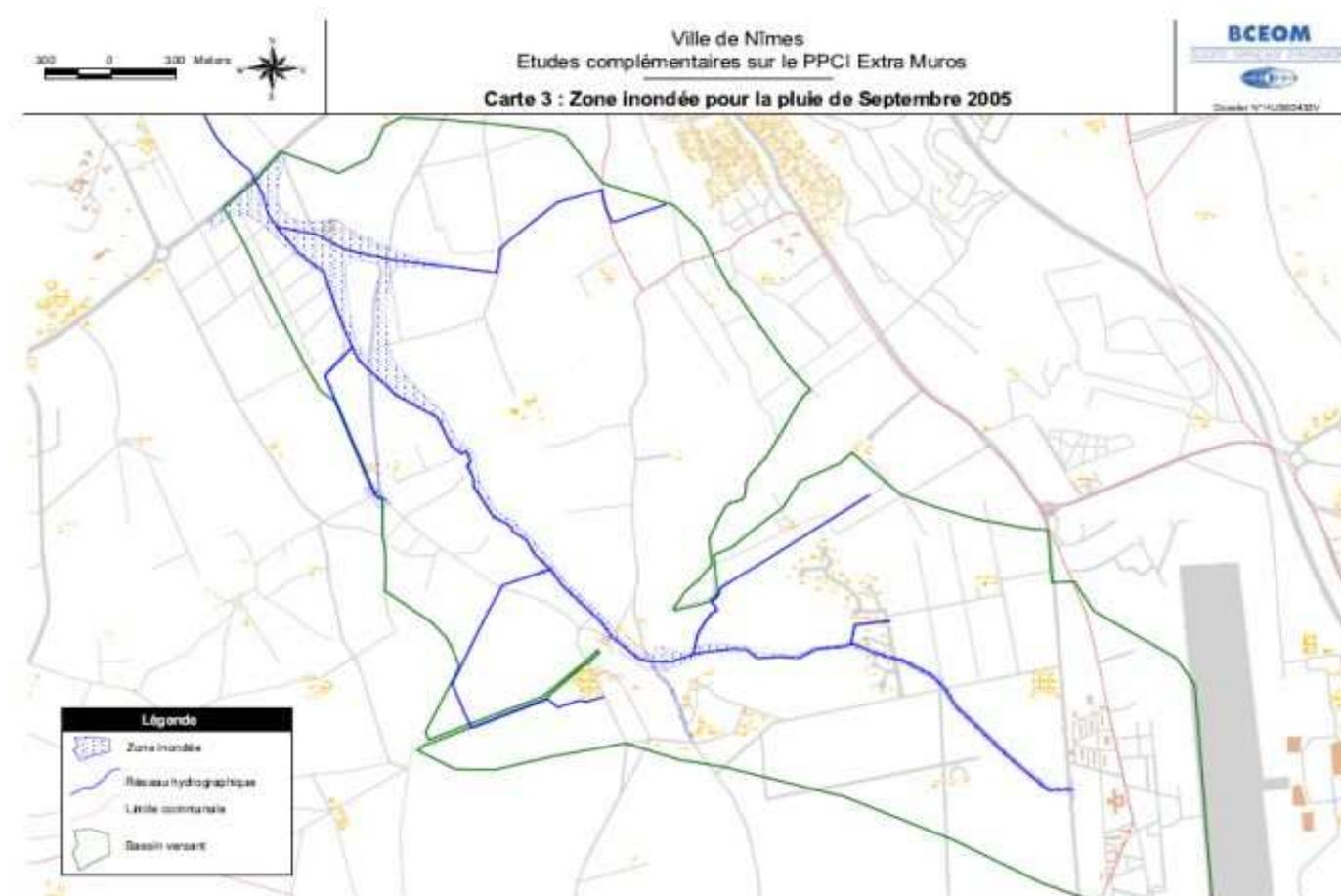
Cette étude fait suite aux pluies des 6 et 8 Septembre 2005 qui ont mis en évidence des points de dysfonctionnements hydrauliques le long du cadereau de Campagne et du cadereau de Saint-Gilles.

L'objet de la présente étude est de dresser un bilan de la situation hydraulique le long de ces 2 axes hydrauliques, et de proposer un programme de travaux visant à améliorer la situation actuelle.

Au cours de la visite de terrain de cette étude, les riverains présents ont systématiquement été rencontrés. Selon leurs dires, la crue des 6 et 8 septembre 2005 est la crue récente la plus importante après celle de 1988.

Ces rencontres ont permis de d'établir une carte des zones inondées lors de cette crue. La carte suivante fait la synthèse des observations formulées et fournit une première approche des zones inondées.

Cette étude a cependant été réexpertisée et reprise intégralement dans le cadre de l'étude générale du bassin versant du Vistre, commandée par l'Etat au bureau d'études BRL en 2010-2011 (voir paragraphe 3.18). En effet, l'étude BRL a vocation à modéliser une crue centennale, tandis que la présente étude BCEOM travaillait sur l'événement de 2005, dont la période de retour est plus faible.



### 3.12 L'étude du quartier Hoche-Sernam -Calage du modèle hydraulique (Mars 2008)

Maître d'ouvrage : Ville de Nîmes

Auteur : Stucky

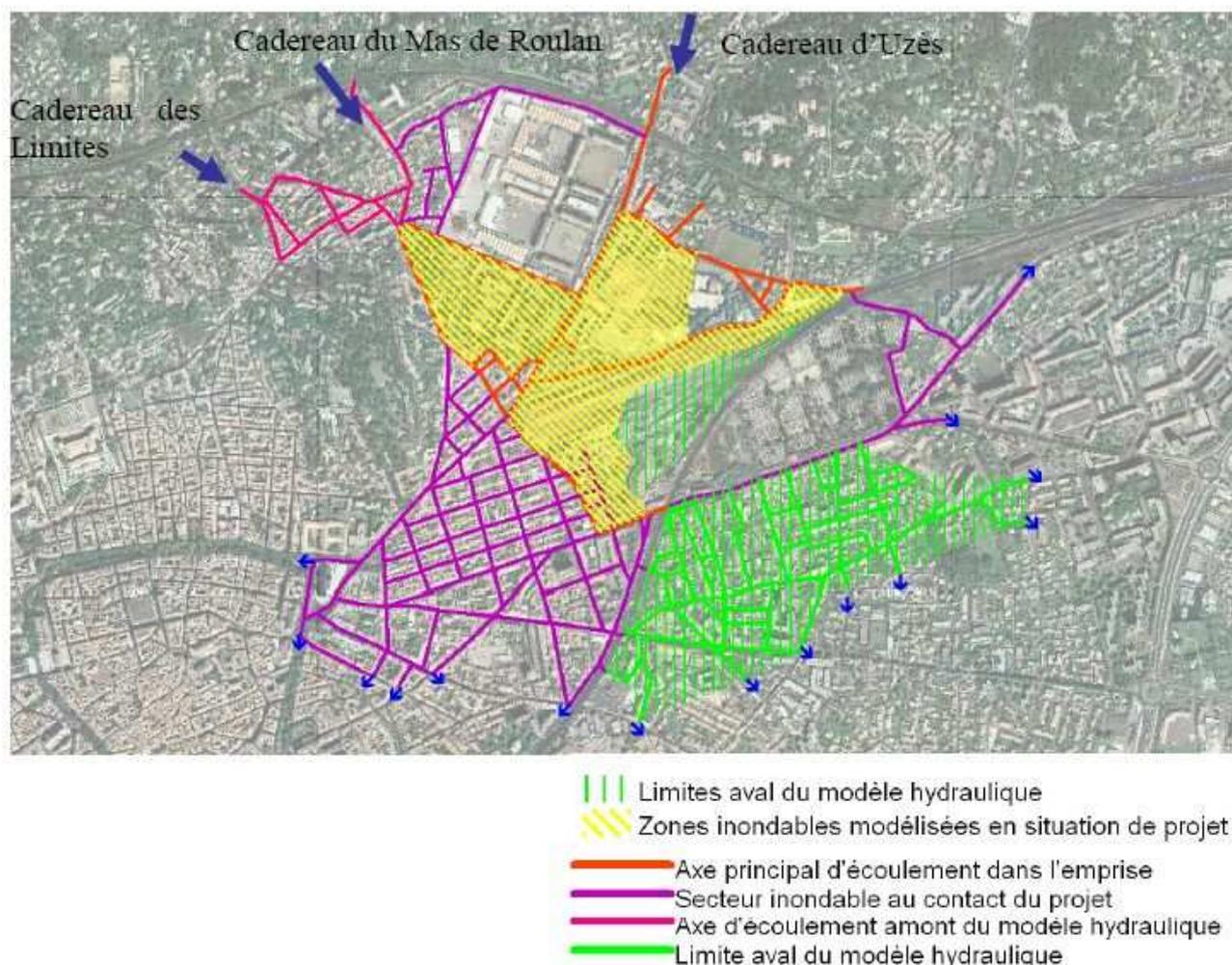
Date : Mars 2008

Cette étude s'inscrit dans le cadre du grand projet d'urbanisme du quartier Hoche-Sernam dont l'hydraulique est une forte composante.

Comme le disent les auteurs, « l'étude hydraulique présente le modèle du quartier Hoche Sernam dans la situation actuelle et la phase essentielle de calage, qui permet d'attester de la bonne représentativité du modèle mathématique pour simuler les phénomènes hydrauliques. »

Le logiciel utilisé (code Dunamic 2D) est un modèle numérique bidimensionnel qui permet de représenter les écoulements de surface en régime transitoire, leur répartition et leur dynamique dans une géométrie urbaine complexe. Son maillage est carré et se limite à l'emprise des rues sans prendre en compte les bâtiments qui ne participent pas à l'écoulement mais qui peuvent être inondés.

« La crue de 1988 a été modélisée autant que possible dans le cadre topographique et géométrique de l'époque, dans la mesure où les informations ont pu être collectées, afin de tenir compte des quelques évolutions récentes du bâti (bâtiments nouveaux ou supprimés, modification de certaines rues, espaces de parking le long de la Sernam, modification des clôtures...). » La topographie a fait l'objet de complément de levés. L'emprise des modèles est présentée ci-dessous :

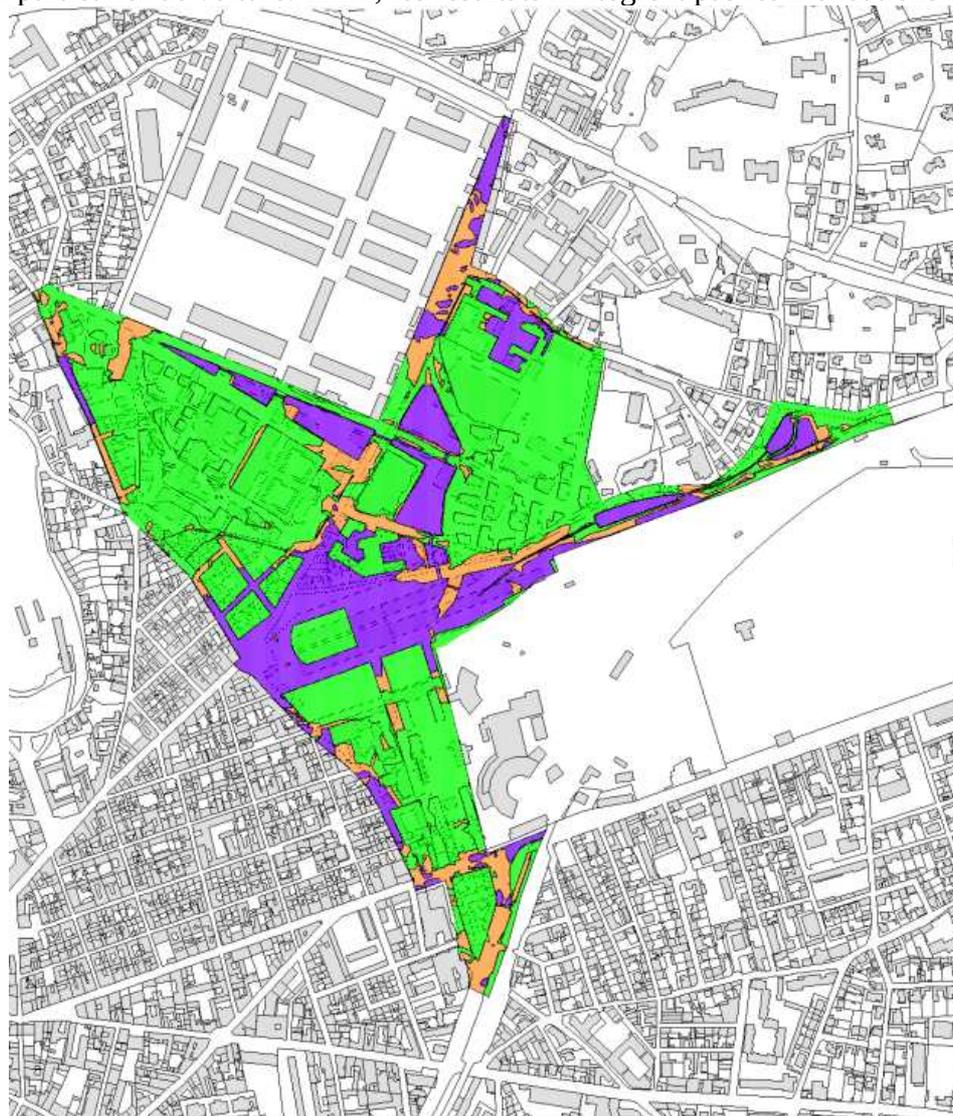


*Cartographie des zones modélisées sur Hoche-Sernam*

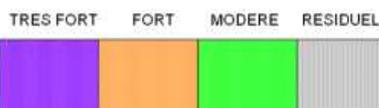
Les hydrogrammes d'entrée de la crue de 1988 sont ceux fournis par ESPADA, les écoulements souterrains sont négligés pour un événement de type 1988.

L'analyse fine des résultats fait apparaître localement des écarts qui peuvent être importants, mais qui généralement s'expliquent en raison soit de l'imprécision de la référence observée, soit des conditions d'écoulement différentes de celles prises en compte dans le modèle (effets d'embâcle, bâti différent).

En analyse externe, les écarts de calage sont relativement important sur le secteur avec des valeurs pouvant atteindre l'ordre du mètre. Ces écarts sont assez logiques des écoulements très torrentiels sur ce secteur où les relevés de PHE représentent parfois plus la charge hydraulique (à savoir la hauteur d'eau et l'influence de la vitesse) qu'une hauteur d'eau. De plus, les écoulements dans ce quartier ont été fortement perturbés par les divers embâcles en particulier de voiture. Enfin, les résultats n'intègrent pas les inondations dans les bâtiments.



**LEGENDE DE L'ALEA :**



Echelle 1 : 6000

*Carte des classes d'aléa sur le quartier Hoche-Sernam en situation future, sur la base d'une crue type 1988)*

Compte tenu de l'engagement de réalisation et du calendrier imbriqué des travaux hydrauliques avec les aménagements immobiliers, cette carte en situation future a été utilisée comme base de référence de l'aléa et du zonage du PPRI.

### 3.13 ZAC Mas Lombard, 2008

Maître d'ouvrage : Ville de Nîmes

Auteurs : Ginger (ex-SIEE)

Date : mai 2008

L'étude initiale SIEE 2005 partait d'un débit d'environ 100 m<sup>3</sup>/s en amont de la route nationale, la capacité du réseau étant d'environ 50m<sup>3</sup>/s. Les études du PAPI ont mis en évidence un écart avec les débits pris en compte par le rapport de synthèse des travaux de la commission hydraulique de janvier 1989 (162m<sup>3</sup>/s).

L'Etat a donc demandé à la ville de reprendre les études en expertisant les débits et en se recalant sur les PHE connues sur le secteur.

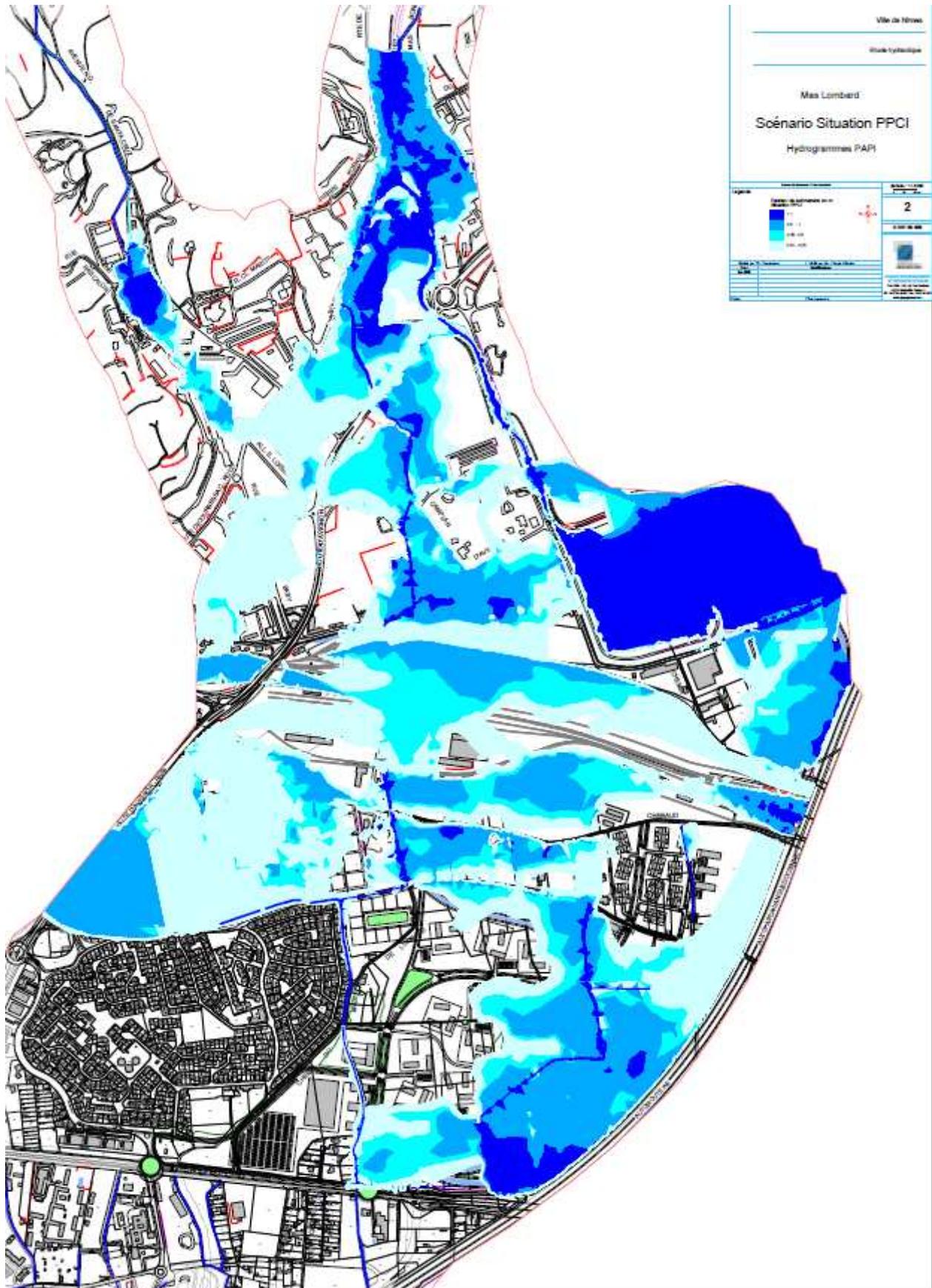
Le rapport d'expertise (analyse de sensibilité sur les débits du Valladas-GEI Montpellier ,Mai 2008-cf annexe 10) a conduit à retenir un débit de 140m<sup>3</sup>/s à l'amont de la RN (valeur 1988=1988 centré) , inférieur d'environ 12 à 15% à celui de la commission hydraulique car cette valeur conduisait à une modélisation supérieure aux PHE connues.

Par ailleurs, l'Etat a demandé (mars 2007) une expertise complémentaire sur la question des apports de la Baracine/ chilonne (90 m<sup>3</sup>/s) qui montre que l'essentiel du débit part dans le bassin Est de l'aérodrome (66m<sup>3</sup>/s). Avec l'apport du Valladas et du Valat riquet on observerait un débit de 160 m<sup>3</sup>/s à l'amont des voies, dont 20 passeront dans l'ouvrage sous la voie et le reste déverse sur la voie ferrée vers Grezan (et c'est sans doute là que l'on a sous estimation des niveaux d'eau par rapport aux études EGIS initiales).

Au final, la ville a fait reprendre sur ces bases (débit accru de 40%, apports de la Baracine) la modélisation, qui a conduit à une augmentation des niveaux d'eau d'environ 30cm, localement 50.

Seules les zones non inondables dans cette étude ont été retenues comme urbanisables. Ceci a conduit à délimiter une zone constructible d'environ 20ha dans une zone aménagée de 35ha pour un périmètre d'étude initial de 100 ha.

Les travaux planifiés dans le PAPI de 2009 à 2011 ont pris un peu de retard du fait des études archéologiques en cours, mais seront réalisés à partir de l'été 2012, justifiant leur intégration au présent PPRI.



*Etude hydraulique en situation future du cadereau du Valladas*

### 3.14 L'étude de la ZAC du triangle de la Gare (Mai 2008)

Maître d'ouvrage : SENIM

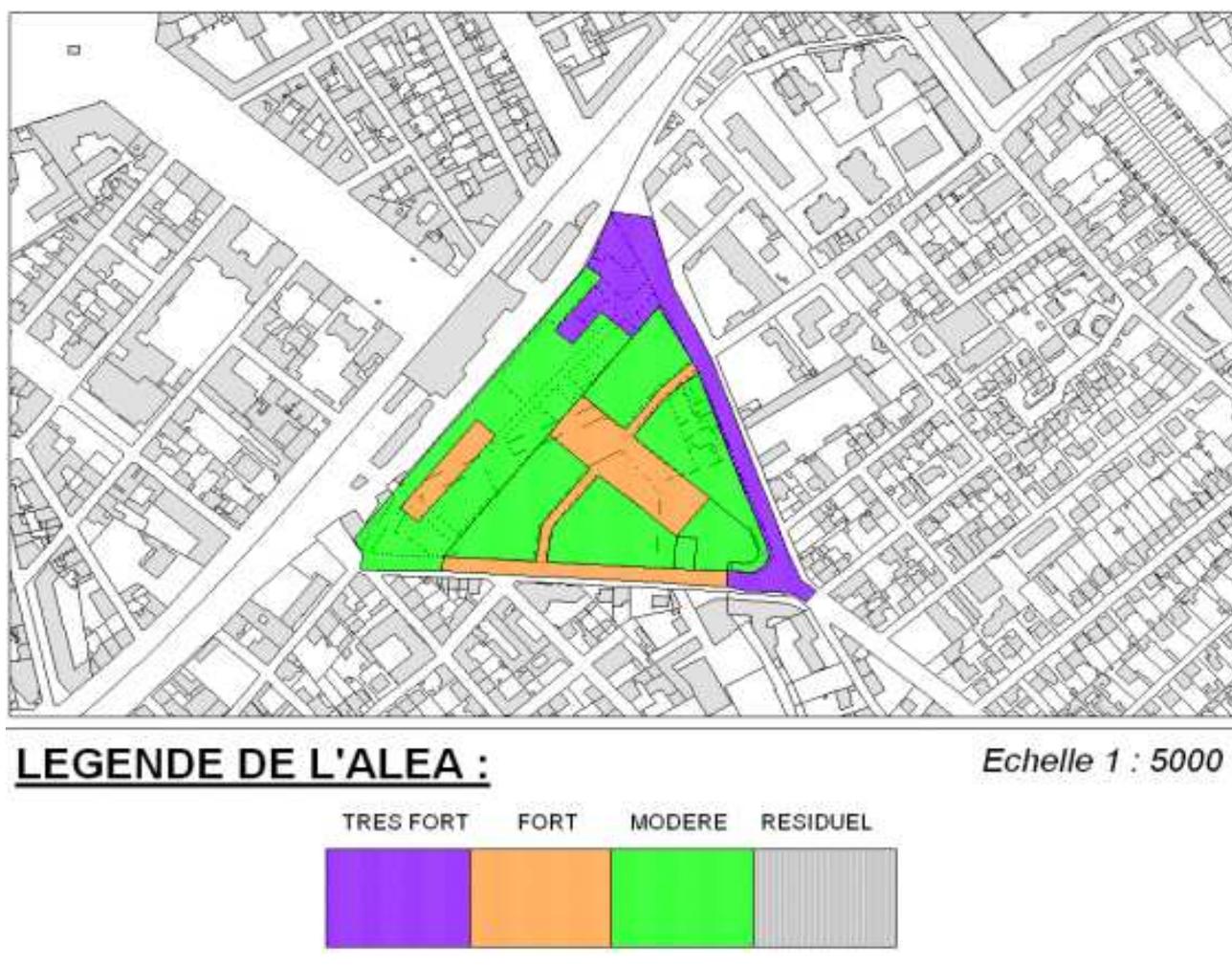
Auteurs : EGIS Eau

Date : Mai 2008

Cette étude hydraulique a pour objectif de déterminer les caractéristiques de l'écoulement d'une crue de type 1988 à la traversée de la ZAC. Elle a été menée à l'aide d'un modèle mathématique d'écoulement en casiers (modèle STREAM).

Cette zone a été inondée en octobre 1988 avec des hauteurs d'eau de 0,2m à 1,6m. Le débit qui a transité par les arches a été retrouvé par des calculs hydrauliques simples.

La carte suivante, utilisée pour le zonage du PPRI, provient de la situation après aménagements du site et prise en compte des ouvertures des arches sous la voie SNCF.



*Carte des classes d'aléa sur le Triangle de la Gare pour un événement de type 1988, en situation après aménagements.*

### 3.15 Étude pour un aménagement cohérent et durable des Cadereaux (Juin 2008)

Maître d'ouvrage : Ville de Nîmes

Auteurs : Bureau d'études EGIS

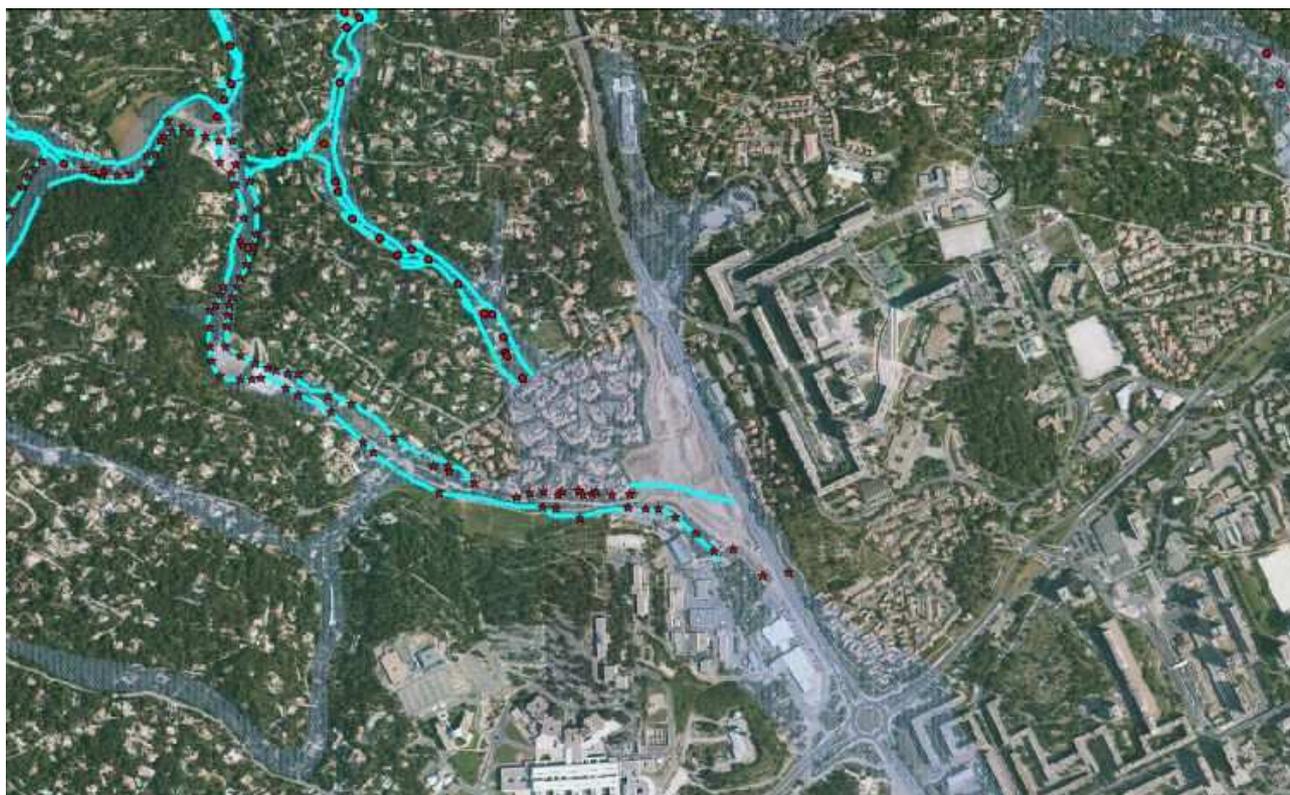
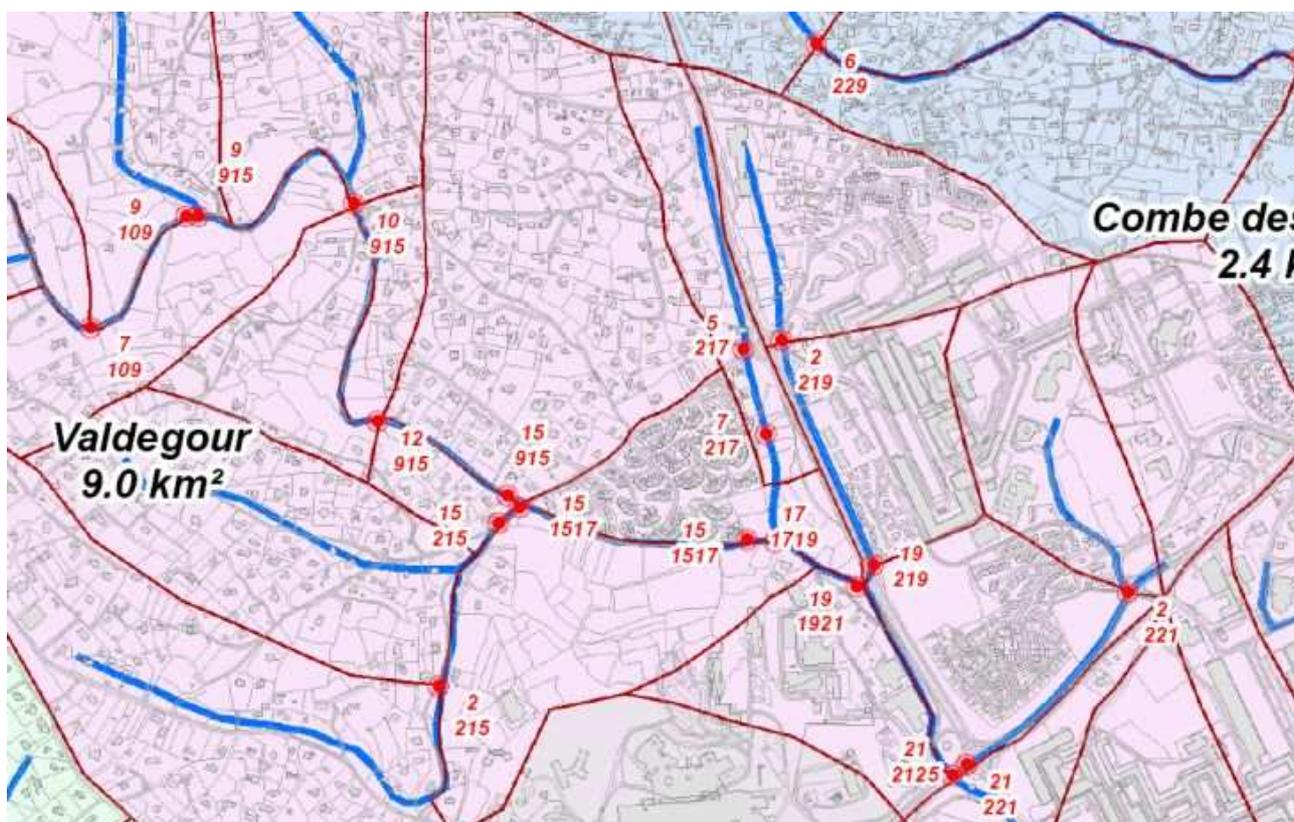
Date : 2007-2008

Cette étude a pour objectif de définir des choix d'aménagement des cadereaux dans les partie amont, centre et aval de la ville de Nîmes avec un objectif d'évaluation coût-avantage des aménagements. Elle a aussi pour objectif de fournir des éléments destinés au PPRI de Nîmes.

#### 3.15.1 Hydrologie

Concernant l'hydrologie (rapport 1.1.3-1.1.4 version 9 de juin 2008) , la période de retour associée à l'évènement général est relativement stable par rapport aux études précédents à savoir de l'ordre de 150 à 250 années.

Un modèle hydrologique pluie-débit (modèle SIREA) a été mis en place sur les bassins versants amont en utilisant des coefficients de ruissellement non constants fonction de l'évènement à modéliser. Un calage a été effectué mais avec toutes les difficultés inhérentes à des séries de mesure courtes et peu fiables présentées en annexe du rapport . Peu de tests de sensibilité n'ont été présentée dans les rapports par rapport aux choix de ces paramètres. Un problème de délimitation d'un bassin versant et du réseau hydrographique au-dessus du lotissement des Romarins implique des conclusions hâtives de protection de cette zone. Ne disposant pas de toutes les informations sous forme numérique, l'exploitation et la vérification de ces données n'est que visuelle. Les figures ci-dessous montrent les écarts entre le modèle hydrologique et les données issues de l'hydrogéomorphologie et des éléments de l'évènement de 1988.



*Différences visuelles entre les limites du modèle hydrologique (format pdf) au dessus du lotissement les Romarins du cadereau Valdegour avec les données SIG (hydrogéomorphologie Carex 2004, évènement 1988, FDP BDortho IGN)*

Le rapport 1.1.3-1.1.4 version 9 de juin 2008 indique pour le détail de chaque sous-cadereau les débits pour divers scénarios en situation sans aménagement et avec aménagement (janvier 2008). Ce tableau est fourni ci-dessous (extrait du rapport):

*Tableau 15 : Débits maximaux aux points d'entonnement des cadereaux et périodes de retour pour la situation sans aménagement et pour la situation janvier 2008*

Cadereau	Scénario sept. 2005 centré	Scénario oct. 1988	Scénario PPCI centré	Scénario 4
<b>Situation sans aménagement</b>				
Alès	219 m <sup>3</sup> /s T≈40 ans	485 m <sup>3</sup> /s T≈200 ans	352 m <sup>3</sup> /s T≈90 ans	139 m <sup>3</sup> /s T≈25 ans
Valdegour	56 m <sup>3</sup> /s T≈40 ans	128 m <sup>3</sup> /s T≈200 ans	82 m <sup>3</sup> /s T≈90 ans	36 m <sup>3</sup> /s T≈10 ans
Uzès	71 m <sup>3</sup> /s T≈40 ans	127 m <sup>3</sup> /s T≈200 ans	117 m <sup>3</sup> /s T≈90 ans	45 m <sup>3</sup> /s T≈20 ans
Valladas	62 m <sup>3</sup> /s T≈40 ans	132 m <sup>3</sup> /s T≈200 ans	101 m <sup>3</sup> /s T≈90 ans	46 m <sup>3</sup> /s T≈25 ans
La Poudre	99 m <sup>3</sup> /s T≈40 ans	240 m <sup>3</sup> /s T≈200 ans	161 m <sup>3</sup> /s T≈90 ans	58 m <sup>3</sup> /s T≈15 ans
Valat Riquet	29 m <sup>3</sup> /s T≈40 ans	57 m <sup>3</sup> /s T≈200 ans	48 m <sup>3</sup> /s T≈90 ans	16 m <sup>3</sup> /s T≈15 ans
<b>Situation d'aménagement janvier 2008</b>				
Alès	201 m <sup>3</sup> /s	485 m <sup>3</sup> /s	313 m <sup>3</sup> /s	102 m <sup>3</sup> /s
Valdegour	49 m <sup>3</sup> /s	126 m <sup>3</sup> /s	80 m <sup>3</sup> /s	34 m <sup>3</sup> /s
Uzès	35 m <sup>3</sup> /s	120 m <sup>3</sup> /s	80 m <sup>3</sup> /s	26 m <sup>3</sup> /s
Valladas	40 m <sup>3</sup> /s	132 m <sup>3</sup> /s	81 m <sup>3</sup> /s	32 m <sup>3</sup> /s
La Poudre	64 m <sup>3</sup> /s	140 m <sup>3</sup> /s	92 m <sup>3</sup> /s	35 m <sup>3</sup> /s
Valat Riquet	17 m <sup>3</sup> /s	55 m <sup>3</sup> /s	43 m <sup>3</sup> /s	10 m <sup>3</sup> /s

*détail des débits aux entonnements des cadereaux en situation sans et avec aménagements*

Ces valeurs sont données avec toutes les précautions nécessaires et le point intéressant indiqué dans le rapport est lié à l'incertitude: « incertitude sur les mesures et l'estimation des débits, qui devrait être de l'ordre de 20% minimum et probablement supérieure pour les débits de l'épisode de 1988 ».

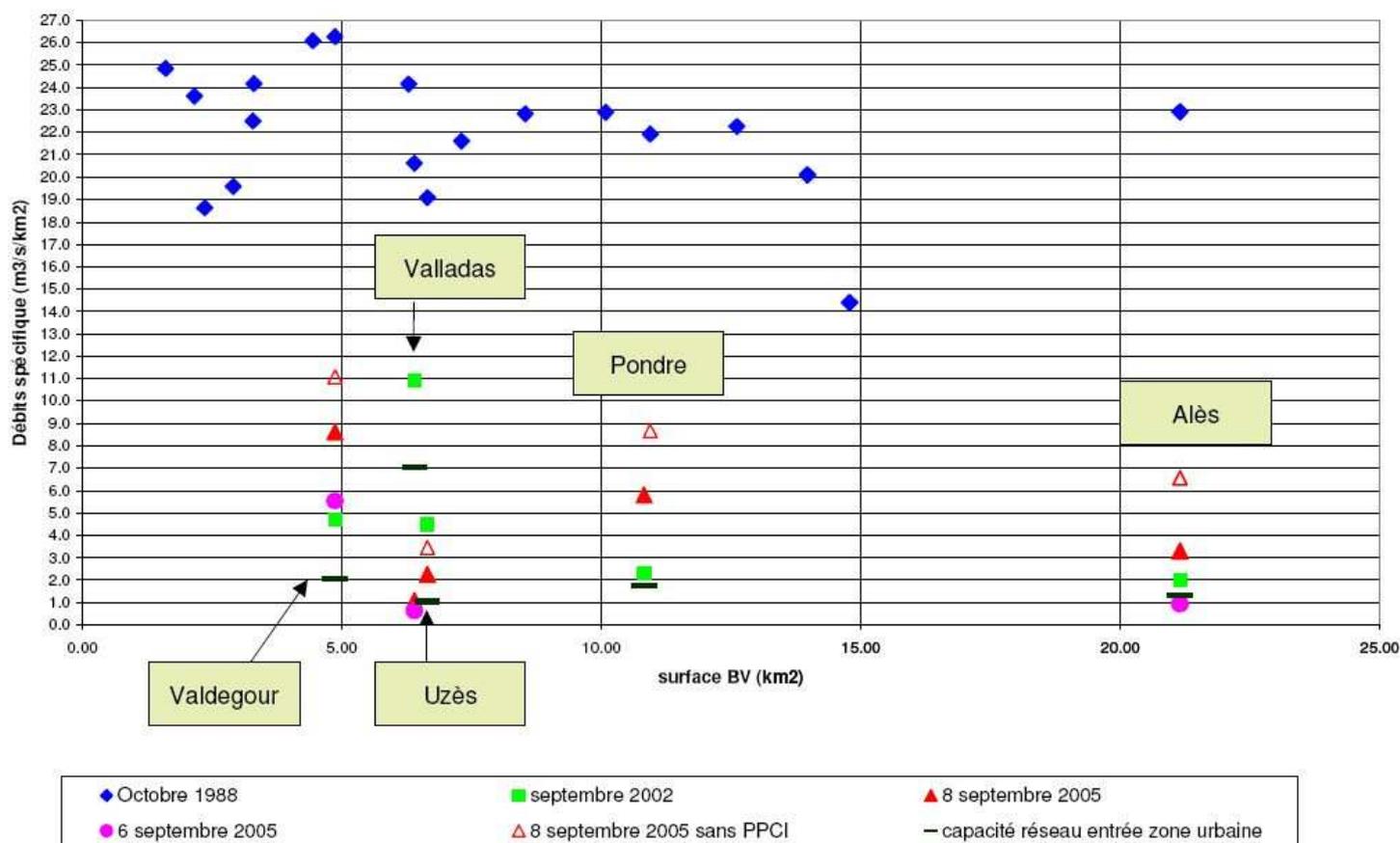
Ce tableau montre aucune différence significative sur 3 cadereaux entre les débits 1988 en situation avec et sans aménagements à savoir:

- Alès
- Valdegour
- Uzès
- Valladas
- Valat Riquet

L'estimation des périodes de retour est indiquée autour de 200 ans.

Le débit est par contre fortement influencé sur le cadereau de la Poudre avec le passage de 240m<sup>3</sup>/s à 140 m<sup>3</sup>/s par la carrière de Cantepedrix.

Une information importante qui sera utilisée dans la méthodologie finale est la connaissance des débits spécifiques pour l'évènement de type 1988. Le débit spécifiques et le débit divisé par la superficie du bassin versant associé.



*Débits spécifiques de crue dans les cadereaux pour des épisodes observés sur Nîmes*

Pour l'épisode de 1988, on remarque que les débits spécifiques calculés ne montrent pas d'abattement significatifs avec la surface, ce qui est communément admis en hydrologie. Une sorte de moyenne de ce débit spécifique est de 22,5 m<sup>3</sup>/s/ml.

### 3.15.2 Hydraulique et/ou modélisation des écoulements

La représentation des écoulements dans la ville de Nîmes a fait l'objet d'un découpage en trois zones proches de celles évoquées dans la commission hydraulique et le R111-3.

Les précisions de ces modèles sont fournis dans le rapport de l'étape 1.1.5/1.1.6 Impact des aménagements du PPCI Version 1.

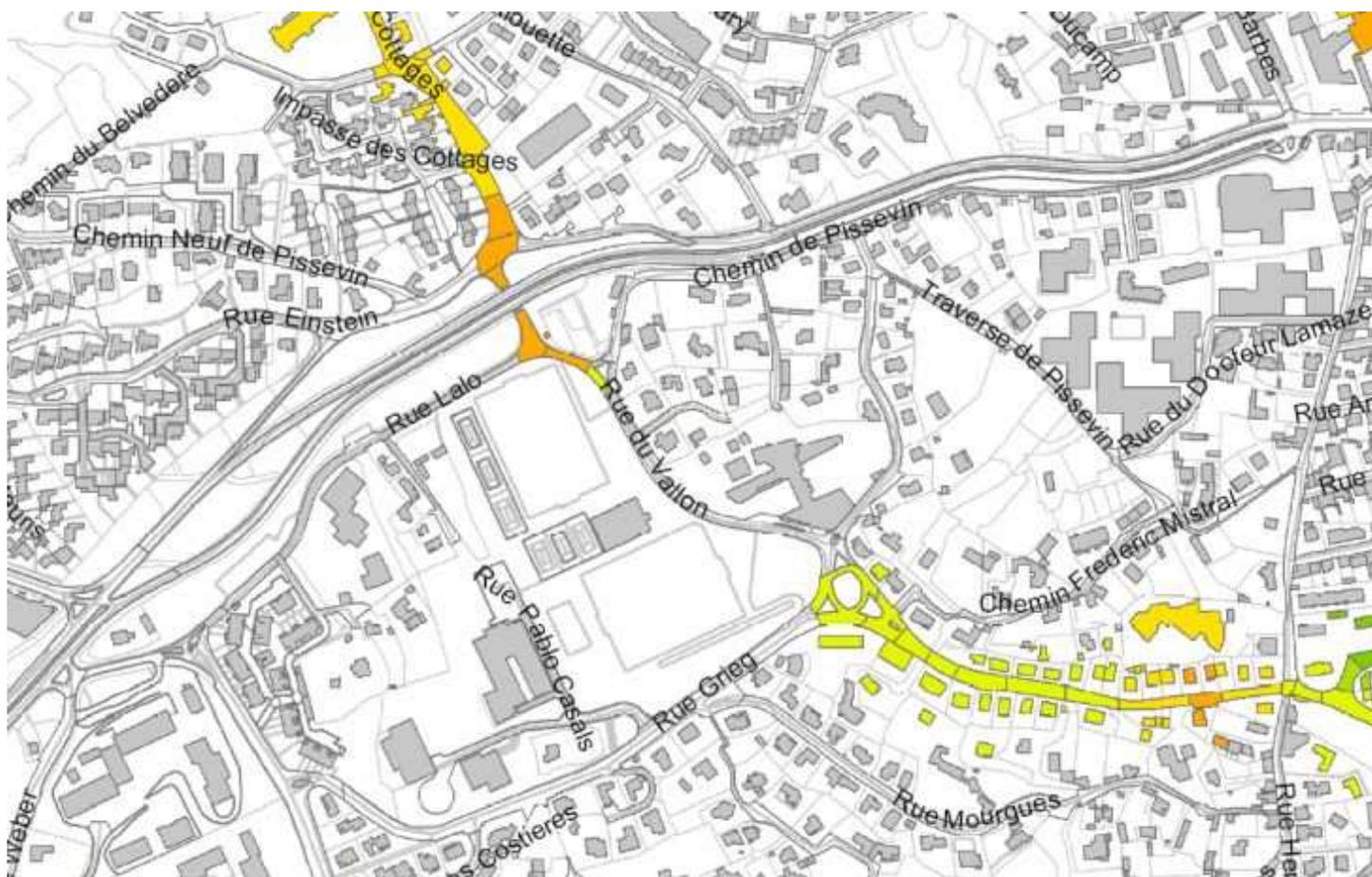
**Sur les parties principales des cadereaux amont**, un modèle hydraulique à surface libre (basé sur le logiciel Infoworks RS) a été mis en œuvre en utilisant diverses données topographiques soit fournies par le maître d'ouvrage soit levés spécifiquement dans le cadre de cette étude. Aucune sortie de ces profils en travers n'est disponible. Nous ne disposons pas des bases de données topographiques sous forme de cartes ou SIG. Le calage de ces modèles a été effectué sur la base des PHE de 1988 en écartant certaines PHE qui ne représentaient pas l'écoulement dans le cadereau et sous forme de graphique. Aucun calage des cotes et hauteur d'eau n'est présenté sous forme de carte et disponible en SIG. De plus, les PHE écartées présentent des effets locaux non négligeables qui ne sont pris en compte par ces modèles. Les vitesses simulées sont la plupart du temps bien supérieures à 1m/s et l'écoulement est torrentiel sur environ la moitié des secteurs (valeur approximative donnée après lecture des listings). Les résultats cartographiques des simulations de l'évènement de 1988 sur l'état actuel

sont disponibles au 1/5000ème sous forme pdf. La ville nous a mis à disposition les données SIG de hauteurs d'eau sur ces parties mais pas de vitesse.

**La conclusion principale sur les cadereaux amont** est que les modélisations effectuées ne couvrent que des faibles linéaires de cours d'eau correspondant aux secteurs à plus forts enjeux des cadereaux amont et nécessitent des compléments pour l'évaluation des aléas inondations. De plus, les résultats sont sans les vitesses.

**Sur la partie définie par la ville dans le cahier des charges comme Zone Urbaine Dense**, le système ESPADA (Évaluation et Suivi des Pluies en Agglomération pour Devancer l'Alerte [http://www.nimes.fr/fileadmin/directions/prevention\\_risque/ESPADA.pdf](http://www.nimes.fr/fileadmin/directions/prevention_risque/ESPADA.pdf)) est utilisée. Ce système est basé sur les PHE recueillies en 1988, de nombreux témoignages, des modélisations numériques plus ou moins ponctuelles avec des modèles 1D ou des formules de Manning-Strickler.

Il est indiqué dans le rapport « en conclusion, que la cartographie des hauteurs d'eau ESPADA est avant tout basée sur une expertise in situ basée sur de nombreux témoignages, analyse de PHE, recueil de données historique. Cette cartographie (environ 1/7500ème) est très peu explicitée dans le texte et nécessite d'avoir accès aux rapports initiaux qui ont sans doute été produit lors de la mise en place du système ESPADA. Les cartes sont présentées sur un fond parcellaire non identifié avec des couleurs sur certaines rues, dans certains bâtiments mais sans aucune continuité. Des différences avec les PHE de 1988 sont existantes sur certains secteurs comme présentées ci-dessous sur la rue du Vallon où l'aménagement de deux bassins supprime sur les cartographies ESPADA tous les écoulements sur la rue. Des secteurs comme des places ou grands trottoirs urbains ne sont pas cartographiés comme sur l'Avenue Jean-Jaurès.



Exemple de cartographie d'Espada "Rue"

La cartographie ESPADA fournit aussi de l'information en dehors des rues en ajoutant de manière automatique

l'aléa de la rue à la parcelle proche. Ces données ne présentent pas d'intérêt pour la cartographie précise de l'aléa sur Nîmes.

**Sur la partie définie « Plaine » ou définies dans le rapport comme basse plaine du Vistre**, un modèle à casier (basé sur le logiciel STREAM) a été mis en place. Le choix de ce type de modèle pour modéliser ces zones topographiquement peu marquée et fortement influencées par diverses infrastructures est opportun.

L'étendue du modèle est la suivante (extrait extrait rapport 1.1.5-1.1.6):

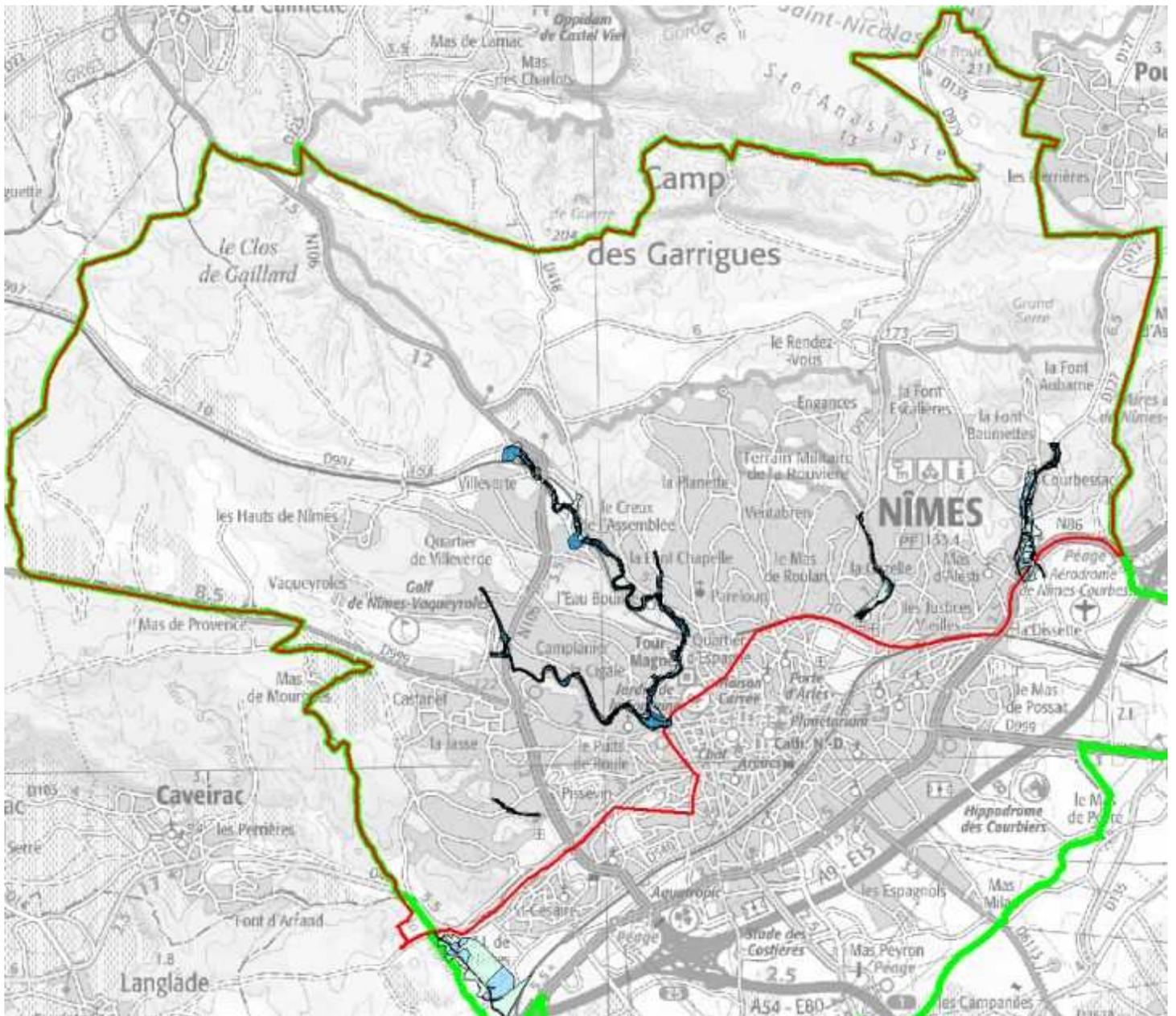
*« Le modèle couvre l'ensemble du champ d'inondation du Vistre et de ses affluents sur le secteur délimité :  
au Nord par l'axe RN113 – Boulevard Allende – RD6086,  
au Sud par la RD135 sur les communes de Rodilhan, Bouillargues et Caissargues,  
à l'Est, la RD6086 puis le Mas de Brignon,  
à l'Ouest, la RD14 (communes d'Aubord et de Bernis).*

*La superficie couverte est de l'ordre de 53 km<sup>2</sup>. »*

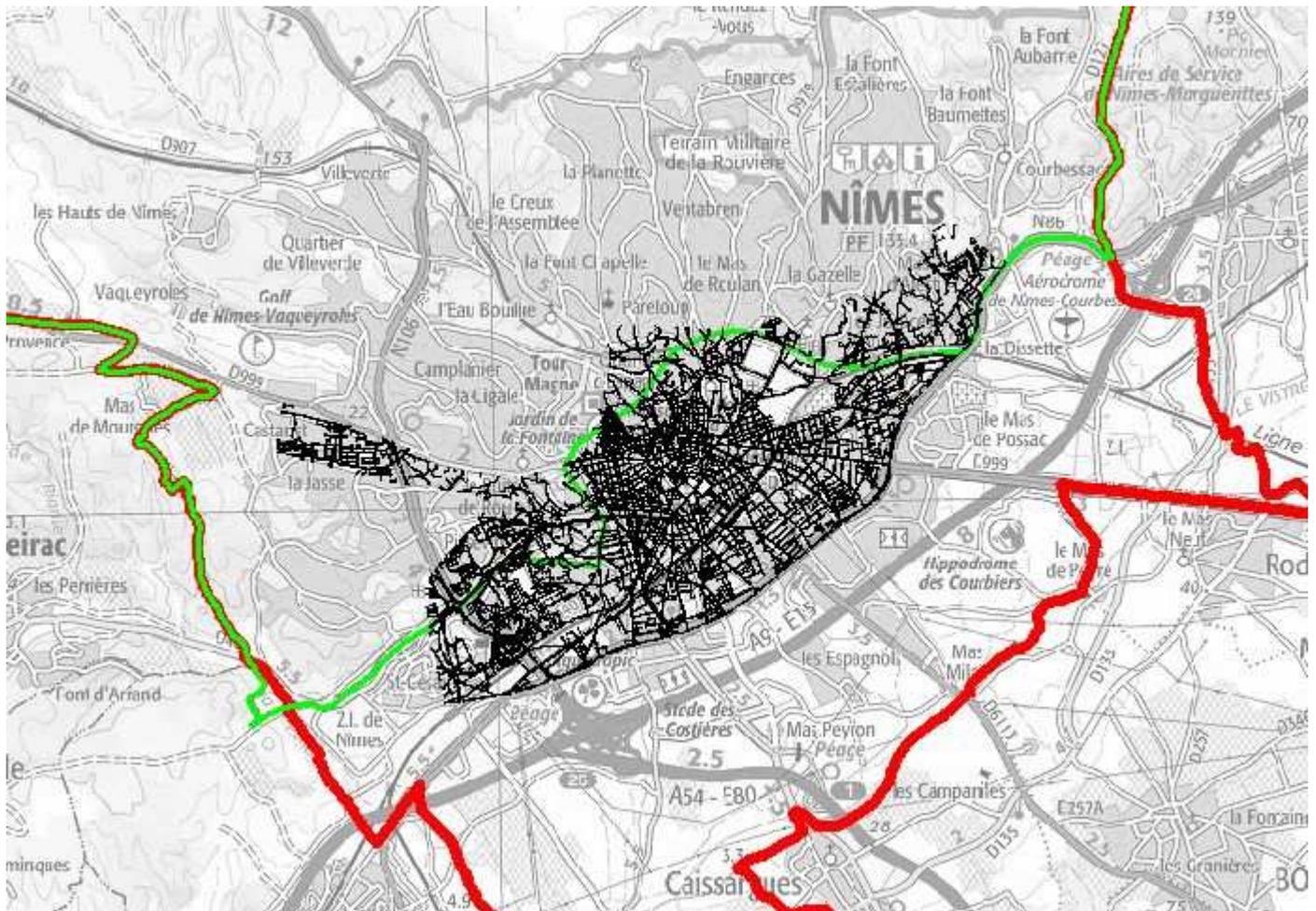
Les données topographiques proviennent d'un relevé spécifique à cette étude au 1/2000ème réalisé par OPSIA.

Le calage du modèle a été réalisé sur la topographie reconstituée de l'évènement de 1988 avec un nombre de PHE limitée dans le secteur du Vistre. Les conditions d'apport des débits amont ont été simplifiées et le possible laminage ou diffusion des débits à l'intérieur du Piémont n'ont pas été formellement intégrés. Nous disposons des données de hauteurs d'eau interpolés entre les cotes moyennes des casiers de calculs et la topographie sur l'ensemble du secteur d'étude.

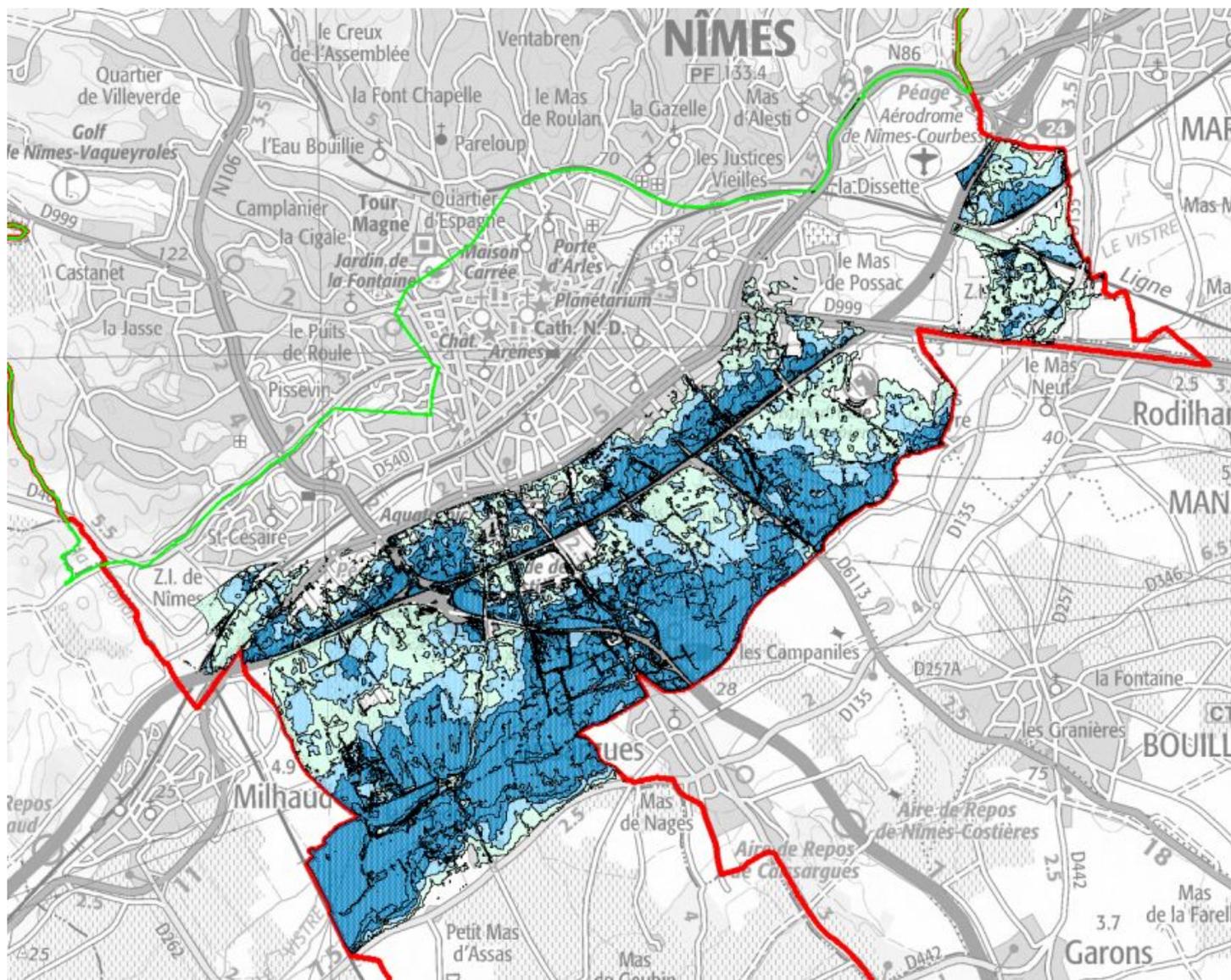
**La conclusion principale sur la partie aval** est l'existence d'un modèle complexe de haut niveau qui nécessite certaines vérifications de calage par rapport aux autres données disponibles et en particulier les PHE de 1988. Les trois illustrations ci-dessous montrent les emprises des données des modélisations amont, des données Espada et des données dans la plaine du Vistre.



Modélisation du programme cadereau sur les parties amont de Nîmes (FDP Scan 100 IGN)



*Emprise des données ESPADA sur Nîmes (FDP Scan 100 IGN)*



Modélisation à casier réalisée dans le cadre du programme cadereau sur la plaine du Vistre (FDP Scan 100 IGN)

### 3.16 Note hydraulique pour l'aménagement de la SMAC (Mars 2009)

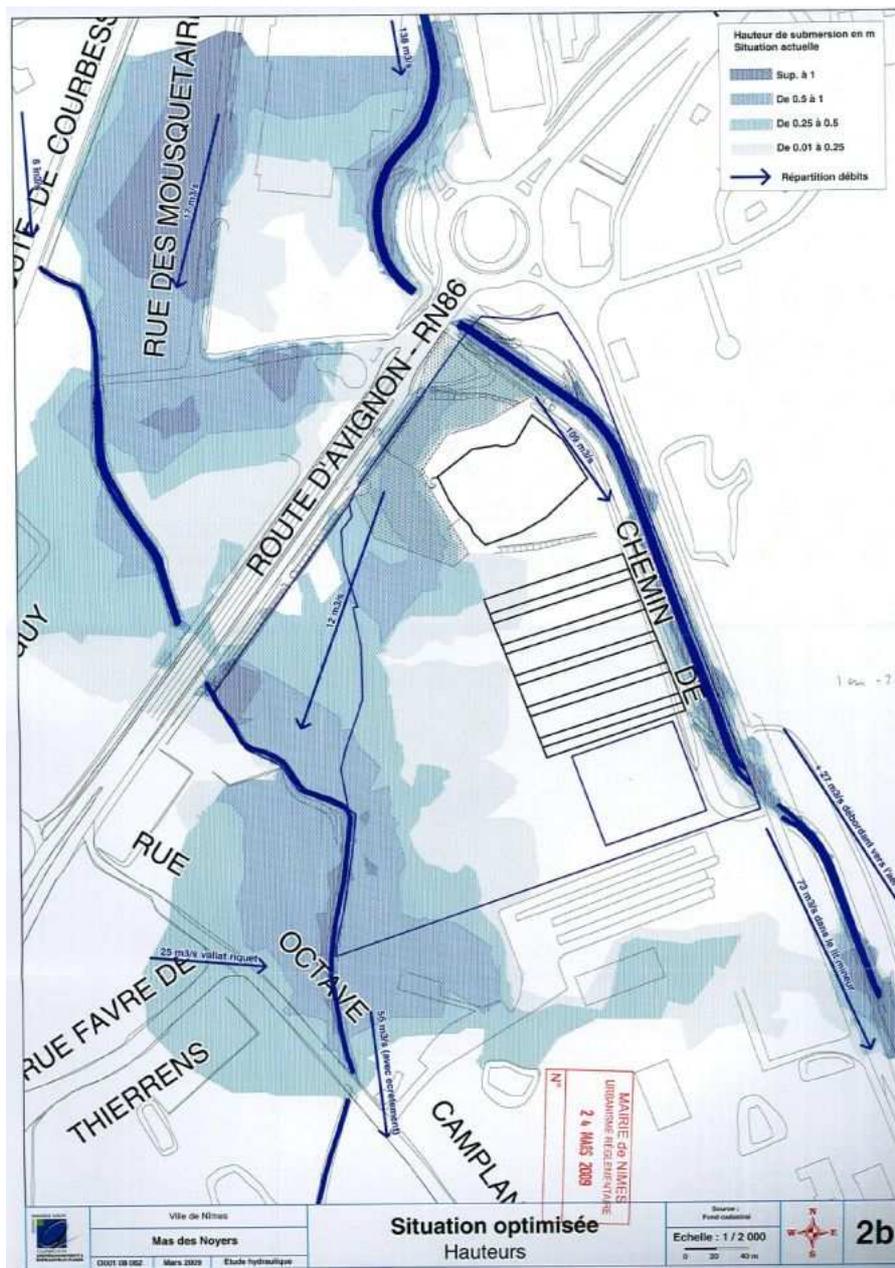
Maître d'ouvrage : Ville de Nîmes

Auteur : Ginger Environnement et infrastructures Montpellier

Date : Mars 2009

Cette étude a pour objectif de modéliser l'impact hydraulique de l'aménagement de la SMAC.

Une cartographie de la zone inondable pour un événement de type 1988 est fournie ainsi que les cartographies du sur-aléa engendré par cet aménagement en terme de hauteur ou de vitesse.



Cartographie sur le secteur de la SMAC

### 3.17 Étude hydraulique générale – quartier Pissevin Nîmes (Août 2009)

Maître d'ouvrage : Ville de Nîmes

Auteur : Ginger Environnement

Date : Août 2009

Phase 1 : Diagnostic de la situation actuelle et recensement des contraintes

Cette étude a le contexte suivant: « *Le quartier Pissevin à Nîmes fait l'objet d'une convention conclue avec l'Agence Nationale de Renouvellement Urbain. Dans le cadre du projet dans lequel il s'inscrit, il est prévu de prendre en compte les contraintes hydrauliques, et de respecter les grands principes d'aménagement.*

*Les objectifs de cette étude sont les suivants : se prémunir contre les risques exceptionnels, permettre la libre circulation des eaux de surface, et dimensionner les réseaux d'évacuation des eaux pluviales*

(...)

*La modélisation retenue se base sur un code de calcul 2D avec le modèle ShallowWater2D au volumes finis. La topographie du modèle est un regroupement de données hétérogènes en termes de précision et de densité.*

*Le calage du modèle est délicat, non pas du fait de l'étude mais du manque de données disponibles comme il est noté dans le rapport: « Les PHE sur la crue du Valdegour ne sont disponibles qu'à l'aval de la zone d'étude. Le calage s'est donc fait par une recherche de cohérence avec le programme cadereaux, et après plusieurs visites de terrain. »*

L'étude a été conduite dans les règles de l'art mais comme pour Hoche-Sernam, ces résultats n'intègrent pas les inondations dans les bâtiments.



Cartographie du quartier Pissevin

### 3.18 Étude hydraulique du bassin versant du Vistre

Maître d'ouvrage : DDTM du Gard

Auteur : BRL

Date : 2010-2011

L'étude préalable au Plan de Prévention des Risques Inondation Haut Vistre, Buffalon et Moyen Vistre a été menée en 2 phases :

- Phase 1 : Analyse du fonctionnement du bassin versant et de ses principaux enjeux, aout 2010
- Phase 2 : Etude des aléas, juin 2011.

L'étude des écoulements de crue porte sur le tout le linéaire du Vistre et du Buffalon, et sur tous les affluents (à l'exception du Rhône, de la Cubelle et des cadereaux de Nîmes), dont les affluents rive gauche du Vistre sur la commune de Nîmes.

L'étude s'est notamment appuyée sur :

- une analyse des documents et études existantes portant sur la connaissance du risque inondation,
- des enquêtes réalisées auprès des 23 communes concernées,
- des visites de terrain de tous les cours d'eau, des ouvrages hydrauliques, et des champs majeurs inondables.

Deux grands types de fonctionnement hydraulique ont été mis en évidence :

- Les écoulements de plaine du Vistre et du Buffalon qui subissent un étalement et ralentissement dynamique en champ majeur, sont modélisés en régime transitoire dans un modèle « plaine » décrit ci-après,
- Les écoulements de certains affluents du Vistre, comme ceux de la rive gauche du Vistre sur la commune de Nîmes, qui sont soumis à des pentes plus fortes et un moindre étalement des eaux, sont modélisés en modèles filaires et permanent décrits ci-après.

#### Estimation des débits

La pluie de 2005 est basée sur les données de lames d'eau radar et a été spatialisée selon un découpage en 7 sous-bassins principaux.

Les pluies 1988 et centennale sont basées sur les données pluies au sol (METEO FRANCE) et la pluie centennale a été construite 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.

Les débits de pointe centennaux des affluents ont été estimés à l'aide de la méthode hydrologique SCS (utilisée avec la pluviométrie ajustée par la loi 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, la nature et l'occupation des sols de manière plus fine.

Pour le modèle plaine Vistre-Buffalon, les hydrogrammes de tous les affluents et des zones d'apports du bassin versant ont été construits à partir d'une modélisation pluie-débit à l'aide de GR3H puis injectés dans le modèle ; les hydrogrammes de septembre 2005 ont servi au calage et les hydrogrammes centennaux de 24h (temps de réponse du bassin versant du Vistre) ont abouti à la crue de référence du modèle plaine.

## 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 repères de crue (PHE).
- Levés LIDAR : 160 km<sup>2</sup> de champ majeur des cours d'eau, avec une densité de points de 3 points par m<sup>2</sup> et une précision de + ou - 8 cm.

## Prise en compte des ouvrages impactants

Les principaux **bassins de rétention** susceptibles d'avoir un impact significatif sur les débits sont :

- Les bassins de rétention sur les cadereaux de Nîmes dont la réalisation a débuté suite aux inondations catastrophiques de 1988 dans le cadre du « programme cadereaux »,
- le bassin de rétention des Plaines sur la commune de Vauvert, réalisé après 2005.

Le laminage des bassins de rétention est considéré comme nul, compte tenu du risque important de défaillance de tels ouvrages (obturation de l'orifice de fuite, vidange totale non effective entre deux événements pluvieux distincts,...) et de leur faible efficacité vis-à-vis d'événements 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<sup>3</sup>) et le risque de défaillance quasi nul.

Par contre, l'écrêtement induit par le stockage dans les bassins de rétention a été pris en compte pour la simulation des événements de calage (septembre 2005), lorsque les bassins existaient, comme c'est le cas de plusieurs bassins de Nîmes :

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 :

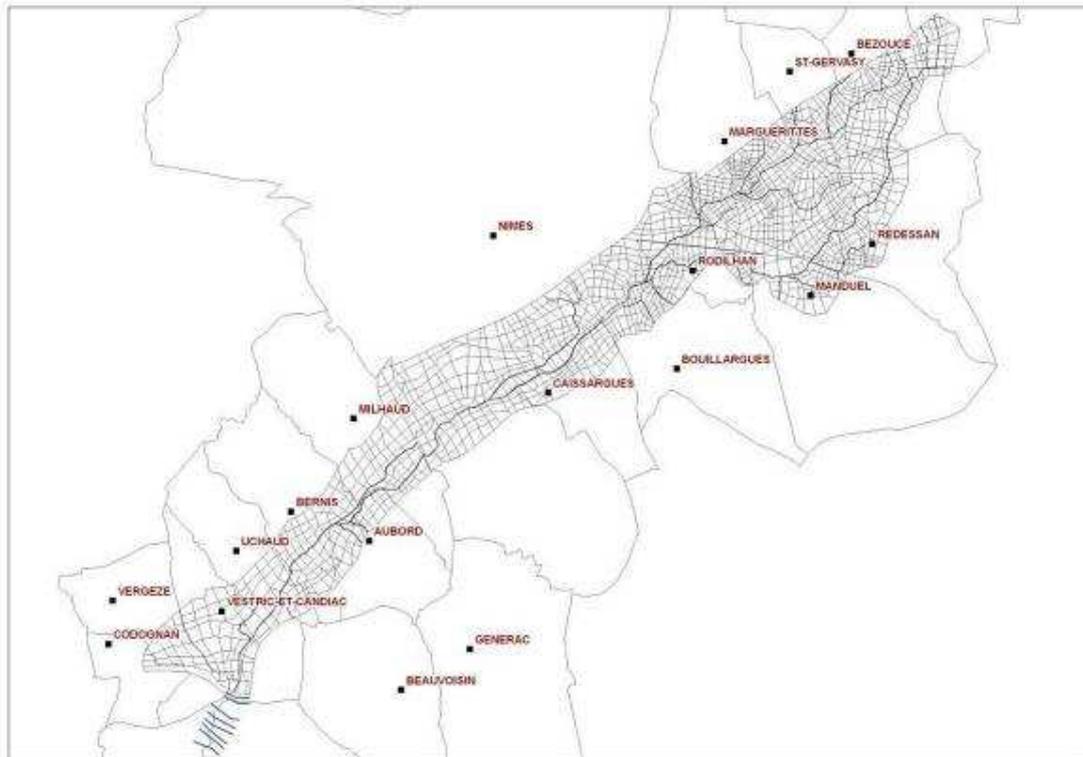
- **Les digues du Vistre ou plutôt les levées de terre qui ont été réalisées lors des recalibrages et rectifications le long du lit mineur du Vistre, et que l'on ne peut qualifier de véritables digues** ; leur vocation n'est pas la protection contre les crues ; compte tenu de leur état actuel dégradé 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. Le scénario de la digue de Caissargues effacé n'a pas d'impact sur les aléas de la commune de Nîmes.

- **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'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 à la cartographie des aléas de débordement de cours d'eau.
  
- **L'autoroute A9 :** sur les linéaires où l'autoroute est en remblai, et où la transparence hydraulique pour un évènement majeur n'est pas assurée, des stockages importants ont lieu à l'amont de la plate forme ; c'est le cas sur de nombreux cours d'eau interceptés par l'A9 entre Bezouze et Vestric. Les écrêtements induits ont été étudiés au cas par cas lors des modélisations.

## Modélisations des écoulements

### Modèle « plaine »

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.



### Calage sur la crue de 2005

Les tests de sensibilité sur les coefficients de rugosité ont montré que le réglage de ces paramètres affecte peu les résultats ; ils ont été fixés à 30 en lit mineur et 10 en champ majeur.

C'est pourquoi le calage sur les repères de la crue de 2005 a été optimisé de la manière suivante :

- Prolongements du modèle à l'Ouest de Vestric, de manière à intégrer les départs d'eau vers Vergèze identifiés lors des enquêtes de terrain et dans les études antérieures, mais considérés jusqu'à présent comme des ruissellements provenant des versants amont et non comme des débordements du Vistre,
- Injection de certains débits en limite du modèle plaine et non directement en lit mineur du Vistre, de manière à mieux intégrer un éventuel amortissement de ces apports,
- Ecrêtements de certains hydrogrammes injectés dans le modèle « Plaine » afin d'intégrer les effets de stockage à l'amont de l'autoroute A9 ; il s'agit des affluents interceptés par l'A9 configurée en remblai,
- Abattement général des hydrogrammes injectés de 10 %, ce qui correspond à un calage hydrologique.

Le faible nombre de PHE disponibles dans le champ majeur du Vistre sur la crue de 1988 n'a pas permis de calage sur cet événement.

### Résultats

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.

Sur la commune de Nîmes, les débits centennaux de référence vont de 337 à 439 m<sup>3</sup>/s de l'amont vers l'aval ; les débits de la crue de 2005 de 184 à 277 m<sup>3</sup>/s.

### Le cadereau de 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.

Pour la crue centennale, le débit de pointe atteint 32 m<sup>3</sup>/s au niveau du Parc de Saint-Cloud, 43 m<sup>3</sup>/s au droit du canal de Campagne et 59 m<sup>3</sup>/s à l'exutoire de la Combe de la Tuilerie où l'on observe les débordements les plus marqués.

Aucune PHE ni limite de crue observée n'est disponible dans le secteur.

### Le Valdebane

Le modèle filaire du Valdebane (affluent en rive gauche du Vistre) s'étend sur la commune de Nîmes sur un linéaire d'environ 1000 m à l'amont du CD135.

Sur l'amont du bassin (amont de la zone modélisée), le thalweg a une configuration de lit en toit. Cette zone présente un fonctionnement hydraulique complexe, caractérisé par des écoulements diffus et donne lieu à un écoulement en nappe cartographié par l'approche hydrogéomorphologique. Dans ce secteur, il n'a pas été possible de définir de cotes de référence.

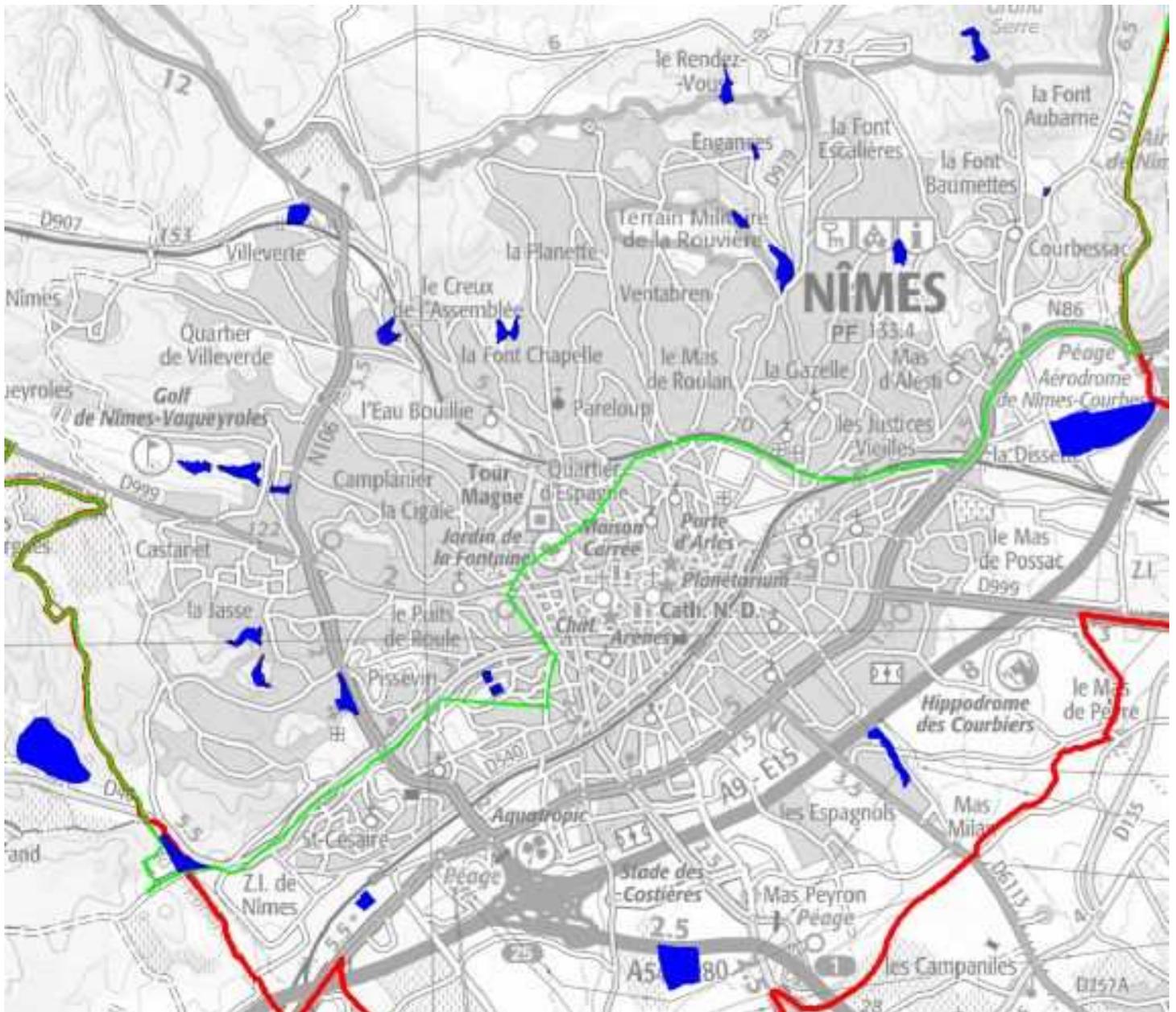
Sur la partie aval (zone modélisée), dans le secteur du lieu-dit « Mas des Esclots », on distingue une zone de concentration des eaux de ruissellement. Pour la crue centennale, le débit de pointe potentiel atteint 69 m<sup>3</sup>/s au droit du CD135. Les débordements sont importants, puis s'estompent vers l'aval (lieu-dit « Petit Mas d'Assas ») du fait que le thalweg retrouve une configuration avec une combe très marquée. La condition aval retenue est une condition de cote normale.

Aucune PHE ni limite de crue observée n'est disponible dans le secteur.

### 3.19 Les bassins de rétention

Les limites des bassins de rétention sont fournies par la ville de Nîmes.

Leur emprise est figurée en bleu sur l'illustration ci-dessous.



*Emprise des différents bassins de rétention existants sur la ville de Nîmes*

## 3.20 Les données topographiques sur la ville de Nîmes

### 3.20.1 Données Vistre anciennes

Une carte intitulée « Plan de détail sur le secteur 3 de la plaine, détail de la zone entre le périphérique sud (RN113 et 86) et l'autoroute A9, sous-secteurs 3.1.a et 3.1.b – 1ère modification – Dossier approuvé » provenant de la DDE du Gard avait pour fond de plan un levé topographique dont la date n'est pas indiquée mais avec une densité relativement importante de points et une représentation des enjeux sur le territoire. Pour la partie aléa, cette carte a permis d'avoir une connaissance de la topographie « d'époque » pour pouvoir mieux interpréter certaines données.

### 3.20.2 Données Vistre récentes

Dans le cadre du Programme cadereaux, un levé topographique a été conduit pour la réalisation du modèle à casier STREAM dans la plaine du Vistre.

Les informations disponibles sur cette topographie sont résumées dans le rapport "Etude pour un aménagement cohérent et durable des cadereaux - Programme CADEREAU - TOUS CADEREAUX - Rapport de l'étape 1.1 « Bilan des aménagements réalisés dans le cadre du PPCI » - Etapes 1.1.5 / 1.1.6 : Etat « 0 » du PPCI / Impact des aménagements du PPCI - Fascicule 1 : présentation des modèles - Version 4 - Juin 2008"

La topographie de la basse plaine du Vistre a été réalisée par la société OPSIA dans le cadre d'un marché spécifique. OPSIA a établi un plan au 1/2000ème par le biais d'une photo restitution sur une superficie de 4700 hectares. Les communes couvertes sont Nîmes, Marguerittes, Milhaud, Rodilhan et Caissargues. La zone s'étend globalement entre le boulevard Allende au Nord et la RD 135 au sud. Elle englobe le tracé de l'A9, l'A54 et du Vistre.

Les cours d'eaux relevés sont le Vistre, mais également les cadereaux d'Alès, de la Pondre, de St Cezaire, d'Uzés, du Valladas, du Valat Riquet, et les fossés drainant la plaine.

### 3.20.3 MNT Intermap

La communauté d'agglomération de Nîmes a fait l'acquisition du MNT Intermap, c'est un modèle numérique qui a été fourni fin mars 2010 sous la forme de semi de points et de lignes de rupture de pente. Ce Modèle Numérique de Terrain a un biais altimétrique parfois important par rapport au nivellement général de la France (NGF IGN) et la comparaison de cette base avec les PHE de Nîmes est peu aisée. Par contre, il a moins de problèmes lors de son utilisation en relatif, c'est à dire de point en point proches.

## 4 Méthodologie pour la définition des aléas dans le PPRI

L'évènement de 1988 sur la ville de Nîmes a engendré de nombreuses études (voir supra) sur la caractérisation cartographique en hauteur, parfois en vitesse d'une crue du type de celle de 1988 à Nîmes. Il faut cependant préciser que ces études, nombreuses, ne sont pas exhaustives : des parties du territoire communal ne sont pas couvertes, notamment sur l'amont.

La première question qui se pose est la caractérisation de l'évènement de 1988 en période de retour. Au vu des données disponibles dans les différents rapports et études citées précédemment, celle-ci a été jugée supérieure à l'évènement centennal sur la partie Cadereaux allant vers Nîmes, le piémont de Nîmes et la majorité de la plaine du Vistre.

L'hydrologie étudiée dans l'étude cadereau ne montre aucun écart significatif sur les débits de pointe d'un événement de type 1988 entre l'état actuel (c'est à dire avec les aménagements existants du PPCI) et l'état en 1988. Seul le cadereau de la Poudre montre des débits différents lié à aux aménagements créés. L'évènement de référence sur l'ensemble des cadereaux et sur la ville de Nîmes au niveau des cadereaux est celui de 1988 dont la période de retour est supérieure à la centennale.

Pour la rive gauche du Vistre et ses affluents de la rive gauche, l'évènement de référence issue de l'étude BRL (cf 3.18) est une crue centennale modélisée. La rive droite du Vistre, par cohérence et continuité hydraulique avec l'amont, est basée sur l'aléa de 1988 issu des études des cadereaux. De part et d'autre du Vistre, on peut toutefois noter que la crue de 1988 et la représentation de la crue centennale sont très voisines, donnant sa cohérence aux aléas retenus des 2 rives.

**L'évènement de référence est donc :**

- **une crue du type de 1988 pour les cadereaux.**
- **une crue centennale calculée pour le Vistre rive gauche.**

En état actuel d'aménagement hydraulique de la ville de Nîmes, un événement de type de 1988 conduirait aux mêmes niveaux de débits de pointe et d'aléas excepté sur le secteur de la Poudre.

Les rapports et études existants utilisent toujours un découpage en trois zones : cadereau amont ou garrigue (1), piémont (2) et plaine (3), avec différentes terminologies mais ce découpage est pertinent dans le cadre de la cartographie de l'aléa PPRI.

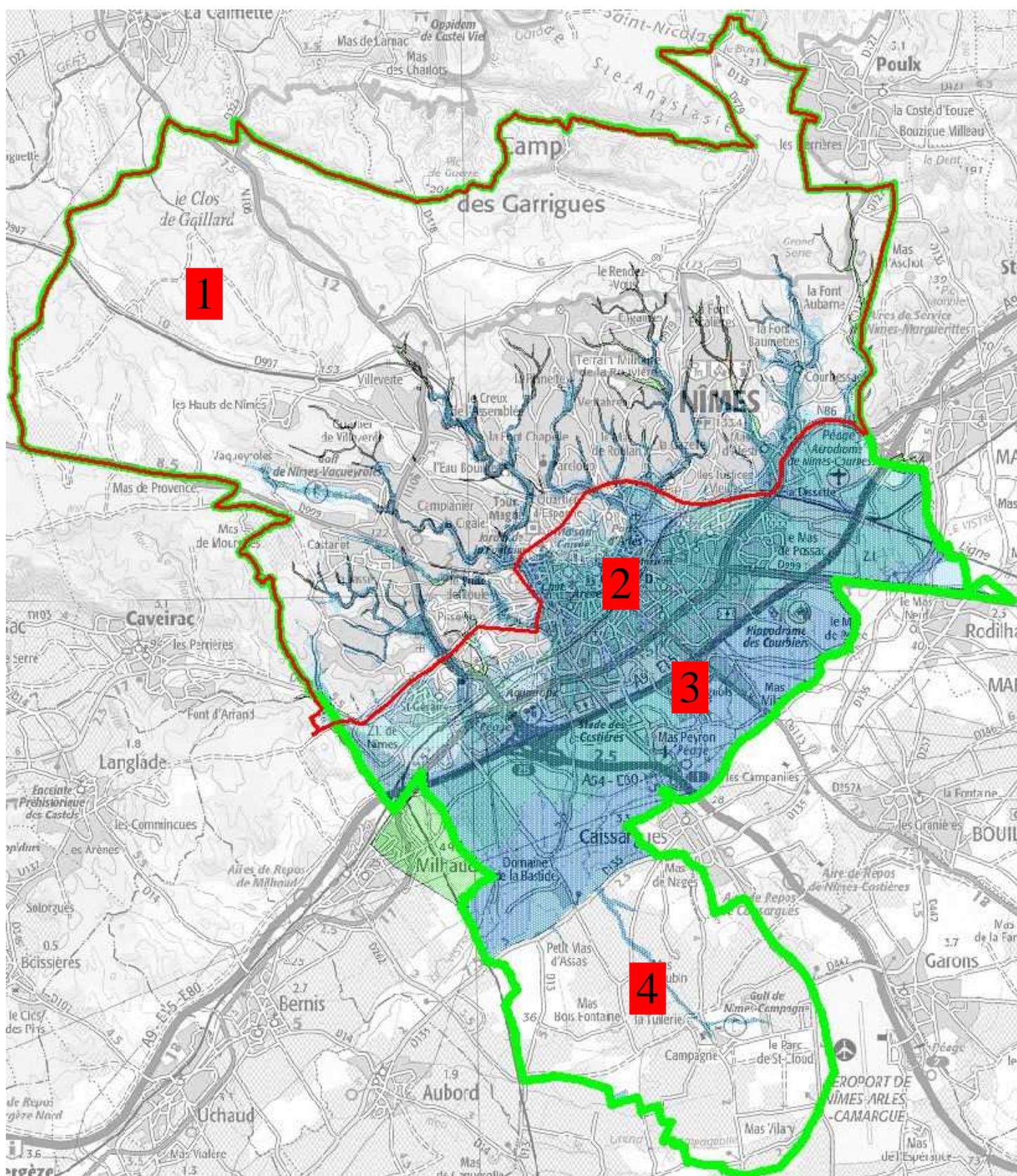
Pour pouvoir traiter l'ensemble du territoire de la commune de Nîmes, les secteurs avec des écoulements vers le Gardon ont été intégrés au traitement des cadereaux amont. La rive gauche du Vistre a aussi été séparé dans son traitement.

**Quatre secteurs ont été analysés :**

- **(1) le secteur garrigue** de la ville de Nîmes avec de fortes pentes et des écoulement torrentiels
- **(2) la partie piémont** de la ville correspondant au développement urbain le plus compact avec une limite sud au niveau du Boulevard Allende
- **(3) la partie Vistre** du Boulevard Allende jusqu'à la rive droite du Vistre ou la limite communale
- **(4) la rive gauche du Vistre** comprenant le ruisseau de Campagne.

Cette délimitation a été effectuée à partir des limites physiques visibles comme des infrastructures routières ou ferroviaires. La délimitation est par exemple très claire physiquement sur certains secteurs comme le remblai SNCF au dessus du quartier Hoche-Sernam jusqu'à l'Est de la ville.

**Le nombre d'informations et d'études disponibles sur la ville de Nîmes a conduit à l'élaboration d'une démarche de cartographie de l'aléa faite plus sur le principe de capitalisation des données existantes, expertises cartographiques en s'appuyant en particulier sur les informations de la crue de 1988 et sur les études du programme cadereau que sur d'autres modélisations numériques complexes et toujours délicates dans d'écoulements très perturbés en milieu urbain et avec des évènements du type de 1988. Des compléments limités ont été réalisés sur les parties garrigues de la ville de Nîmes, dans des zones avec peu d'enjeux donc peu de connaissances historiques.** Ces travaux d'analyse, de critique et d'expertise des études disponibles ont été fait avec de nombreux échanges avec les services techniques de la ville de Nîmes.

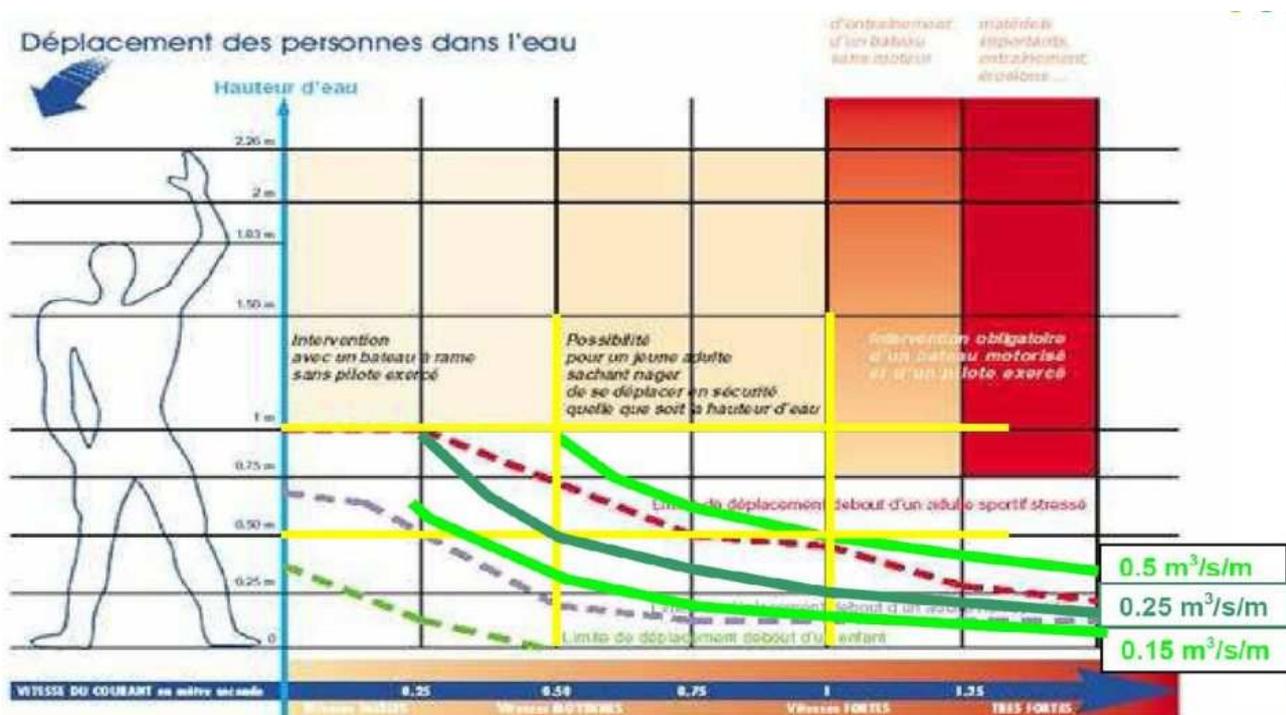


Secteurs d'analyses des aléas (emprise approximative en bleu de la connaissance des zones inondables à Nîmes FDP Scan 100 IGN) (1) secteur garrigue - (2) la partie piémont - (3) la partie Vistre – (4) la partie Rive gauche du Vistre

**La plupart des données historiques ne fournissent de manière quantifiée que les hauteurs d'eau, la vitesse étant moins bien approchée.**

Les données récupérables des études sont aussi la plupart du temps limitées à la connaissance de tranches de hauteur d'eau (0 à 0,35m ou 0 à 0,5m, 0,5 à 1m...). La démarche de concaténation des données disponibles a donc conduit à une cartographie de l'aléa n'utilisant majoritairement que la hauteur d'eau sur la plupart des zones inondables de la commune de Nîmes.

**Sur la partie garrigue**, caractérisée par de fortes pentes, avec de forts écoulements, les dégâts constatés dans les rapports suite à la crue de 1988 et sur les planches de géomètres sur les parties amont montrent de réels dommages sur des secteurs même avec des hauteurs d'eau limitées et qui sont liés à la vitesse ou l'énergie de l'écoulement. Ces parties ont donc été traitées avec une approche croisant hauteur-vitesse. Dans les parties amont à fortes pentes, les vitesses peuvent être très fortes pour des faibles hauteurs d'eau, il n'est pas paru judicieux de faire une grille classique  $V > 0,5$  m/s ou  $V > 1$  m/s mais plutôt de partir sur l'approche du débit linéique Ql qui est la multiplication de la hauteur d'eau locale avec la vitesse locale. Sogreah a proposé cette approche sur les thalwegs amont dans le cadre du PPRi d'Ajaccio où le débit linéique a été comparé par rapport aux courbes de possibilité de déplacements des personnes dans des écoulements issus de tests réalisés par la DDE84 :



*Possibilité de déplacement des personnes en fonction de la hauteur d'eau et des vitesses (source DDE84, Guide guide PPR inondations, note complémentaire sur le ruissellement péri-urbain) croisé avec le débit linéique (Sogreah)*

A certains endroits où les informations de hauteurs d'eau n'étaient pas toujours concordantes, où les modélisations avaient des incertitudes, où l'écoulement est caractérisé par une très faible lame d'eau, une zone d'aléa résiduel a été intégrée.

**La définition de l'aléa a été retenu comme suit :**

- **Très fort** si  $H > 1\text{m}$  (ou  $Ql > 0,5$  m<sup>3</sup>/s/m dans les parties garrigues)
- **Fort** si  $H > 0,5\text{m}$  (ou  $Ql > 0,25$  m<sup>3</sup>/s/m dans les parties garrigues)
- **Modéré** si  $H > 0\text{m}$  (ou  $Ql > 0$  m<sup>3</sup>/s/m dans les parties garrigues)
- **Résiduel** si aléa diffus, ou limite du modéré incertaine.

## 4.1 Compléments réalisés pour l'aléa du PPRi de Nîmes

Dans le cadre de l'élaboration des aléas du PPRi de Nîmes, il est apparu opportun de traiter l'ensemble de la commune. Il a été constaté un manque de données dans le secteur 4 mais surtout dans le secteur 1 où seuls les écoulements allant vers la ville étaient traités. De plus, les éléments sur ces secteurs étaient liés aux données de l'étude BRL 1997 ou de l'atlas hydrogéomorphologique de 2004, dont la résolution est trop grossière pour le PPRi.

Le choix s'est tourné vers la réalisation d'une cartographie hydrogéomorphologique plus précise au 1/5000ème conduite par le bureau d'étude BRL sur la partie garrigue. De plus ce bureau d'études a cherché à améliorer la représentation des limites de l'étude qu'il avait mené en 1997.

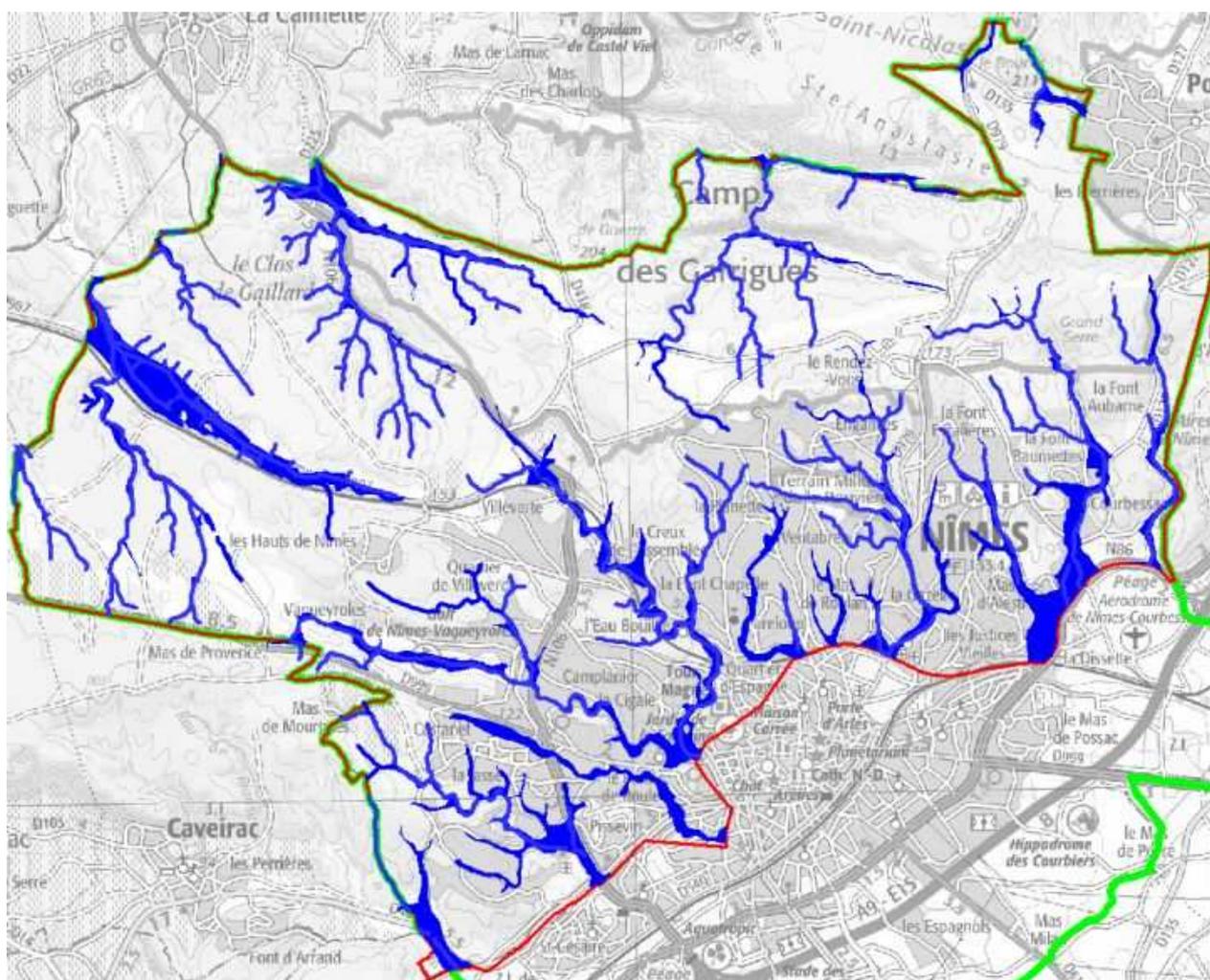
### 4.1.1 Complément et précision de l'analyse hydrogéomorphologique existante sur les cadreaux amont de la ville de Nîmes (Janvier 2010)

Maître d'ouvrage : DDE du Gard

Auteurs : BRL Ingénierie

Date : Janvier 2010

Cette étude a été réalisée suivant le même principe que l'étude conduite par Carex en 2004, mais avec un souci de précision pour permettre non plus d'être à une échelle du 1/25000<sup>ème</sup> à 1/10000<sup>ème</sup> mais plutôt à une échelle du 1/5000<sup>ème</sup>.



*Emprise des zones inondables hydrogéomorphologiques sur le secteur garrigue (étude BRL 2009 FDP Scan 100 IGN)*

En concertation avec la ville, il n'est pas apparu opportun de garder cette donnée pour décrire l'aléa. La ville a fourni à la fin de cette étude le MNT Intermap avec des points tous les 5m qui montrait des problèmes de cohérence sur certains tronçons et qui permettait d'appliquer les méthodologies décrites ci-dessous.

La cartographie de l'aléa BRL1997 modifié lors de cette étude n'a pas été retenu suivant le même principe.

#### 4.1.2 Méthodologie Exzeco

Le CETE Méditerranée a élaboré le concept d'EXZECO, dont l'acronyme veut dire (EXtraction des Zones d'ECOulements). EXZECO se base sur l'utilisation de méthodes classiques d'analyse topographique pour l'extraction du réseau hydrographique à partir de bruitage du Modèle Numérique de Terrain (MNT) initial, à savoir l'algorithme de remplissage de cuvette de Darboux-Planchon et la méthode des directions d'écoulement D8.

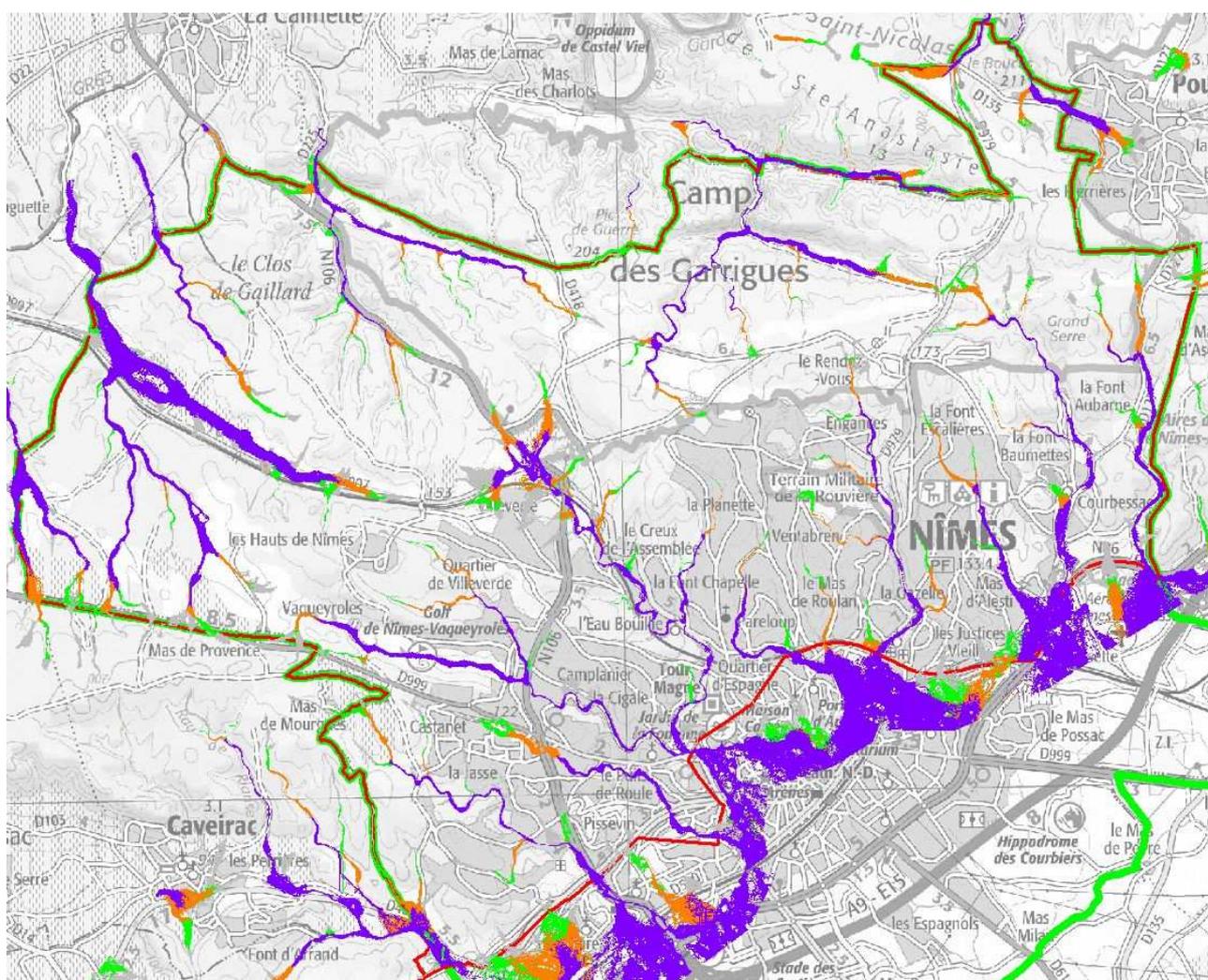
Cette méthode itérative à grand rendement est équivalente au remplissage des fonds de thalwegs avec une certaine hauteur d'eau comme paramètre d'entrée. Les zones basses hydrographiques créées sont une approximation des zones potentiellement inondables dans les parties amont des bassins versants. Le concept EXZECO, mis au point par le CETE Méditerranée sous le système ARCGIS, a été développé dans le cadre de l'opération de recherche 11R081 du LCPC et testé par le réseau des CETEs. Son industrialisation est réalisée par le CETMEF depuis mi juin 2010 pour obtenir des résultats sur la France entière sur le MNT BDTPO IG1 au pas de 25m.

Cette méthode a été appliquée sur le secteur de Nîmes dans un premier temps avec le MNT BDTopo IG1 au pas de 25m avec des valeurs entières. Au vu des résultats, la ville de Nîmes nous a fourni le MNT Intermap en Mars 2010 pour appliquer cette méthode. Ce MNT Intermap sous forme de points et de ligne de rupture a été converti au format raster, c'est à dire une information altimétrique sur une grille de 5m de coté. Trois couches différentes ont été produites, une couche avec une hauteur de bruitage de 50cm, une couche avec une hauteur de bruitage de 1m et une couche avec une hauteur de bruitage de 2m. Cette méthode a été proposée en compléments des autres méthodes aux services techniques de la ville de Nîmes en Juillet 2010.

Une règle de relation avait été proposée qui en fonction de la superficie drainée fournissaient un aléa. Ces relations sont présentées dans le tableau ci-dessous. Cette méthode n'a pas été retenue comme complément direct pour la cartographie précise des aléas sur la ville de Nîmes. Par contre, elle a permis de définir certaines limites dans des secteurs où les autres données étaient trop limitées ou inexistantes. Elle a par exemple permis de trouver des limites partagées dans les secteurs de transitions entre les secteurs garrigues et la plaine du Vistre, sur les secteurs de la Pondre et de Valdegour.

Superficie Drainée minimale en km <sup>2</sup>	Superficie Drainée minimale en km <sup>2</sup>	Hauteur remplissage	Aléa
	0.1		Aucun
0.1	0.2	0.5	Résiduel
0.2	0.3	0.5	Résiduel
0.3	0.4	0.5	Modéré
0.4	0.5	1	Modéré
0.5	0.75	1	Fort
0.75	1	2	Fort
1	2	2	Très Fort
2	3	2	Très Fort
3	4	2	Très Fort
4	5	2	Très Fort
5	10	2	Très Fort
10	20	2	Très Fort
20	50	2	Très Fort
50	100	2	Très Fort

Relations proposées entre les couches Exzeco et l'aléa



Cartographie des aléas sur les parties amont de Nîmes avec la méthode Exzeco (Scan 100 IGN)

### 4.1.3 Méthodologie d'hydraulique simplifiée

A la demande de la ville de Nîmes, il est apparu nécessaire de pousser plus loin les représentations de l'aléa sur les parties garrigues car les résultats complémentaires fournis avec la méthode Exzeco et l'hydrogéomorphologie conduisaient à ne pas assez différencier des classes d'aléas au sein de la cartographie des parties amont.

Le CETE Méditerranée a proposé de réaliser des calculs très automatisés basés sur de « l'hydraulique simplifiée » pour pouvoir les ajouter à l'ensemble des données disponibles avant expertise et comparaison.

La méthode est basée sur une automatisation d'un réseau d'écoulement dans tous les fonds de thalwegs de Nîmes. Une méthode de squeletisation de type Voronoï a été appliquée, permettant de modéliser cet axe à partir des contours Exzeco avec un bruitage de 1m et une superficie de bassin versant de 0.1km<sup>2</sup>. Sur cet axe des profils en travers tous les 10 mètres ont été réalisés, qui ont été interpolés sur le modèle numérique de terrain rasterisé au pas de 5m fourni par la ville de Nîmes. Ces profils en travers ne tiennent pas compte des singularités particulières comme les ponts, bassins, seuils...

Le choix s'est porté sur la formule de Strickler pour calculer les paramètres hauteur-vitesse sur chaque profil. Cette formule nécessite d'introduire la pente de la ligne d'eau, le coefficient de frottement (Strickler) ainsi que le débit situé sur ce profil.

Pour le débit, la méthode la plus simple et robuste a été de prendre un débit spécifique de 22.5m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>, valeur intermédiaire pour des bassins versant de 0 à 25km<sup>2</sup> établie lors de la crue de 1988. C'est cette valeur qui nous permet de définir les aléas modérés, forts et très forts. Dans le cas de l'analyse de sensibilité, nous avons pris la valeur extrême de débit spécifique « mesuré » en 1988, à savoir 30m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>, cette valeur servant à fournir la limite de l'aléa résiduel. Ce calcul avait pour objectif de voir s'il y avait des effets de seuil sur les largeurs de zones inondables. Le débit est donc calculé en chaque profil en multipliant la surface drainée sur ce profil avec le débit spécifique.

Pour les paramètres pente et frottement, au lieu de n'en définir qu'un de chaque, une étude de sensibilité a été menée, à savoir que le coefficient de Strickler a été pris entre 15 et 35 par pas de 5 et que la pente a été prise autour du profil sur 200, 300, 400, 500, 750, 1000 et 2000m. avec la limite de longueur de chaque bief.

Sur chaque profil, les résultats hauteurs (h) et vitesses (V) ont été calculés à partir de la formule de Strickler en prenant:

- le débit spécifique de 22.5 et 30 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>
- le Strickler entre 15 et 35 par pas de 5
- la pente autour de profil sur 200, 400, 1000 et 2000m

Sur chaque profil, la relation hauteur-débit et hauteur-vitesse a été définie. Logiquement, cette analyse de sensibilité conduit à avoir pour un même débit des hauteurs d'eau et des vitesses très différentes. Pour pallier ce problème, l'élément le plus stable a été retenu au travers de la charge hydraulique (H):

- $H=h+V^2/2g$  avec g la gravitation.

La relation débit-charge a donc été fournie avec son analyse de sensibilité.

Sur les parties amont où cette méthode a été appliquée, il a fallu convertir spatialement ces résultats sur des limites de classes d'aléa.

Plusieurs hypothèses fortes ont été retenues :

- Que la charge correspondait sur ces parties amont à la hauteur d'eau atteinte, hypothèse qui se justifie sur ces secteurs à fortes pentes et à écoulements plutôt torrentiels. Cette hypothèse peut sembler

maximaliste mais ne prend pas en compte de contraintes hydrauliques aval par exemple sur l'amont des ouvrages hydrauliques de type ponts ou seuils qui auraient tendance à fournir des hauteurs d'eau plus importantes.

- Que la limite de l'aléa résiduel correspondait à la moyenne de tous les calculs de sensibilité de la charge hydraulique pour le débit calculé à partir du débit de 30 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>, c'est le point 2 gris à droite sur l'illustration suivante.
- Que la limite de l'aléa modéré correspondait à la moyenne de tous les calculs de sensibilité de la charge hydraulique pour le débit calculé à partir du débit de 22.5 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>, c'est le point 3 vert sur l'image.
- Que pour définir des découpages dans l'aléa modéré en fort et très fort, il fallait approcher la vitesse. Cela a été fait en considérant la vitesse moyenne ( $V_m$ ) sur le profil par la division entre le débit et la surface mouillée pour la limite de l'aléa modéré. A l'inverse de l'hypothèse plutôt maximaliste de prendre la charge comme hauteur d'eau, le calcul de la vitesse aura tendance à légèrement sous-estimer la vitesse moyenne comme il s'applique a priori sur une surface mouillée plus importante. Utiliser que la vitesse moyenne sur l'ensemble de la largeur d'un profil aurait très rapidement conduit à fournir des classes d'aléa en très forts, en milieu à forte pente, on peut avoir des vitesses de l'ordre du mètre avec des hauteurs d'eau de quelques centimètres. Pour essayer de mieux approcher les limites transversales, nous avons utilisé l'illustration « Possibilité de déplacement des personnes en fonction de la hauteur d'eau et des vitesses (source DDE84, Guide guide PPR inondations, note complémentaire sur le ruissellement péri-urbain) croisé avec le débit linéique (Sogreah) » à savoir:
  - La limite de l'aléa fort a été déterminée en cherchant la hauteur d'eau dans le profil ( $h_{pf}$ ) à partir de laquelle  $h_{pf} * V_m = Q_l > 0,25$  m<sup>3</sup>/s/m (Point 4 Orange)
  - La limite de l'aléa très fort a été déterminée en cherchant la hauteur d'eau dans le profil ( $h_{ptf}$ ) à partir de laquelle  $h_{ptf} * V_m = Q_l > 0,5$  m<sup>3</sup>/s/m (Point 5 Magenta)

Les limites de l'aléa résiduel, modéré, fort et très fort ont ensuite été intégrées sous Mapinfo comme des données brutes à analyser avec les autres données disponibles sur le secteur.

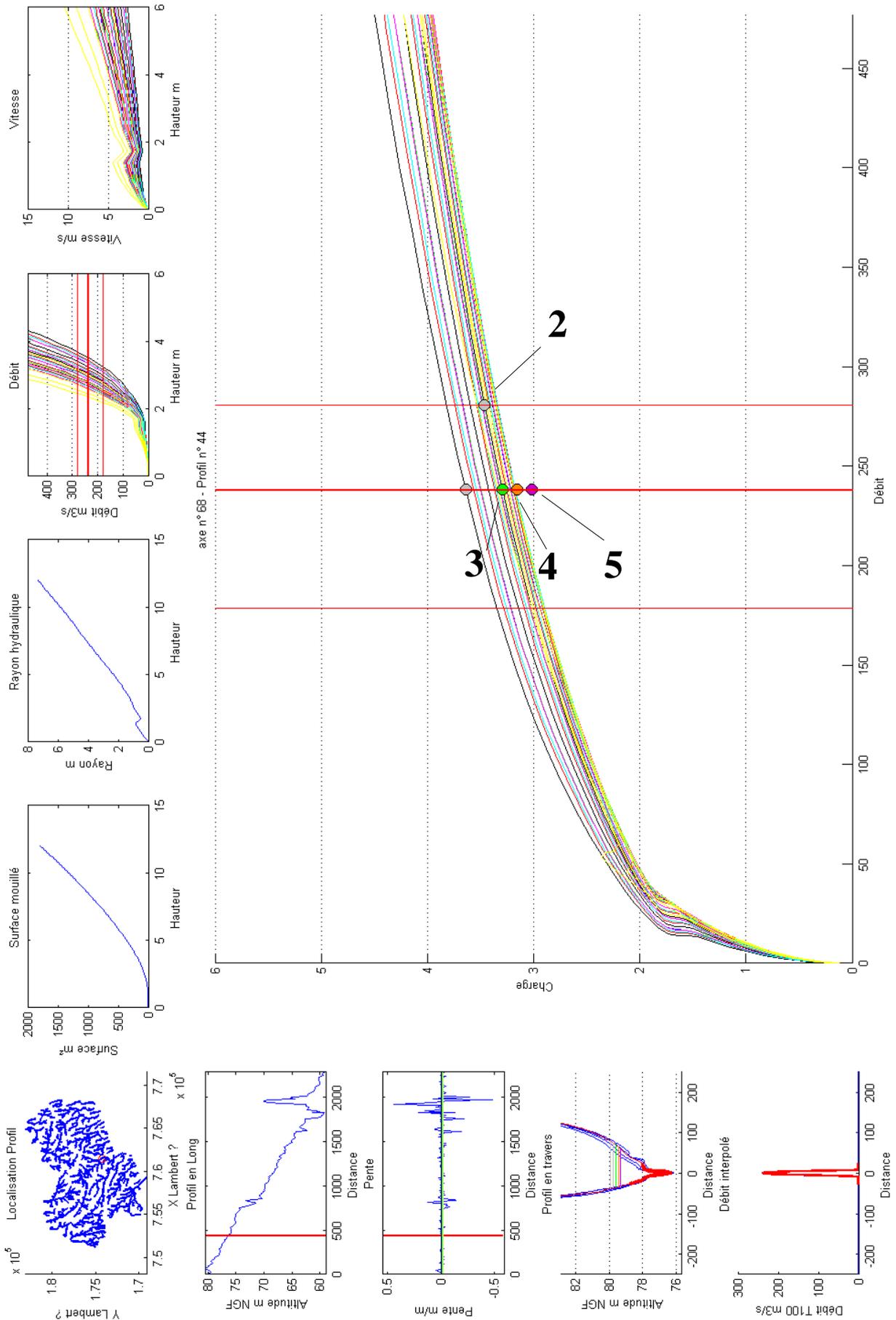
Quelques points peuvent être indiqués, pour les secteurs dans lequel les écoulements sont peu larges par rapport au débit, les limites planimétriques des différents aléas sont quasi -identiques du fait de la vitesse moyenne élevée, c'est le cas sur les parties aval des cadereaux principaux.

Sur les parties plus amont, cette méthode permet de mieux appréhender les passages dans diverses classes d'aléas, il y a des secteurs où la partie mont peut avoir un aléa plus élevé que la partie aval car la largeur de l'écoulement est beaucoup moins importantes à l'amont qu'à l'aval. C'est particulièrement le cas sur des passages entre le secteur garrigues et le secteur piémont. Sur certains secteurs, il n'y a que les classes résiduel et modérée.

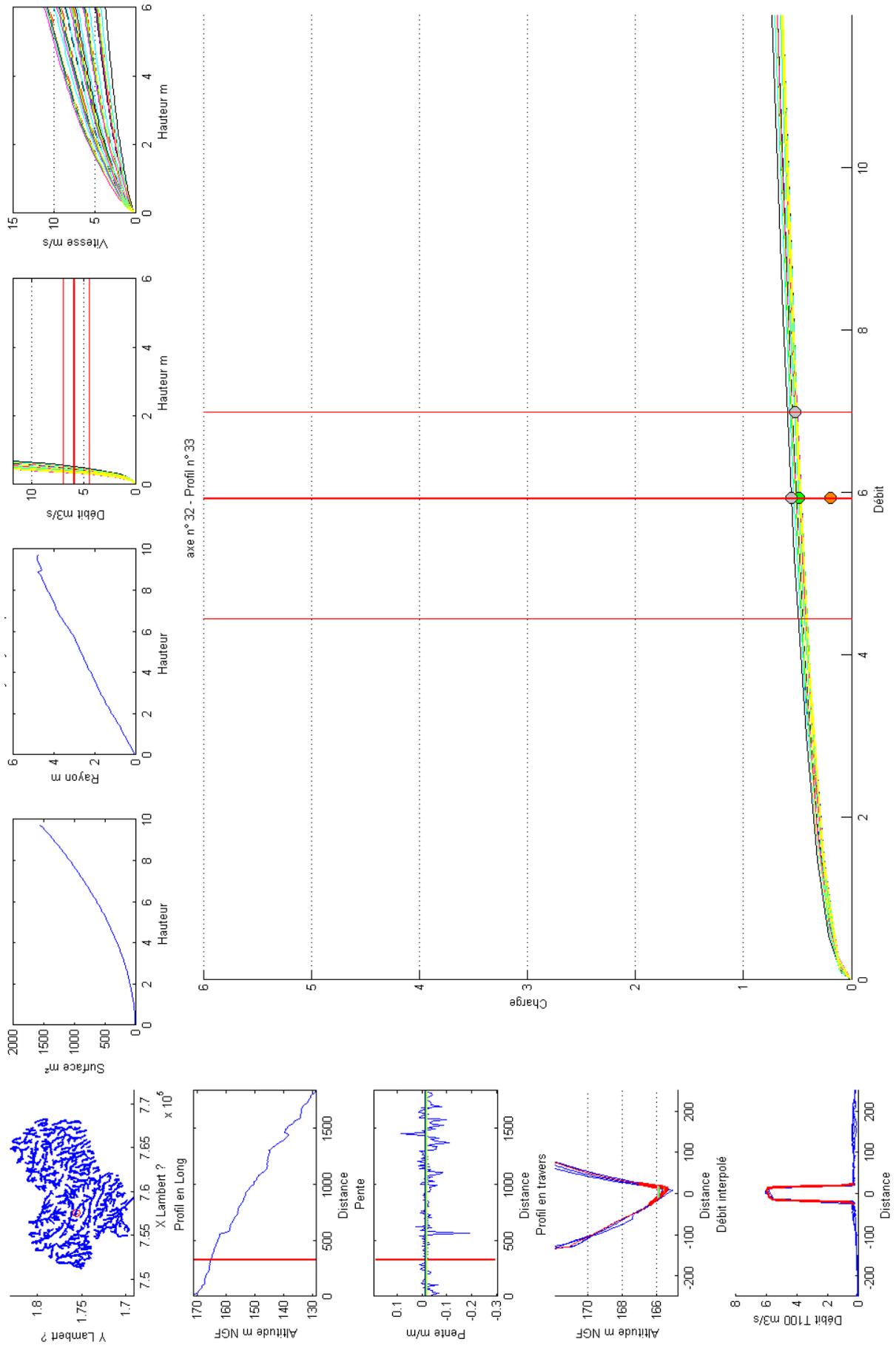
Il était plus pertinent de garder la limite du résiduel à partir du débit de 30m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> plutôt que de prendre la limite correspondant au maximum de tous les calculs de sensibilité de la charge hydraulique pour le débit calculé à partir du débit de 22.5 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>. Cela permettait d'être moins sensible aux instabilités engendrées par les paramètres pente et frottement.

Une particularité dans le calcul est le secteur de Vallelongue où les écoulements peuvent se séparer en deux. Dans ce cas, après discussions avec la ville, il a été choisi de diviser le débit en deux dans chaque " bras " de la défluence.

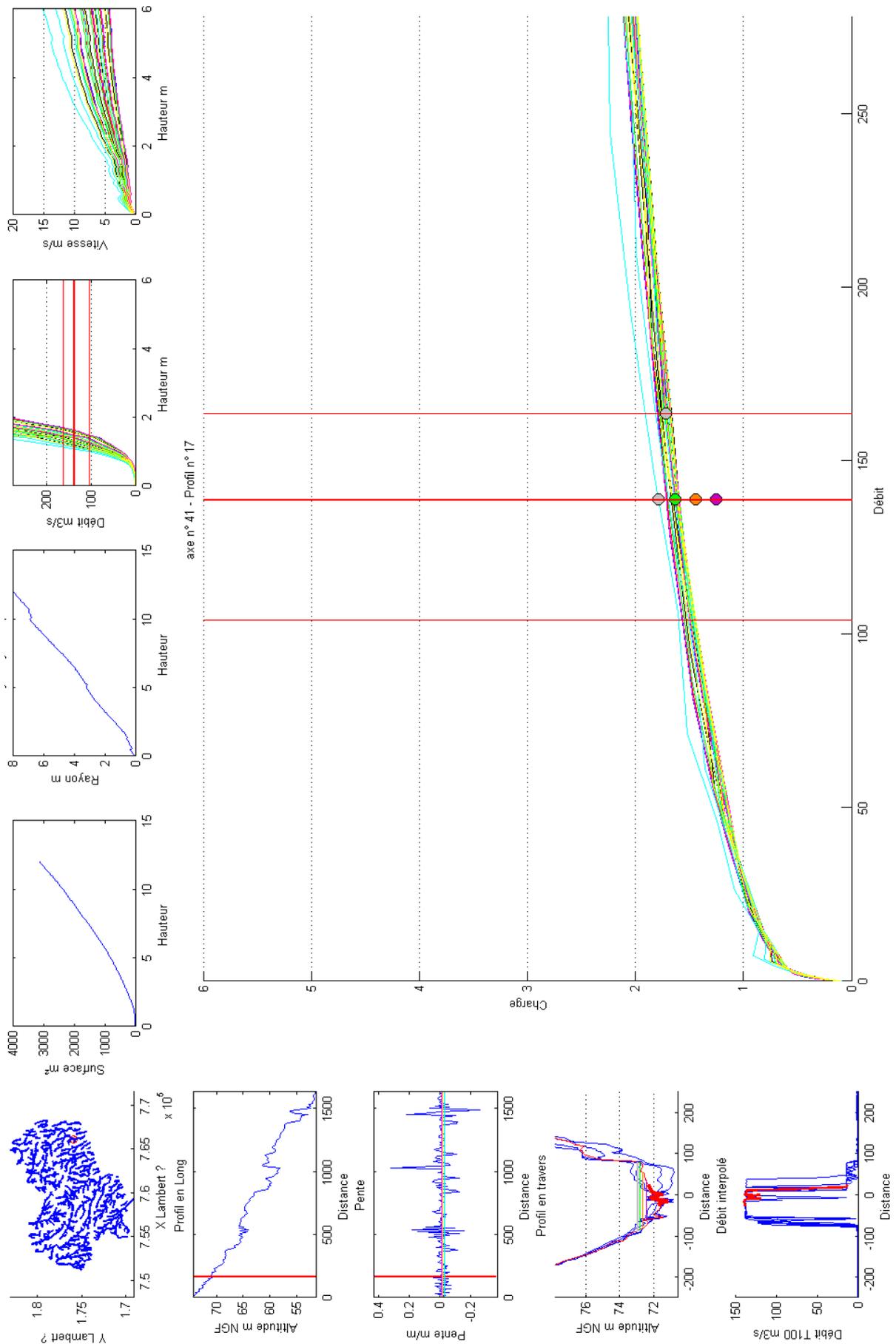
Des particularités topographiques sont aussi présentes sur de nombreux cadereaux avec des « doubles chenaux » au lieu de formes en « V », c'est particulièrement le cas sur le cadereau de Valladas. L'explication générale est que ces types de profils en travers ont des points bas sur les cotés hors du chenal principal qui a dû être rectifié. De plus, ces points bas changent régulièrement de position en rive gauche ou droite du chenal principal actuel. Dans ce type de cas, nous avons choisi de surclasser les aléas d'un côté ou de l'autre car rien ne permet de déterminer les écoulements lors d'évènement de type 1988 avec l'ensemble du transport d'objet associés et les possibles embâcles aux écoulements.



Exemple de calcul d'hydraulique simplifiée sur le cadereau d'Alès



Exemple de calcul d'hydraulique simplifiée sur une tête de bassin amont



Exemple de calcul d'hydraulique simplifiée sur la Valadas avec des profils en travers multi-chenaux



Sernam et en particulier lorsque des décisions administratives les avaient confirmées. Des secteurs non inondables de ces zones étudiées ont régulièrement fait l'objet d'un passage en aléa résiduel du fait des études pas assez renseignées.

L'aléa sur ce secteur a été principalement étudié sur la hauteur atteinte, le critère vitesse n'a été utilisé qu'à de très rares exceptions.

Ces analyses se sont bien sûr appuyées sur la topographie, l'étude des lieux, la connaissance des limites de chaque étude sur divers secteurs, dans le cadre de la concertation technique avec les services de la ville, sans perdre de vue leur comparaison avec les données historiques ponctuelles de l'évènement de 1988, allant des PHE jusqu'aux dégâts recensés.

#### **Cette analyse globale a permis de retenir les études suivantes :**

- **dans la partie urbaine**, les données ESPADA ont constitué la donnée principale dans les rues.
- **dans la partie Vistre (rive droite)**, l'étude sur le programme cadereau (modèle à casier STREAM) a généralement servi de base à l'aléa.

Ces deux données ont été complétées par les cartographies de la crue de 1988 réalisée par BRL en 1997 qui, bien qu'ayant des problèmes sur des secteurs connus permet d'avoir une cartographies complète entre les rues ainsi que dans la plaine du Vistre pour assurer des continuités hydrauliques que la simple interpolation entre les cotes moyennes dans les casiers et la topographie ne permet pas. Dans le cadre des modélisations de type casiers, il peut y avoir un débit qui transite par une liaison entre deux casiers mais le casier aval peut ne pas avoir de présence d'eau juste à l'aval de cette liaison si l'interpolation est trop « brutale », ce qui était parfois le cas dans les représentations faites pour le programme cadereau.

Sur l'ensemble de cette cartographie, les services techniques de la ville de Nîmes ont indiqué de par leurs connaissances de leur territoire des zones sur lesquelles des questions se posaient et ces zones ont été analysés point par point lors de réunions techniques particulières.

- **sur la rive gauche du Vistre**, les résultats fournis par l'étude BRL (paragraphe 3.18).

#### 4.2.2 Partie amont

Pour la partie amont, le même type de travail de comparaison a été réalisé mais sans découpage sur des polygones avec des informations uniques. Les parties amont ayant des écoulements plus « torrentiels », le critère vitesse est apparu comme à étudier, les cartes de sinistres ou les planches de géomètres montrant des dégâts jusqu'aux bords de la zone inondées en 1988.

Les données du programme cadereau sur les parties amont ne fournissent que des hauteurs, c'est à dire sous-estiment l'aléa pour la vitesse, les zones inondables de 1988 n'étant que des limites.

L'hydraulique simplifiée, commençant à partir d'une superficie drainée de 0,1km<sup>2</sup> environ, a permis dans les zones avec ces deux données de comparer les emprises de zones inondables, et donc de vérifier la procédure mais aussi de déterminer des classes d'aléas à l'intérieur de ces emprises. Sur le secteur de la Pondre, les données des études cadereaux ont été privilégiées.

Là où les données du programme cadereau ou des zones inondées en 1988 n'étaient pas disponibles, les limites de l'hydraulique simplifiée ont été comparées avec la cartographie des zones inondables fournies par BRL en 1997 et réactualisées en 2009 ainsi que l'approche hydrogéomorphologique de BRL 2009. Ceci a permis de constater que l'hydraulique simplifiée se situe dans les emprises de ces données.

La comparaison avec des PHE a aussi été réalisée, sur les tous petits bassins versants, certaines PHE pouvant aller au delà de l'emprise de l'hydraulique simplifiée : cela pouvait provenir d'une PHE aberrante , ou en raison du débit spécifique associé à ces petits bassins versants avec de possibles apports du karst..

#### 4.2.3 Synthèse des données utilisées pour établir l'aléa du PPRI

Le tableau ci-dessous fait la synthèse des données utilisées.

Il présente le nom de l'étude ou de la donnée disponible, le type d'étude, la localisation de l'étude dans le secteur garrigues, Piémont, Vistre et Rive Gauche, l'utilisation de l'aléa pour la cartographie et des informations complémentaires.

Pour la localisation, les abréviations suivantes sont utilisées:

- X indiquant que de l'information est disponible sur le secteur
- H indiquant que l'aléa hauteur est disponible et utiliser sur ce secteur. Il peut être associé aux lettres:
  - TF pour aléa très fort
  - F pour aléa fort
  - M pour aléa modéré
  - R pour aléa résiduel
- V indiquant que de l'aléa vitesse est disponible

Étude	Type d'étude	Garrigues	Piémont	Vistre	GaucheRive	Cartographie	Informations complémentaires
Récapitulatifs des démolitions, confortements et assistances effectuées lors de l'évènement d'octobre 1988	Retour d'expérience	X	X			Disponibilité de connaissances ponctuelles	
Relevés de géomètres (Octobre 1988) PHE	Retour d'expérience	X	X	X		Disponibilité de connaissances ponctuelles	
Limites des zones inondables	Retour d'expérience	HM				Aléa moyen	
Rapport de la commission hydraulique	Retour d'expérience	X	X	X		Disponibilité de connaissances ponctuelles	
Rapport "Ponton"	Retour d'expérience						Connaissances générales
la cartographie du R111-3	Règlementaire	X	X	X			
Cartographie des zones exposées aux risques d'inondation du type "3 octobre 1988" (1997)	Historique	X	H	X		ESPADA et modèle casiers	
L'étude de la ZAC Georges Besse II (2003)	Modèle Casier ISIS			H		Aléa utilisé sur son secteur, attention, classe d'aléa de 0 à 0.35m, de 0.35 à 0.7m et supérieure à 0.7m. Le basculement dans les classes par pas de 0.5m conduit à sous-estimer l'aléa.	
Atlas de Zones Inondables du Rhony Vistre (Mars 2004)	Hydrogéomorphologie	X	X	HR	X	Aléa résiduel sur certains secteurs dans la plaine du Vistre	
Aménagement de la ZAC de Grezan (Décembre 2004)	Modèle		H	H		Aléa utilisé sur son secteur	
ZAC de Mas Lombard	Modèle		H	H		Aléa utilisé sur son secteur	
Hoche-Sernam	Modèle Dunamic 2D		H			Aléa utilisé sur son secteur	Données uniquement dans les rues
ZAC Triangle de la Gare	Modèle Casier STREAM		H			Aléa utilisé sur son secteur	

Étude	Type d'étude	Garrigues	Piémont	Vistre	GaucheRive	Cartographie	Informations complémentaires
Programme Cadereaux	Modèles Infoworks	H	H			Aléa utilisé sur son secteur	Il n'y a pas de données vitesses sur ces données ce qui sous-estime l'aléa sur les parties amont
Programme Cadereaux (Aval Vistre)	Modèle Casier STREAM			H		Aléa utilisé sur son secteur	Données fournies par simple interpolation entre la topographie et les cotes d'eau dans les casiers sous-estimant les emprises des zones inondables
Programme Cadereaux (ESPADA Zud Rues)	Modèle ESPADA	H	H			Aléa utilisé sur son secteur	Données uniquement dans les rues, pas dans les parcelles ou dans les places, grands trottoirs...
Programme Cadereaux (ESPADA Zud Parcelles)	Modèle ESPADA	X	X			Aléa non utilisé sur son secteur	L'emprise est la parcelle qui même si elle est inondable sur un bord ne l'est peut-être pas sur l'ensemble de sa superficie
Programme Cadereaux (Bassins)	Topographique	HTF	HTF	HTF		Aléa utilisé sur son secteur en très fort	Exception sur le bassin Est de l'aéroport lié à des faibles hauteurs d'eau avec peu de vitesses
Note hydraulique pour l'aménagement de la SMIAc	Modèle		H			Aléa utilisé sur son secteur	Elle a servi à l'extraction des zones "non inondables" indiquées dans l'étude
Étude hydraulique générale – quartier pissevin Nîmes	modèle ShallowWater2D		H			Aléa utilisé sur son secteur	Données uniquement dans les rues, une adéquation avec les cartographies dans les parcelles a été effectués et les zones inondables liés à la non prise en compte du réseau ont été écartées.
Etude BRL Vistre PPRi	Modèle			X	X	Aléa utilisé sur la rive gauche du Vistre	En cohérence sur tout le bassin versant.
Topographie							Les topographies ont permis de vérifier la cohérence de limite, la compréhension de changement de niveau d'aléa entre des études liés en particulier à des remblaiements dans la plaine du Vistre
Complément et précision de l'analyse hydrogéomorphologique existante sur les cadereaux amont de la ville de Nîmes	Hydrogéomorphologie	X					Elle a permis de vérifier la cohérence de l'hydraulique simplifiée et qui a permis d

Étude	Type d'étude	Garrigues	Piémont	Vistre	GaucheRive	Cartographie	Informations complémentaires
Méthodologie Exzeco	Topographique	X	X			A permis de définir les limites sur les zones piémont après des échanges avec la ville	Elle a permis de vérifier la cohérence de l'hydraulique simplifiée
Méthodologie d'hydraulique simplifiée	Modèle Formule Strickler	H et V				Aléa utilisé sur son secteur	

*Synthèse des données utilisées pour la cartographie de l'aléa PPRI sur Nîmes*