

## REVISION DU PLAN LOCAL D'URBANISME DE BARBENTANE (13)



### 5d4. ETUDE DES ZONES INONDABLES PAR APPROCHE HYDRO-GEOMORPHOLOGIQUE IPSEAU 2005

Dates :

PLU approuvé par DCM du 25/02/2020  
Révision générale du PLU prescrite par DCM du 25/02/2020  
Débat sur les orientations générales du PADD le 19/02/2024  
Modification simplifiée n°1 du PLU approuvée par DCM du 19/08/2024  
PLU arrêté par DCM du 25/11/2024  
PLU approuvé par DCM du 17/11/2025

*DCM : Délibération du Conseil Municipal - PLU : Plan Local d'Urbanisme*

### **DOSSIER APPROUVE**



**POULAIN URBANISME CONSEIL**

78 bd Marx Dormoy, 83300 DRAGUIGNAN  
Email : [contact@poulain-urbanisme.com](mailto:contact@poulain-urbanisme.com)

Etude n° 04-057-13

**Février 2005**

---

|                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Etude Hydraulique de définition<br/>des zones inondables de la<br/>commune de Barbentane</b></p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|

ETUDE HYDROLOGIQUE, APPROCHE HISTORIQUE, ETUDE  
HYDROGEOMORPOLOGIQUE, ETUDE HYDRAULIQUE, CARTOGRAPHIE DE L'ALEA,  
ANALYSE DE LA VULNERABILITE  
  
COMMUNE DE BARBENTANE



**Version 1- Février 2005**

Rédigé par : Hélène PERNOT

Sébastien DAVID

Illustrations : Hélène PERNOT

Sébastien DAVID

Vanessa ESCANDE

Vérifié par : Laurent SAVOUYAUD



## **SOMMAIRE**

|          |                                                                                                                              |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUCTION - CADRE .....</b>                                                                                            | <b>9</b>  |
| <b>2</b> | <b>PROBLEMATIQUE d'INONDABILITE SUR LA COMMUNE.....</b>                                                                      | <b>11</b> |
| <b>3</b> | <b>SYNTHESE DES ETUDES EXISTANTES.....</b>                                                                                   | <b>13</b> |
| 3.1      | Etude globale pour la strategie de reduction des risques dus aux crues du rhône (modélisation du bief de Vallabrègues):..... | 13        |
| 3.2      | Synthèse des débits de crue sur le Rhône .....                                                                               | 15        |
| 3.3      | Etudes Hydrologiques sur les Debits de crues de la Durance.....                                                              | 15        |
| 3.3.1    | Rapport IMBAUX (1892) .....                                                                                                  | 15        |
| 3.3.2    | Calcul des débits du Rhône et de ses affluents (M.PARDE).....                                                                | 17        |
| 3.3.3    | Note sur le débit maximum des crues de la Durance (novembre 1991) .....                                                      | 18        |
| 3.3.4    | Schéma d'aménagement et de gestion de la moyenne et la basse DURANCE..                                                       | 19        |
| <b>4</b> | <b>ETUDE HYDROLOGIQUE .....</b>                                                                                              | <b>21</b> |
| 4.1      | Rappel sur les phénomènes modélisés .....                                                                                    | 21        |
| 4.2      | Determination des débits de référence des crues du Rhône .....                                                               | 22        |
| 4.2.1    | Analyse de l'étude globale des risques du Rhône .....                                                                        | 22        |
| 4.2.2    | Crue de décembre 2003.....                                                                                                   | 22        |
| 4.2.3    | Débits retenus .....                                                                                                         | 24        |
| 4.3      | Détermination des débits de référence des crues de la Durance .....                                                          | 26        |
| 4.4      | Concomitance de crues de la Durance et du Rhône (modélisation de la courbe de Remous) .....                                  | 26        |
| 4.5      | Estimation des débits de référence issus de la Montagnette.....                                                              | 30        |
| 4.5.1    | Caractéristiques des sous bassins versants :.....                                                                            | 30        |
| 4.5.2    | Généralités - Notion de période de retour.....                                                                               | 32        |
| 4.5.3    | Climatologie - Pluviométrie.....                                                                                             | 33        |
| 4.5.3.1  | Caractéristiques climatiques générales .....                                                                                 | 33        |
| 4.5.3.2  | Pluies intenses méditerranéennes.....                                                                                        | 34        |
| 4.5.3.3  | Analyse statistique des précipitations intenses .....                                                                        | 35        |
| 4.5.4    | Estimation des débits de crue .....                                                                                          | 38        |
| 4.5.4.1  | Débit de pointe instantané décennal des petits bassins versants.....                                                         | 38        |
| 4.5.4.2  | Débit de pointe instantané centennal des petits bassins versants.....                                                        | 43        |

|            |                                                                             |           |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5</b>   | <b>RECUEIL D'INFORMATIONS- Approche historique.....</b>                     | <b>45</b> |
| <b>5.1</b> | <b>ENQUETE REALISEE AUPRES DE LA COMMUNE .....</b>                          | <b>45</b> |
| 5.1.1.1    | Crues historiques du Rhône et de la Durance.....                            | 45        |
| 5.1.1.2    | Ruissellement péri urbain issu de la Montagnette .....                      | 46        |
| 5.1.1.3    | Secteurs à enjeux.....                                                      | 47        |
| <b>5.2</b> | <b>Synthèses des crues ou événements pluvieux de référence.....</b>         | <b>48</b> |
| <b>6</b>   | <b>APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE .....</b>                                 | <b>49</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Contexte géologique et géomorphologique de la commune .....</b>          | <b>49</b> |
| <b>6.2</b> | <b>Méthode de la cartographie hydrogéomorphologique.....</b>                | <b>50</b> |
| 6.2.1      | Méthodologie .....                                                          | 51        |
| 6.2.2      | L'influence des aménagements .....                                          | 54        |
| <b>6.3</b> | <b>La situation du territoire communal face au risque d'inondation.....</b> | <b>54</b> |
| <b>7</b>   | <b>RECONNAISSANCES DE TERRAIN .....</b>                                     | <b>57</b> |
| <b>8</b>   | <b>TOPOGRAPHIE.....</b>                                                     | <b>58</b> |
| <b>9</b>   | <b>ETUDE HYDRAULIQUE .....</b>                                              | <b>59</b> |
| <b>9.1</b> | <b>Ruissellement pluvial issu de la Montagnette.....</b>                    | <b>60</b> |
| 9.1.1      | Méthodologie de la modélisation.....                                        | 60        |
| 9.1.2      | Données utilisées .....                                                     | 61        |
| 9.1.2.1    | Topographie .....                                                           | 61        |
| 9.1.2.2    | Coefficient de rugosité .....                                               | 61        |
| 9.1.2.3    | Conditions avals .....                                                      | 61        |
| 9.1.2.4    | Débits modélisés .....                                                      | 62        |
| 9.1.3      | Principaux résultats .....                                                  | 64        |
| <b>9.2</b> | <b>Rupture de Dignes.....</b>                                               | <b>65</b> |
| 9.2.1      | Descriptif des phénomènes d'écoulements dans la plaine.....                 | 66        |
| 9.2.2      | Crues modélisées et mode de rupture envisagé .....                          | 68        |
| 9.2.2.1    | Rappel sur les crues modélisées .....                                       | 68        |
| 9.2.2.2    | Mode de rupture envisagé .....                                              | 68        |
| 9.2.3      | Phénomène transitoire de rupture.....                                       | 70        |
| 9.2.3.1    | Généralités sur le modèle mis en œuvre .....                                | 70        |
| 9.2.3.2    | Application au cas de Barbentane .....                                      | 70        |
| 9.2.3.2.1  | Construction des modèles : .....                                            | 71        |
| 9.2.3.2.2  | Résultats obtenus .....                                                     | 73        |
| 9.2.4      | Phénomène de remplissage progressif de la plaine.....                       | 76        |

**IPSEAU**  
**Ingénierie pour l'eau, le sol et l'environnement**

---

|             |                                                                                     |           |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 9.2.4.1     | Principe général .....                                                              | 76        |
| 9.2.4.1.1   | Estimation du volume entrant .....                                                  | 77        |
| 9.2.4.1.2   | Estimation du volume stocké dans la plaine et hauteurs d'eau atteintes ..           | 77        |
| 9.2.4.2     | Résultats obtenus (Rupture de digue de Rhône) .....                                 | 79        |
| 9.2.4.3     | Résultats obtenus (rupture de digue de Durance).....                                | 81        |
| 9.2.5       | Conclusions sur la modélisation hydraulique du phénomène de rupture .....           | 83        |
| 9.2.5.1     | Récapitulatif des résultats de la modélisation pour une rupture de digue de Rhône   | 84        |
| 9.2.5.2     | Récapitulatif des résultats de la modélisation pour une rupture de digue de Durance | 84        |
| 9.2.6       | Rôle Potentiel du contre canal .....                                                | 85        |
| <b>10</b>   | <b>CARTOGRAPHIE.....</b>                                                            | <b>87</b> |
| <b>10.1</b> | <b>Zones inondables .....</b>                                                       | <b>87</b> |
| <b>10.2</b> | <b>Isohauteurs-Crue centennale .....</b>                                            | <b>88</b> |
| <b>10.3</b> | <b>Iso-vitesses – Crue centennale .....</b>                                         | <b>88</b> |
| <b>10.4</b> | <b>Aléa – Crue centennale .....</b>                                                 | <b>89</b> |
| 10.4.1      | Zones soumises à un aléa fort .....                                                 | 89        |
| 10.4.2      | Zones soumises à un aléa modéré .....                                               | 89        |
| 10.4.3      | Zones soumises à un aléa faible.....                                                | 89        |
| <b>10.5</b> | <b>Alea Synthèse .....</b>                                                          | <b>90</b> |
| <b>11</b>   | <b>VULNERABILITE ET ESTIMATION DES DOMMAGES.....</b>                                | <b>91</b> |
| <b>11.1</b> | <b>Méthode d'Analyse de la vulnérabilité .....</b>                                  | <b>91</b> |
| <b>11.2</b> | <b>Methode d'Evaluation des dommages .....</b>                                      | <b>92</b> |
| <b>11.3</b> | <b>Resultats de l'analyse de vulnerabilite et d'évaluation des Dommages .....</b>   | <b>94</b> |

## **Tableaux et Annexes**

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 : Scénario de crue du Rhône (modélisation bief Vallabrègue-CNR-2002).....                                | 13 |
| Tableau 2 : Résultats de la modélisation du Bief de Vallabrègue (CNR 2002).....                                    | 14 |
| Tableau 3 : Historique des crue du Rhône .....                                                                     | 15 |
| Tableau 4 : Historique des crue de la Durance (rapport IMBAUX 1862) .....                                          | 16 |
| Tableau 5 : Historique des crue de Durance (rapport PARDE 1921).....                                               | 17 |
| Tableau 6 : Débits maximum des crue de Durance.....                                                                | 18 |
| Tableau 7 : Estimation des débit caractéristiques de Durance (Schéma d'aménagement<br>SOGREAH 2001) .....          | 19 |
| Tableau 8 : Historique des crues de Durance (Schéma d'aménagement SOGREAH 2001) .....                              | 20 |
| Tableau 9 : Débits caractéristiques retenus pour le Rhône.....                                                     | 22 |
| Tableau 10 : Niveaux maximums retenus le long des digues CNR du Rhône.....                                         | 25 |
| Tableau 11 : Niveaux maximums retenus le long des digues CNR de la Durance.....                                    | 27 |
| Tableau 12 : Caractéristiques des bassins versants de la Montagnette .....                                         | 31 |
| Tableau 13 : Quantiles de pluie (mm) Station météorologique de Aix en Provence.....                                | 37 |
| Tableau 14 :Quantiles de pluie (mm) Station météorologique de Nîmes Courbessac .....                               | 37 |
| Tableau 15 : Précipitations maximales journalières en mm (IT région 3) .....                                       | 38 |
| Tableau 16 : Débits décennaux obtenus par différentes méthodes sur les bassins versants de la<br>Montagnette ..... | 41 |
| Tableau 17 : Débits décennaux retenus sur les bassins versants de la Montagnette .....                             | 42 |
| Tableau 18 : Débits centennaux retenus sur les bassins versants de la Montagnette .....                            | 44 |
| Tableau 19 : Crues historiques observées à Barbentane.....                                                         | 45 |
| Tableau 20 : Répartition des débits dans le secteur du centre ville .....                                          | 64 |
| Tableau 21 : Caractéristiques des ouvrages de vidanges de la plaine de Barbentane .....                            | 67 |
| Tableau 22 : Rupture de digue de Durance – Débits maximums entrants.....                                           | 73 |
| Tableau 23 : Caractéristiques de la bande impactée par l'effet de vague – Rupture de digue de<br>Durance.....      | 74 |
| Tableau 24 : Rupture de digue de Rhône – Débits maximums entrants.....                                             | 75 |
| Tableau 25 : Caractéristiques de la bande impactée par l'effet de vague – Rupture de digue de<br>Rhône.....        | 75 |
| Tableau 25 : Répartition hypsométrique de la plaine de Barbentane .....                                            | 78 |
| Tableau 26 : Inondabilité des quartiers en cas de rupture de digue de Rhône.....                                   | 84 |
| Tableau 27 : Inondabilité des quartiers en cas de rupture de digue de Durance.....                                 | 85 |
| Tableau 28 : Grille d'évaluation de la sinistralité des biens .....                                                | 94 |



## **Planches cartographiques**

| <b>Numéro<br/>planche</b>  | <b>Format</b> | <b>Titre planche</b>                                                          | <b>Echelle</b>      | <b>Fond</b>     |
|----------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|
| <b>1</b>                   | <b>A4</b>     | <b>Plan de situation de la commune<br/>et principaux risques d'inondation</b> | 1/40 000            | IGN             |
| <b>2</b>                   | <b>A3</b>     | <b>Aménagements par la CNR du bief de<br/>Vallabrègue sur le Rhône</b>        | 1/60 000            | IGN             |
| <b>3</b>                   | <b>A3</b>     | <b>Cartographie des bassins versants de la<br/>Montagnette</b>                | 1/20 000            | IGN             |
| <b>4</b>                   | <b>A3</b>     | <b>Approche historique</b>                                                    | 1/15 000            | IGN             |
| <b>5A et 5B</b>            | <b>A3</b>     | <b>Cartographie hydrogéomorphologique des<br/>zones inondables</b>            | 1/20 000            | IGN             |
| <b>6</b>                   | <b>HT</b>     | <b>Répartition des débits en centre ville</b>                                 | 1/ 1500             | Cadastre        |
| <b>7</b>                   | <b>A3</b>     | <b>Ouvrage de régulation des écoulements<br/>actuels dans la plaine</b>       | 1/20 000            | IGN             |
| <b>8</b>                   |               | <b>Topographie de la plaine de Barbentane</b>                                 | 1/20 000            | IGN             |
| <b>9A, 9B et<br/>9C</b>    | <b>HT</b>     | <b>Cartographie des iso-hauteurs (Q100)</b>                                   | 1/2 000<br>1/10 000 | Cadastre<br>IGN |
| <b>10A, 10B<br/>et 10C</b> | <b>HT</b>     | <b>Cartographie des iso-vitesses (Q100)</b>                                   | 1/2 000<br>1/10 000 | Cadastre<br>IGN |
| <b>11A, 11B<br/>et 11C</b> | <b>HT</b>     | <b>Cartographie de l'aléa (Q100)</b>                                          | 1/2 000<br>1/10 000 | Cadastre<br>IGN |
| <b>12A et 12B</b>          | <b>HT</b>     | <b>Cartographie de l'aléa de synthèse</b>                                     | 1/2 000<br>1/10 000 | Cadastre<br>IGN |

## **Annexes**

Annexe 1 : Maillages surfaciques rupture de digue de Durance et du Rhône

Annexe 2 : Modèle numérique de terrain

Annexe 3 : Résultats de la modélisation- rupture de digue de Durance en aval du pont PLM

## **1 INTRODUCTION - CADRE**

La commune de Barbentane dans le département des Bouches du Rhône souhaite que soit réalisée, dans le cadre de son Plan Local d'Urbanisme, une étude hydraulique sur le risque d'inondation ayant pour objet de cartographier l'aléa.

Sur son territoire, plusieurs études ont déjà été réalisées dans le cadre de l'analyse des événements liés au Rhône et à la Durance. Cependant, ces approches ont été réalisées à une échelle peu adaptée à la définition de l'aléa avec la précision nécessaire à l'élaboration du PLU de la commune.

Par ailleurs, les phénomènes d'inondations liés aux apports de la Montagnette ainsi que les risques en cas de rupture de Digue n'ont jamais été abordés.

Cette étude a donc pour objet :

- De définir les débits de crues de référence (débit décennal, débit centennal ou crue la plus forte observée),
- De préciser les caractéristiques de ces crues (niveaux et vitesses),
- De préciser les contraintes et les mécanismes d'écoulement et de débordement,
- De définir les mesures de protection à prendre et énoncer les recommandations en matière de constructibilité.

L'objet de ce rapport de synthèse est de présenter :

- Les résultats de l'analyse hydrologique (détermination des débits de références)
- Une première approche du risque d'inondation par une analyse historique des crues passées ainsi qu'une analyse hydrogéomorphologique
- Les résultats de l'analyse hydraulique (modélisation des écoulements provenant de la Montagnette ainsi que du phénomène de rupture de digue) ayant permis la cartographie d'aléa
- Les résultats de l'analyse de la vulnérabilité (habitations inondables, activités économiques touchées...)

## **2 PROBLEMATIQUE D'INONDABILITE SUR LA COMMUNE**

(cf cartographie planche 1 : plan de situation de la commune et principaux risques d'inondation)

La commune de Barbentane se situe à la confluence de la Durance et du Rhône, en rive gauche des deux fleuves. Localisée dans les Bouches du Rhône, elle est frontalière à la fois du département du Gard et du Vaucluse.

La partie Nord de la commune se situe dans les plaines alluviales de la Durance et du Rhône tandis que la partie Sud est constituée d'un relief marqué : la Montagnette, culminant à 150 mètre d'altitude environ.

Le centre ville est situé à flanc de coteaux. Dans la plaine on trouve un habitat très dispersé formé essentiellement par des propriétés agricoles (mas).

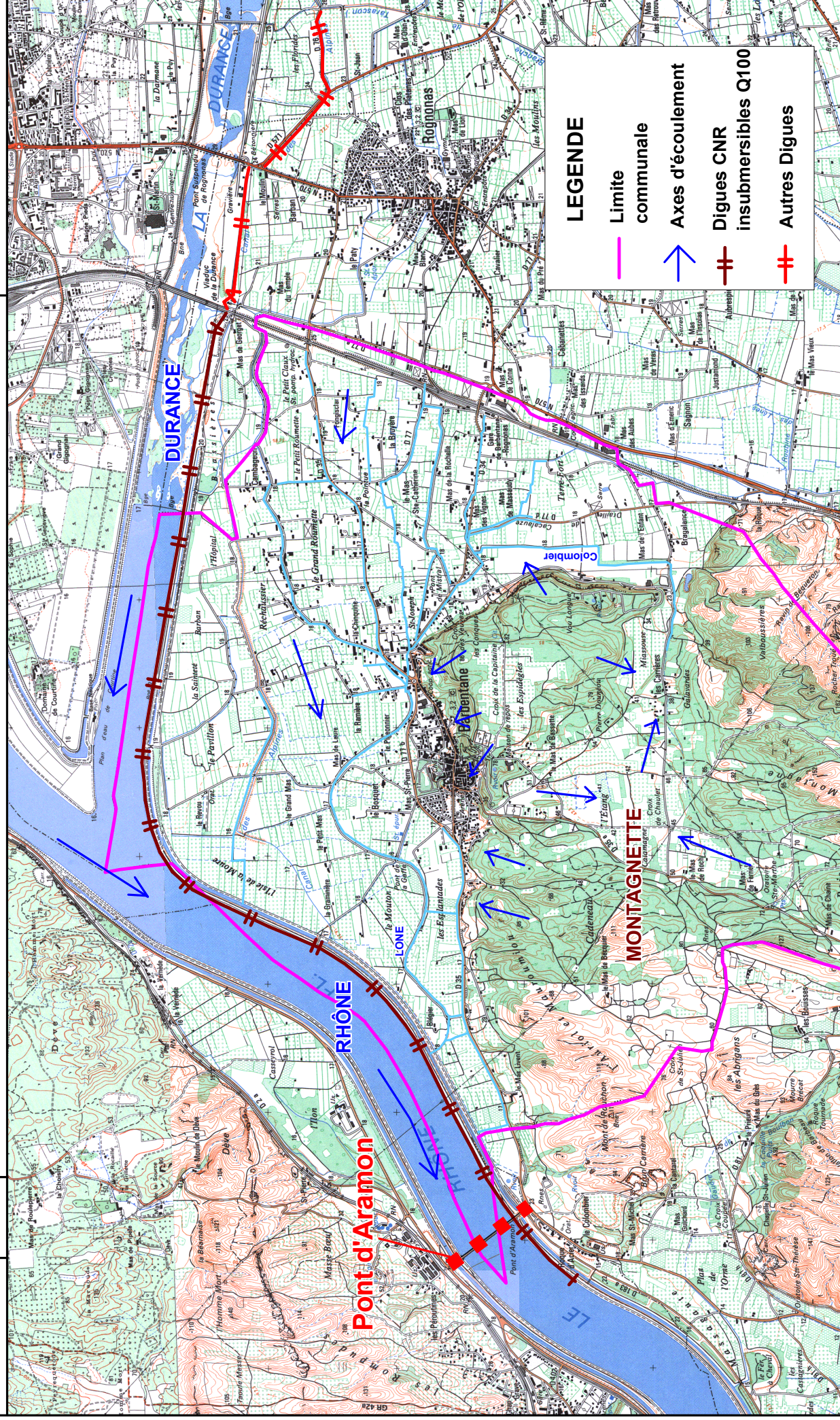
Sur la commune, les rives gauches de la Durance et du Rhône sont totalement endiguées. Ces ouvrages, propriétés de la Compagnie Nationale du Rhône, sont réputés insubmersibles pour de fortes crues (crue centennale) et n'ont jamais été submergés par le passé. Aucun phénomène de rupture même partielle n'a été également à déplorer.

On distingue donc sur le territoire communal, quatre types de facteur d'inondation :

- Les risques d'inondation liés aux apports de la Montagnette, affectant essentiellement le centre ville
- Les risques d'inondation en cas de rupture de digue du Rhône
- Les risques d'inondation en cas de rupture de digue de Durance sur la commune (digues CNR)
- Les risques d'inondations indirectes liés aux apports venant de Rognonas en cas de rupture de digue de Durance à l'amont de la commune.

L'objet de l'étude est de prendre en compte ces différents phénomènes et de réaliser une synthèse sous forme cartographique de l'aléa conjugué.







### 3 SYNTHÈSE DES ÉTUDES EXISTANTES

#### 3.1 ÉTUDE GLOBALE POUR LA STRATÉGIE DE RÉDUCTION DES RISQUES DUS AUX CRUES DU RHÔNE (MODELISATION DU BIEF DE VALLABRÈGUES):

(Cf cartographie planche 2 : Aménagements par la CNR du bief de Vallabrègue sur le Rhône)

Cette étude, réalisée par la CNR en Janvier 2002 pour le compte du Territoire Rhône s'inscrit dans la phase diagnostic hydraulique de l'Étude Globale du Rhône.

Elle met en évidence, à l'échelle du bief de Vallabrègues, les résultats de la propagation des scénarios hydrologiques simulés (niveau de protection des digues, aléa hydraulique des secteurs inondables du bief, niveau de remplissage et fréquence de submersion...)

Les principaux éléments concernant le secteur de Barbentane sont les suivants :

D'un point de vue hydrologique, les trois scénarios de crue simulés sont résumés dans le tableau ci-dessous :

| Débits modélisés                        | Crue moyenne           | Crue forte              | Crue très forte         |
|-----------------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Retenue d'Avignon                       | 8127 m <sup>3</sup> /s | 9200 m <sup>3</sup> /s  | 11300 m <sup>3</sup> /s |
| Apport de la Durance                    | 100 m <sup>3</sup> /s  | 2610 m <sup>3</sup> /s  | 3200 m <sup>3</sup> /s  |
| Retenue de Vallabrègues (amont barrage) | 8242 m <sup>3</sup> /s | 11890 m <sup>3</sup> /s | 14342 m <sup>3</sup> /s |
| Beucaire                                | 8270 m <sup>3</sup> /s | 11860 m <sup>3</sup> /s | 14345 m <sup>3</sup> /s |

**Tableau 1 : Scénario de crue du Rhône (modélisation bief Vallabrègue-CNR-2002)**

A l'aval du Bief (au droit de Beaucaire), il existe une station hydrométrique. L'analyse statistique des résultats de cette station permet d'associer à ces trois scénarios une période de retour approximative.

**Crue moyenne → T = 10 ans**

**Crue forte → T = 100 ans**

**Crue très forte → T = 1000 ans**





## Planche 2: AMENAGEMENT PAR LA CNR DU BIEF DE VALLABREGUE SUR LE RHÔNE

Cartographie de zones inondables de la commune de BARBENTANE

Etude N° 04-057-13 - Février 2005

Echelle : 1 / 60 000

0 1.2 2.4 km

Fond de plan : IGN

### Légende:



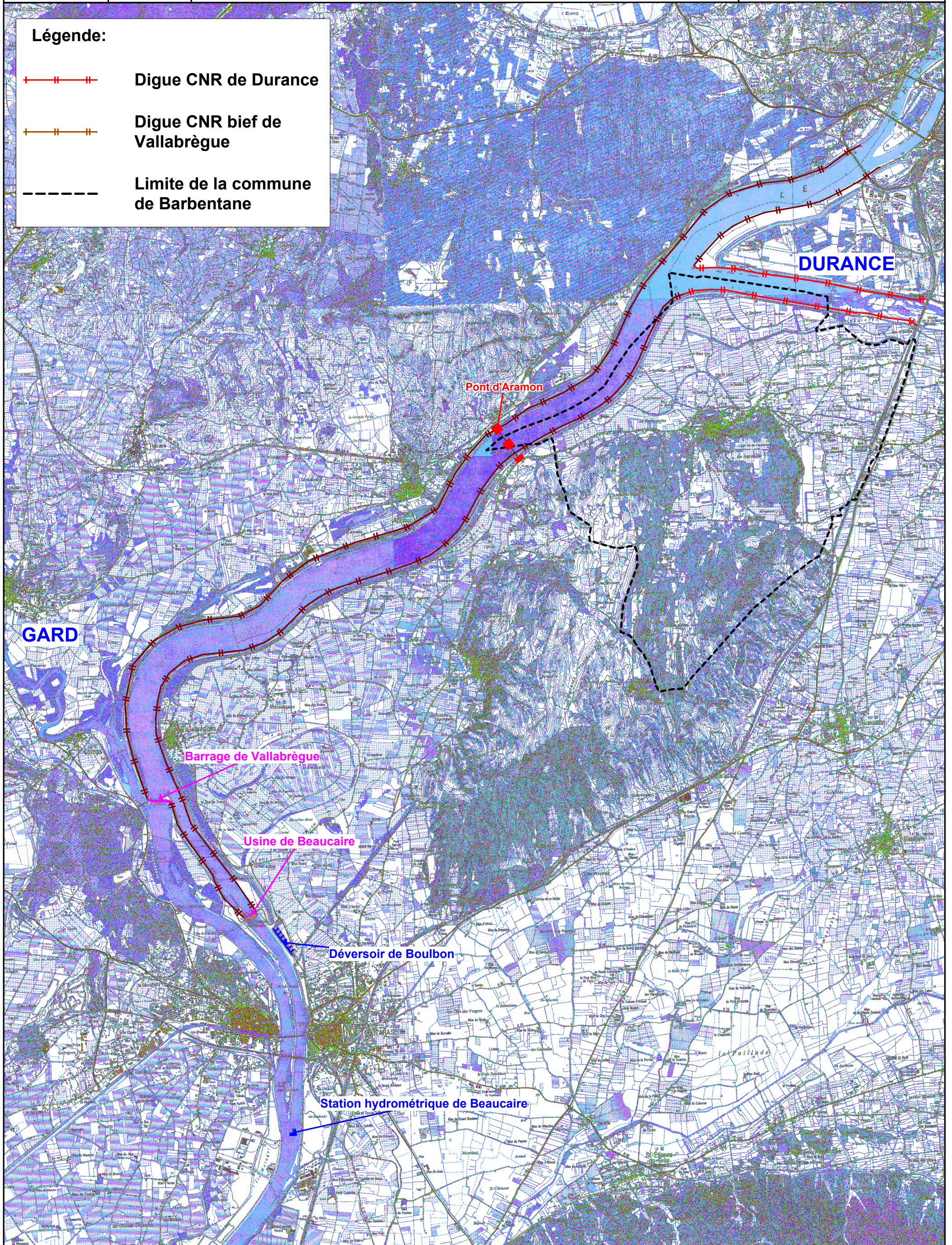
Digue CNR de Durance



Digue CNR bief de  
Vallabrègue



Limite de la commune  
de Barbentane





Le fonctionnement hydraulique du bief, et notamment les niveaux du Rhône à l'intérieur des digues est parfaitement contrôlé par les aménagements de la CNR (barrages en amont et en aval).

Les digues situées dans la retenue de Vallabrègues, et donc sur le secteur de Barbentane ne sont pas submersibles même en cas de crue très forte.

Les niveaux atteints au droit de la confluence avec la Durance (plaine de Barbentane dans le secteur amont) ainsi qu'au niveau du Pont d'Aramon (plaine Barbentane dans le secteur aval) sont les suivants :

| Localisation                             | Crue moyenne | Crue forte  | Crue très forte |
|------------------------------------------|--------------|-------------|-----------------|
| <b>Confluence Durance<br/>(PK 247,8)</b> | 17.57 m NGF  | 18.92 m NGF | 19.81 m NGF     |
| <b>Pont d'Aramon<br/>(PK 252.3)</b>      | 16.62 m NGF  | 17.65 m NGF | 18.38 m NGF     |

***Tableau 2 : Résultats de la modélisation du Bief de Vallabrègue (CNR 2002)***

En cas de crue très forte, la digue en rive gauche du Rhône (côté Barbentane) possède une revanche d'environ 1.5 m à la confluence de la Durance (cote de la digue de 21.3m NGF) et de 2.3 m environ au pont d'Aramon (cote de la digue de 20.7m NGF).

Le risque d'inondation par surverse sur les digues, côté plaine de Barbentane, est donc quasi improbable compte tenu de la maîtrise du niveau des eaux du Rhône par la CNR sur le bief.

A l'aval de l'usine de Beaucaire, un endiguement submersible en rive gauche sur 500 mètres permet une surverse dans la plaine de Boulbon dès  $Q = 9\,800 \text{ m}^3/\text{s}$ . Cependant l'inondation maximale de cette plaine ne remonte pas jusqu'à Barbentane.

### **3.2 SYNTHÈSE DES DÉBITS DE CRUE SUR LE RHÔNE**

La synthèse des 10 plus forts débits instantanés sur le Rhône sur 153 années de données à la station de Beaucaire donne les résultats suivants :

| <b>Dates</b>  | <b>Débit instantané mesuré</b> |
|---------------|--------------------------------|
| Mai 1856      | 11 640 m <sup>3</sup> /s       |
| Janvier 1994  | 11 000 m <sup>3</sup> /s       |
| Novembre 1886 | 10 200 m <sup>3</sup> /s       |
| Novembre 1994 | 9 800 m <sup>3</sup> /s        |
| Octobre 1993  | 9 800 m <sup>3</sup> /s        |
| Novembre 1940 | 9 640 m <sup>3</sup> /s        |
| Novembre 1935 | 9 600 m <sup>3</sup> /s        |
| Novembre 1843 | 9 460 m <sup>3</sup> /s        |
| Novembre 2002 | 9 200 m <sup>3</sup> /s        |
| Novembre 1951 | 9 170 m <sup>3</sup> /s        |
| Mars 1972     | 9 080 m <sup>3</sup> /s        |

***Tableau 3 : Historique des crues du Rhône***

Rq : Cette synthèse ne prend pas en compte la crue de décembre 2003 qui a été estimée à 13 000 m<sup>3</sup>/s qui fut donc la plus forte observée.

### **3.3 ETUDES HYDROLOGIQUES SUR LES DÉBITS DE CRUES DE LA DURANCE**

#### **3.3.1 Rapport IMBAUX (1892)**

Ce rapport, réalisé en 1892 par M.IMBAUX ingénieur Pont et Chaussée, traite du régime global et de la formation des crues et inondations de la Durance.

Après avoir présenté globalement les caractéristiques physiques du bassin versant de la Durance (hypsométrie, nature géologiques de sols, ramification du réseau hydrographique...), celui traite plus spécifiquement du régime pluviométrique.

Il en ressort que l'ensemble du bassin versant appartient à la zone subtropicale caractérisée par une sécheresse estivale et des pluies abondantes à l'automne, produisant généralement les fortes inondations. Les pluies observées montrent une inégale répartition sur l'ensemble



du bassin. L'amont, situé dans les hautes Alpes reçoit en moyenne 1.5 à 2 fois plus d'eau que l'aval (Bouches du Rhône, Vaucluse...). C'est cette partie amont, présentant également la plus forte déclivité et la moins grande perméabilité, qui est la plus favorable à la production d'inondations.

Ensuite, le rapport traite de l'évaluation des débits de pointe en fonction des hauteurs d'eau observées aux ponts de Mirabeau et à Bonpas. A cette époque, seul quelques jaugeage en basses eaux avaient été réalisés. L'établissement de la courbe de tarage et l'extrapolation pour les fortes crues ont donc été réalisés à l'aide des résultats de ces jaugeages. Cependant, au droit du pont Mirabeau, cette extrapolation demeure très délicate étant donné le fond mobile de la rivière (variation de plus de 1.2 mètre du fond).

L'analyse de ces courbes de tarage lors des grandes crues du XIX<sup>ème</sup> siècle donne les résultats suivants :

| Date                | Débit estimé à Mirabeau | Débit estimé à Bonpas   |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|
| 2 novembre 1843     | 5 500 m <sup>3</sup> /s | 4 600 m <sup>3</sup> /s |
| 27-28 octobre 1882  | 5 750 m <sup>3</sup> /s | 4 600 m <sup>3</sup> /s |
| 10-11 novembre 1886 | 6 700 m <sup>3</sup> /s | 5 800 m <sup>3</sup> /s |

***Tableau 4 : Historique des crues de la Durance (rapport IMBAUX 1862)***

Les temps de propagation de ces crues a varié de 16 heures à 26 heures selon l'événement. Lors de ces épisodes, le pic de crue de la Durance n'a jamais été concomitant avec le pic de débit du Rhône. La probabilité de concordance des crues de la Durance avec celles du Rhône reste faible du fait de la différence importante de leur temps de réaction ainsi que leur situation géographique distincte.

### **3.3.2 Calcul des débits du Rhône et de ses affluents (M.PARDE)**

M. PARDE, hydrologue de renommée internationale, a réalisé en 1921 une étude sur les débits du Rhône et de ses affluents. Cette analyse, portant également sur le régime de la Durance, permet de reconstituer les différentes crues allant de 1830 à 1919 en différents points du linéaire de la basse vallée de la Durance (à savoir : au pont Mirabeau, et à Bonpas).

L'estimation du débit des différentes crues est le résultat de l'analyse des courbes de débits au droit des ponts de Mirabeau et Bonpas déjà étudiée par M. IMBAUX. Cette analyse est relativement complexe puisqu'elle doit prendre en compte le phénomène de surcreusement (pouvant atteindre 1.8m) du lit de la rivière en cas de crue. Le fond est donc mobile au droit des stations de jaugeages.

Cette variation du fond du lit du cours d'eau peut modifier d'un quart voir d'un tiers le débit estimé en cas de très grosse crue de la Durance.

L'estimation des différents débits de crue est la suivante :

| <b>Date</b>      | <b>Débit à Mirabeau</b> | <b>Débit à Bonpas</b>   |
|------------------|-------------------------|-------------------------|
| 01 novembre 1843 | 5 200 m <sup>3</sup> /s | 4 400 m <sup>3</sup> /s |
| 27 octobre 1882  | 5 100 m <sup>3</sup> /s | 4 100 m <sup>3</sup> /s |
| 08 novembre 1886 | 5 000 m <sup>3</sup> /s | 5 100 m <sup>3</sup> /s |
| 08 novembre 1906 | 3 700 m <sup>3</sup> /s | 3 250 m <sup>3</sup> /s |

***Tableau 5 : Historique des crues de Durance (rapport PARDE 1921)***

On remarque que les débits de pointe sont globalement supérieurs au pont Mirabeau par rapport à Bonpas pourtant situé à l'aval. Ce phénomène est dû à l'écrêtement important sur le linéaire de la Durance aval. En effet, la rivière ne reçoit plus d'affluents importants et la croissance de la superficie du bassin versant reste modérée. Lors de la crue de novembre 1886, le phénomène est par contre inversé. Ceci est dû à la nature de l'événement pluvieux qui fut très long.

Par ailleurs, les débits annoncés par M. PARDE sont inférieurs à ceux calculés par M. IMBAUX. Celui-ci semble avoir surestimé les vitesses d'écoulements (6 à 7 m/s) sous les ponts de Mirabeau et Bonpas lors des très grosses crues.



M. PARDE espère, compte tenu du phénomène de fond mobile, que l'erreur d'estimation des débits ne dépasse pas les 10%. Ceci donne pour les trois grandes crues du 19<sup>ème</sup> siècle un débit compris entre **4500 m<sup>3</sup>/s et 5750 m<sup>3</sup>/s**.

### **3.3.3 Note sur le débit maximum des crues de la Durance (novembre 1991)**

Cette note, réalisée pour la SNCF en 1991, permet d'analyser les différentes estimations des débits de crue de la Durance afin de définir un débit maximum permettant le dimensionnement des ouvrages hydrauliques.

Cette note reprend les travaux de M. PARDE et tient compte également de l'influence des aménagements EDF ultérieurs de la Durance.

L'analyse des travaux de M. PARDE et l'ajustement statistique des crues historiques permet de fixer les valeurs des crues naturelles (c'est à dire avant aménagements) décennale et centennale à :

$$Q_{10} = 3\,000 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{100} = 4\,650 \text{ m}^3/\text{s}$$

Depuis la mise en service du barrage de Serre Ponçon, seules 30 années d'observation à la station du barrage de Cadarache sont disponibles. L'analyse statistiques de ces débits moyens journaliers ainsi que la relation entre les débits journaliers et les débits instantanés, calée sur une dizaine d'information, permet de confirmer la décroissance de l'influence des barrages réservoirs sur les débits maxima.

Les résultats obtenus sont les suivants :

| <b>Période de retour</b> | <b>Débit influencé</b> | <b>Débit naturel</b>   |
|--------------------------|------------------------|------------------------|
| 2 ans                    | 900 m <sup>3</sup> /s  | 1700 m <sup>3</sup> /s |
| 10 ans                   | 1500 m <sup>3</sup> /s | 3000 m <sup>3</sup> /s |
| 100 ans                  | 3800 m <sup>3</sup> /s | 4650 m <sup>3</sup> /s |

**Tableau 6 : Débits maximum des crue de Durance**

L'effet des aménagements EDF conduit à annoncer des débits maxima instantanés compris entre 67% et 100% du débit naturel.

De ces chiffres, on peut déduire les conclusions suivantes :

- La valeur la plus probable du débit centennal naturel se situe entre **4600 m<sup>3</sup>/s et 5400 m<sup>3</sup>/s**
- Avec les aménagements EDF, il est probable que même pour les fortes crues il subsiste un effet écrêteur notable. L'atténuation est probablement encore de 800 m<sup>3</sup>/s pour les très grosses crues.

Un débit de **5 000 m<sup>3</sup>/s** représente donc une estimation « maximum maximorum » du débit centennal après aménagement.

C'est ce débit qui est ainsi retenu pour le dimensionnement des ouvrages.

Le débit de **6 000 m<sup>3</sup>/s** devra être lui pris en compte du point de vue de la sécurité des ouvrages.

### **3.3.4 Schéma d'aménagement et de gestion de la moyenne et la basse DURANCE**

Cette étude globale, réalisée en 2001 par le cabinet Sogreah présente notamment un volet hydrologique reprenant l'ensemble des études antérieures.

La synthèse des débits caractéristiques à la station de Bonpas est la suivante :

| <b>Période de retour</b> | <b>Débit naturel<br/>(m<sup>3</sup>/s)</b> | <b>Débit aménagé<br/>(m<sup>3</sup>/s)</b> |
|--------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 10 ans                   | 2950                                       | 2300                                       |
| 30 ans                   | 3600                                       | 3200                                       |
| 100 ans                  | 4700                                       | 4500                                       |

**Tableau 7 : Estimation des débits caractéristiques de Durance (Schéma d'aménagement SOGREAH 2001)**

Par ailleurs, l'étude globale du syndicat a permis de répertorier et classer par ordre d'importance les crues de la Durance depuis la début du XIX<sup>ème</sup> siècle au pont Mirabeau.



| Date             | Débit de pointe (à Mirabeau) en<br>m <sup>3</sup> /s |
|------------------|------------------------------------------------------|
| Novembre 1843    | 5200                                                 |
| Octobre 1882     | 5100                                                 |
| 11 novembre 1886 | 5000                                                 |
| 8 novembre 1886  | 4260                                                 |
| Octobre 1886     | 4040                                                 |
| Novembre 1906    | 3700                                                 |
| Mars 1836        | 3600                                                 |
| Novembre 1935    | 3600                                                 |
| Janvier 1994     | 3300                                                 |
| Novembre 1840    | 3250                                                 |
| Octobre 1841     | 3160                                                 |
| Novembre 1898    | 3100                                                 |
| Octobre 1924     | 3020                                                 |
| Novembre 1994    | 3000                                                 |
| Mai 1917         | 3000                                                 |
| Novembre 1951    | 2850                                                 |

**Tableau 8 : Historique des crues de Durance (Schéma d'aménagement SOGREAH 2001)**

## **4 ETUDE HYDROLOGIQUE**

### **4.1 RAPPEL SUR LES PHENOMENES MODELISES**

L'aléa d'inondation sur la commune de Barbentane peut être lié à trois phénomènes différents :

- Les risques d'inondation liés aux apports de la Montagnette affectant essentiellement le centre ville
- Les risques d'inondation en cas de rupture de digue du Rhône
- Les risques d'inondation en cas de rupture de digue de Durance sur la commune (digue CNR)
- Les risques d'inondations indirectes liés aux apports venant de Rognonas en cas de rupture de digue de Durance à l'amont de la commune.

C'est pourquoi, il est nécessaire d'évaluer les différents débits caractéristiques (Q10 et Q100 ou le débit le plus fort observé) des crues de la Durance, du Rhône et des petits bassins versants de la Montagnette.

La détermination de l'aléa d'inondation se base sur le débit de référence centennal ou bien la plus forte crue observée si celle ci est supérieure.

Par ailleurs, la nécessité de modéliser l'aléa d'inondation lors d'une rupture de digue du Rhône ou de Durance impose de simuler l'impact de l'onde de crue en régime transitoire. Les variations de niveaux à l'intérieur des digues lors des crues de références du Rhône et de la Durance doivent donc être connues dans le temps. L'objet de l'étude n'étant pas de modéliser la propagation des crues de la Durance et du Rhône mais seulement de voir l'impact de l'inondation en cas de rupture de digue, l'analyse hydrologique sur la Durance et le Rhône consistera donc à estimer, à l'aide d'études comportant des modélisations hydrauliques existantes, les variations de niveaux à l'intérieur des digues lors des crues de référence (crue décennale et centennale ou crue la plus forte observée).

## **4.2 DETERMINATION DES DEBITS DE REFERENCE DES CRUES DU RHONE**

### **4.2.1 Analyse de l'étude globale des risques du Rhône**

L'analyse de l'étude globale des risques dus aux crues du Rhône, réalisée pour le Territoire Rhône, montre la difficulté à attribuer aux crues du fleuve une période de retour précise. En effet, les crues du Rhône peuvent être liées à des événements climatiques très différents comme par exemple :

- Une crue de la Saône correspondant à une dépression océanique
- Une crue du Bas Rhône correspondant à un événement méditerranéen ou cévenol faisant réagir très fortement des affluents comme la Durance, les Gardons ou encore l'Ardèche.

A partir de différents scénarios simulés, trois ont été dégagés comme les plus proches des crues caractéristiques estimées à la station hydrométriques de Beaucaire.

A droit de Barbentane (aval confluence Durance), on retiendra les débits caractéristiques suivants :

| Période de retour | Débit du Rhône           |
|-------------------|--------------------------|
| 10 ans            | 8240 m <sup>3</sup> /s   |
| 150 ans           | 11 890 m <sup>3</sup> /s |
| 1000 ans          | 14 400 m <sup>3</sup> /s |

**Tableau 9 : Débits caractéristiques retenus pour le Rhône**

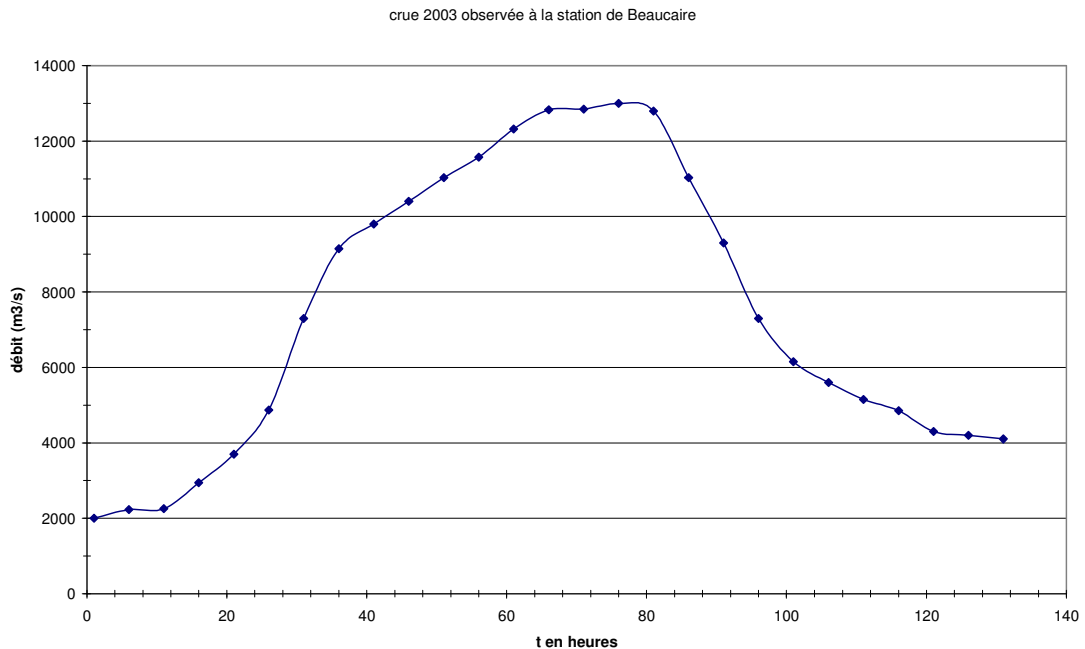
### **4.2.2 Crue de décembre 2003**

La crue de décembre 2003 est la plus importante observée depuis les aménagements réalisés par le CNR.

Le système d'alerte de crue sur le Rhône, comportant des capteurs limnimétriques ainsi que des stations hydrométriques (station de Beaucaire notamment), a permis de suivre cette crue.

L'hydrogramme observé à la station de Beaucaire est le suivant :





Le pic de crue a été observé le 04 décembre vers trois heures du matin. La crue a alors atteint **13 000 m³/s**.

Pour mémoire, en 1994 le pic de crue n'était que de 11 300 m³/s.

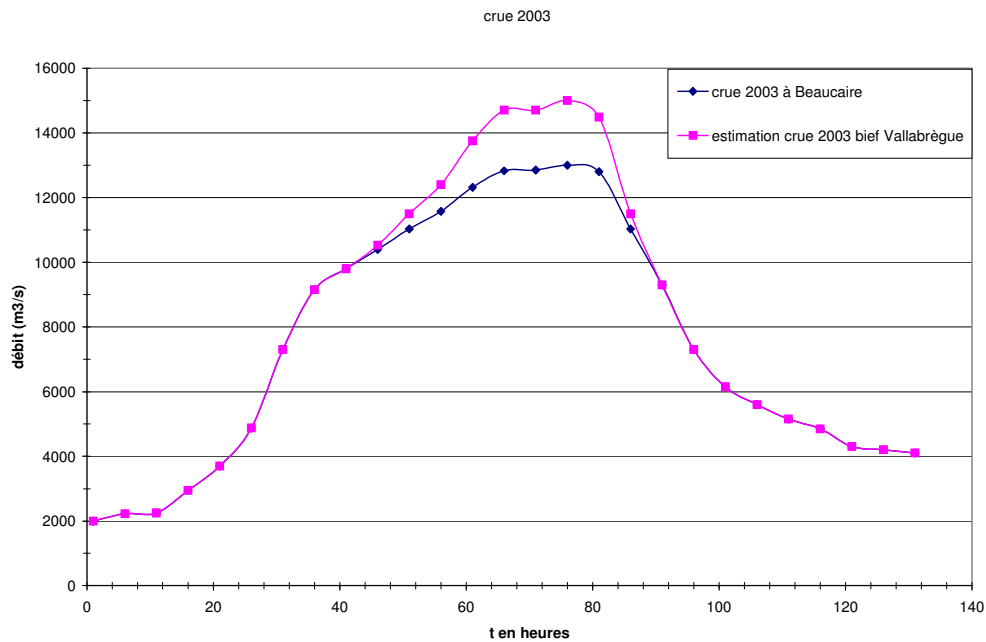
La période de retour de la crue de décembre 2003 peut donc être estimée à 350 ans environ.

Cependant l'estimation du débit de crue à Beaucaire prend implicitement en compte l'effet amont du déversoir dans la plaine de Boulbon, surversant dès 9 800 m³/s. Au plus fort de la crue, le débit s'échappant par le déversoir de Boulbon a été estimé à 2 000 m³/s.

Ainsi, au droit de Barbentane le débit de crue a sans doute atteint les **15 000 m³/s**.

Afin de reconstituer l'hydrogramme de crue du Rhône en amont du barrage de Vallabrègue, le débit déversé au droit de Boulbon a été estimé pour chaque pas de temps, selon une loi de déversoir latéral (largeur du déversoir = 500 m environ).

Les débits reconstitués sont donc les suivants :



**Rq importante :** Cette estimation des débits de crue dans le bief de Vallabrègue ne tient pas compte de l'apport intermédiaire du Gard, elle surestime ainsi sans doute le débit de crue réel. Cependant, étant donné le décalage observé entre le pic de crue du Gard et celui du Rhône, l'apport intermédiaire de l'affluent a sans doute été modeste (200 à 500 m<sup>3</sup>/s au maximum).

#### **4.2.3 Débits retenus**

La crue de référence retenue sur le Rhône pour la détermination de l'aléa en cas de rupture de digues sera celle de décembre 2003 car c'est la plus forte observée et elle est estimée supérieure à la crue centennale.

Dans la retenue de Vallabrègue, c'est à dire au droit de Barbentane, le niveau d'eau est contrôlé par le barrage aval. Cependant, il n'existe pas de capteur limnimétrique sur ce bief. Les capteurs les plus proches se situent :

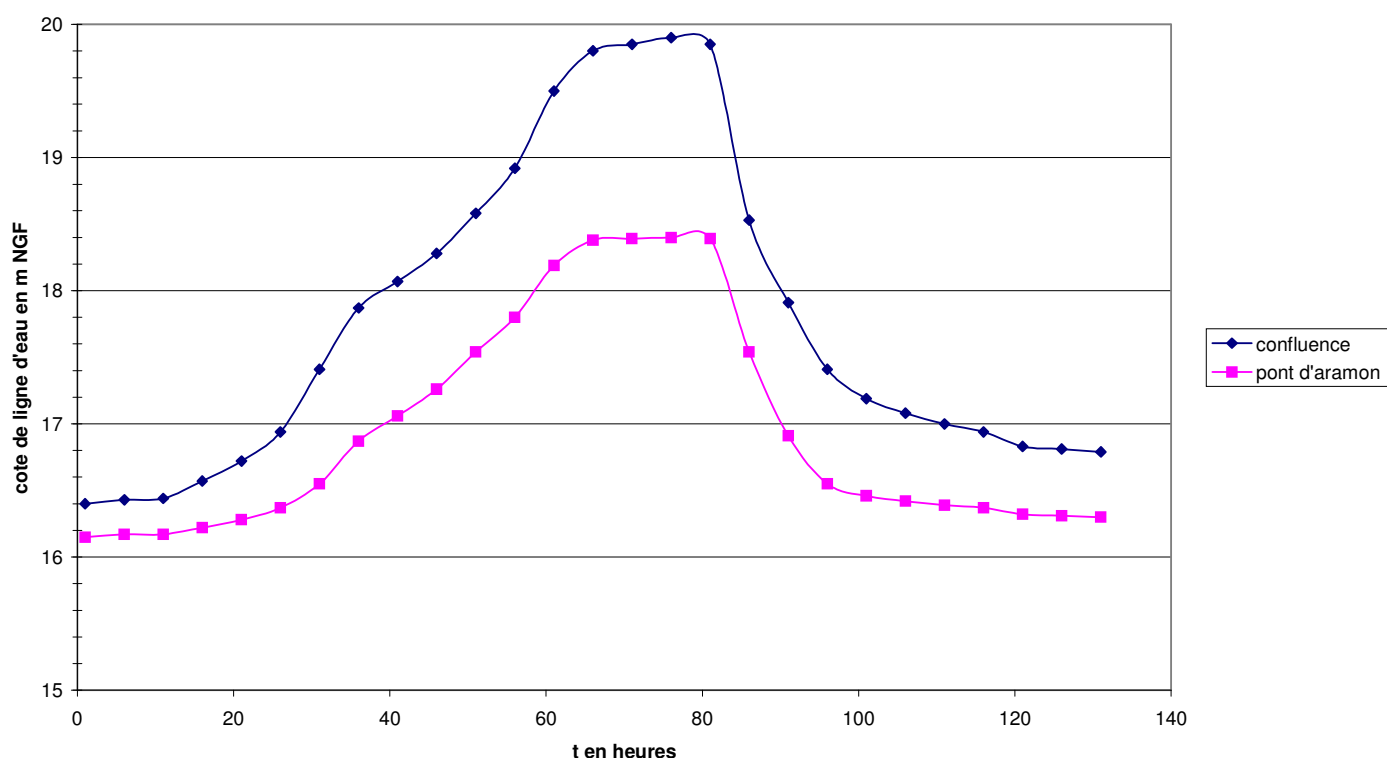
- A l'aval du barrage de Bonpas sur la Durance
- A l'aval de l'usine d'Avignon sur le Rhône
- Au droit du barrage de Vallabrègues

En l'absence de données limnimétriques exploitables au droit de Barbentane pour la crue de 2003, la reconstitution des niveaux a été réalisée à l'aide des résultats de la modélisation CNR pour différentes crues (crues forte, moyennes et très forte).

Les résultats obtenus, pour les deux points extrêmes du linéaire sur la commune de Barbentane, (Point amont : confluence Durance et Point aval : pont d'Aramon) sont les suivants :

Les niveaux maximums retenus pour le Rhône lors du pic de crue sont donc les suivants :

**niveaux du Rhône estimés dans le bief de Vallabrègue lors de la crue décembre 2003**



| Localisation                             | Niveaux maximum retenus | Cote de la Digue |
|------------------------------------------|-------------------------|------------------|
| <b>Confluence Durance<br/>(PK 247,8)</b> | 19.81 m NGF             | 21.3m NGF        |
| <b>Pont d'Aramon<br/>(PK 252.3)</b>      | 18.38 m NGF             | 20.7m NGF        |

**Tableau 10 : Niveaux maximums retenus le long des digues CNR du Rhône**



#### **4.3 DETERMINATION DES DEBITS DE REFERENCE DES CRUES DE LA DURANCE**

Suite à l'analyse des différentes études concernant les crues de la Durance et compte tenu du débit de référence pris en compte lors des aménagements récents et des projets d'aménagements (voie LEO notamment), les débits de référence retenus pour la détermination de l'aléa sont :

$$Q_{10 \text{ ref}} = 3\,000 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{100 \text{ ref}} = 5\,000 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{excep}} = 6\,000 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le débit centennal retenu est d'ailleurs très similaire au débit estimé lors de la plus grosse crue historique de 1882 (5100 m<sup>3</sup>/s estimé par M.PARDE).

#### **4.4 CONCOMITANCE DE CRUES DE LA DURANCE ET DU RHONE (MODELISATION DE LA COURBE DE REMOUS)**

Le projet de réalisation de la liaison routière Est-Ouest (voie LEO) reliant la plaine des Angles à l'Ouest d'Avignon à la RN7 au Sud Est d'Avignon prévoit un double franchissement de la Durance entre le viaduc PLM et l'embouchure au Rhône ainsi qu'à l'amont du Pont de Rognonas. Ce projet fait l'objet d'études hydrauliques sur le secteur afin de connaître l'impact des futurs ouvrages de franchissement ainsi que des remblais prévus sur les crues de la Durance.

Une de ces études, réalisée par le cabinet SOGREAH en 2003, s'est attachée à modéliser les crues de la Durance depuis le seuil 68 en amont du pont suspendu de Rognonas jusqu'à l'aval du seuil CNR. Les 2 km de linéaire aval concernent ainsi la commune de Barbentane.

Les hypothèses hydrologiques retenues pour la modélisation sont les suivantes :

$$Q_{10} = 3\,000 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{100} = 5\,000 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{excep}} = 6\,000 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pour mener les calculs, la connaissance de la condition aval au niveau du Rhône est nécessaire.

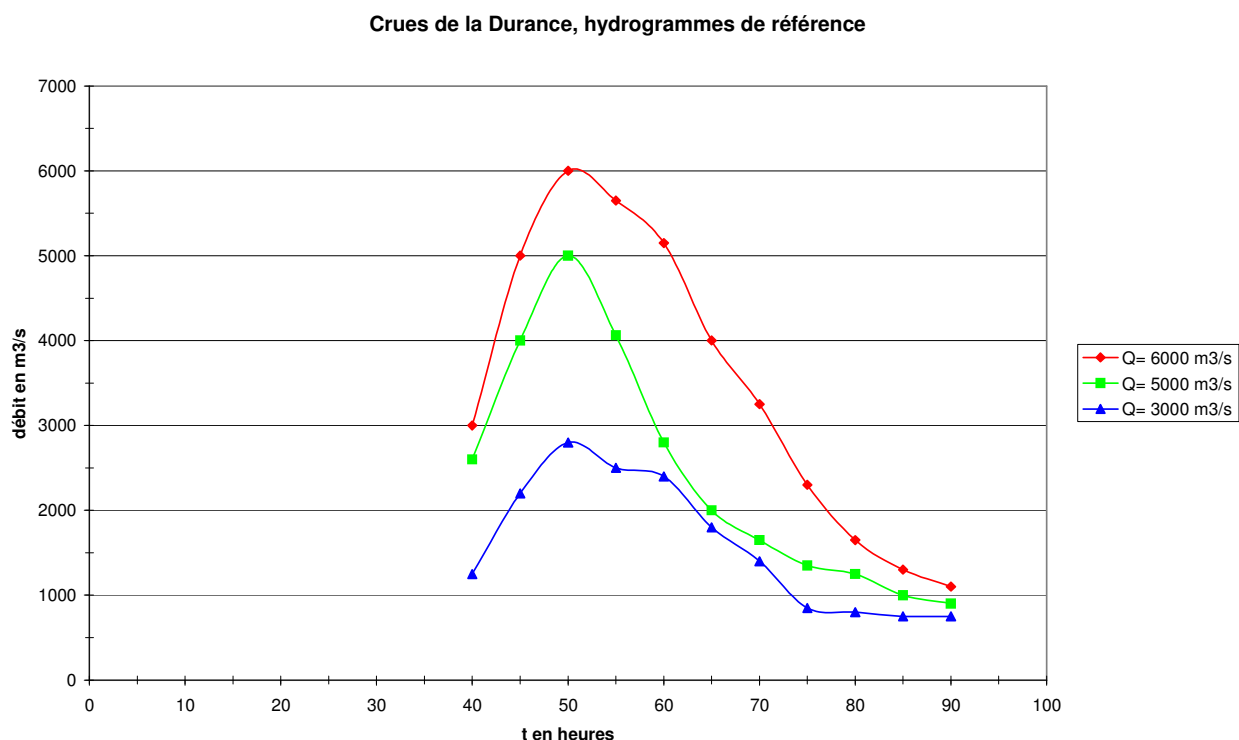
Pour les très fortes crues de 5 000 et 6 000 m<sup>3</sup>/s, il paraît raisonnable de considérer un niveau aval correspondant à une crue centennale du Rhône à l'aval du confluent de la Durance.

A 3 000 m<sup>3</sup>/s (Q10), le niveau aval a été repris des observations de la crue de janvier 1994 (qui a atteint 11 000 m<sup>3</sup>/s sur le Rhône aval, mais pas en absolue concomitance avec le Durance).

| Débit Durance                                   | Débit Rhône              | Niveau du Rhône au confluent | Niveau 600 m à l'aval du seuil CNR |
|-------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| 3 000 m <sup>3</sup> /s<br>crue de janvier 1994 | /                        | /                            | 18.8 m NGF                         |
| 5 000 m <sup>3</sup> /s                         | 11 200 m <sup>3</sup> /s | 18.7 m NGF                   | 19.7 m NGF                         |
| 6 000 m <sup>3</sup> /s                         | 11 200 m <sup>3</sup> /s | 18.7 m NGF                   | 20 m NGF                           |

**Tableau 11 : Niveaux maximums retenus le long des digues CNR de la Durance**

Selon l'étude, les hydrogrammes modélisés sont les suivants :



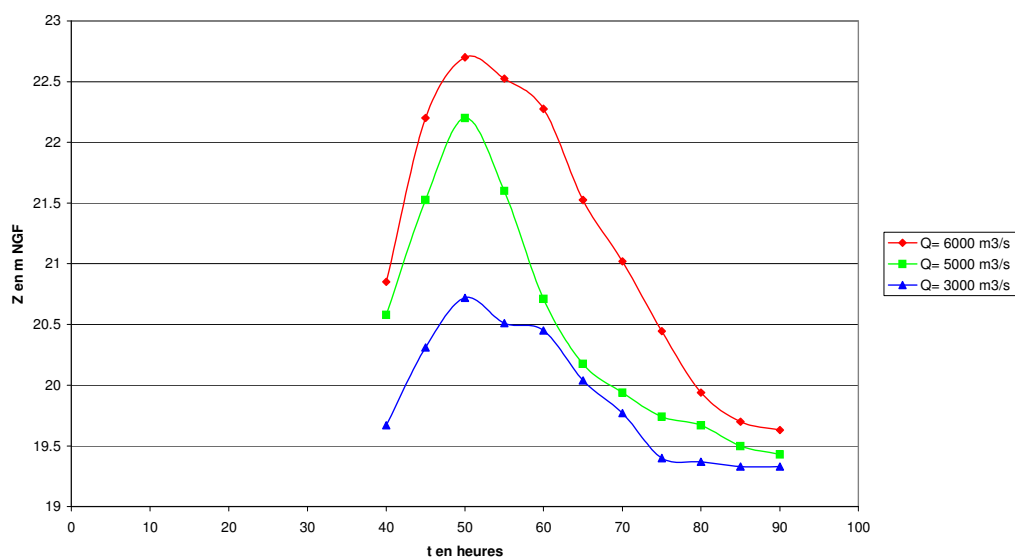
Afin de simuler une rupture de digue de Durance au droit de Barbentane, il est nécessaire de connaître les variations de niveaux observées pour ces crues de référence (crue décennale, centennale, exceptionnelle).

Etant donné l'absence de station limnimétrique ayant pu mesurer ces variations lors des grosses crues ( $Q_{100}$ ,  $Q_{\text{excep}}$ ), celles-ci ont été calculées à partir des hydrogrammes de références de l'étude SOGREAH de 2003 ainsi qu'à partir des niveaux obtenus par la modélisation de différents débits de crue lors de cette même étude.

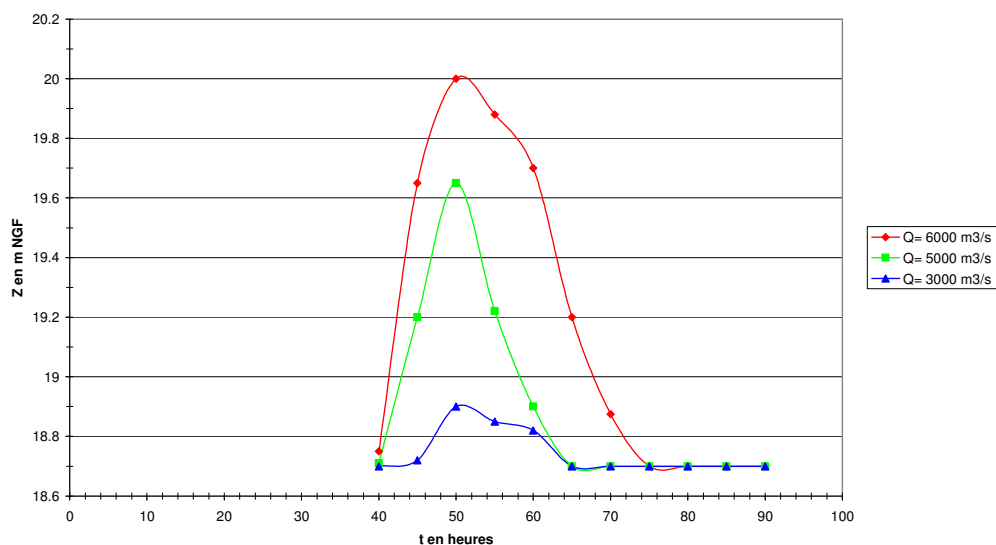
Les cotes atteintes correspondent à un écoulement de la rivière dans son lit endigué.

Les résultats obtenus juste en aval du pont PLM ainsi qu'à l'aval du seuil CNR sont les suivants :

cote de la ligne d'eau en aval pont PLM pour les crues de référence



variations de niveau en aval du seuil CNR lors des crues de Durance



Compte tenu du caractère récent de l'étude SOGREAH ainsi que des hypothèses hydrologiques conformes aux hypothèses retenues préalablement dans notre étude. Les niveaux de références pour la simulation de la rupture de digue (aléa centennal) seront conformes à ceux obtenus précédemment pour  $Q = 5\,000\text{ m}^3/\text{s}$ .



#### **4.5 ESTIMATION DES DEBITS DE REFERENCE ISSUS DE LA MONTAGNETTE**

##### **4.5.1 Caractéristiques des sous bassins versants :**

(Cf cartographie planche 3 : Cartographie des bassins versants de la Montagnette)

Concernant les apports liés au ruissellement issu de la Montagnette, une subdivision en sous bassins versants a été réalisée afin de connaître les débits spécifiques correspondant aux principaux axes d'écoulement et talweg marqués ayant pu être repérés grâce aux visites de terrain ainsi qu'à l'analyse de la carte IGN.

Sur le secteur de la Montagnette, le réseau hydrographique est très peu développé, la plupart des eaux de ruissellement sont collectées par des talwegs secs ou bien ruissellent de façon diffuse. Seul le ruisseau du Colombier, récupérant les eaux du secteur sud de la Montagnette, présente un réel lit de cours d'eau. Le colombier rejoint au niveau du carrefour de Saint Joseph, le fossé de la Lone. Ce fossé ceinturant le village récupère l'ensemble des eaux de ruissellement de la Montagnette et du centre ville. Puis serpentant dans la plaine, il se rejette au contre canal longeant le Rhône au droit du secteur de Blégier. Seules les eaux du secteur Ouest de la Montagnette se rejettent directement au fossé bordant la RD35 et rejoignant également le contre canal.

Au niveau du centre ville, le réseau pluvial est quasi absent. Le ruissellement s'effectue donc essentiellement en surface. Un ovoïde (2 X1.2m) longeant la RD77 (route d'Avignon) récupère l'ensemble des eaux du centre ville et une partie des eaux du Colombier pour les rediriger vers la Lone à proximité de la station d'épuration actuelle.

Les différentes caractéristiques des sous bassins versants sont les suivantes :

| <b>BV</b>      | <b>S (km2)</b> | <b>L (km)</b> | <b>Pente (%)</b> | <b>% imper</b> | <b>C10 (%)</b> | <b>Tc (min)</b> |
|----------------|----------------|---------------|------------------|----------------|----------------|-----------------|
| Etang          | 4.33           | 3.12          | 3.5              | 0              | 10             | 84              |
| Carrières      | 2.75           | 3.15          | 2.5              | 0              | 10             | 78              |
| Colombier aval | 0.52           | 2.53          | 0.2              | 0              | 8              | 60              |
| Les Conques    | 0.37           | 0.39          | 18.6             | 0              | 12             | 12              |
| Coteaux Est 1  | 0.05           | 0.47          | 12               | 5              | 15             | 6               |
| Coteaux Est 2  | 0.03           | 0.35          | 16               | 5              | 15             | 6               |

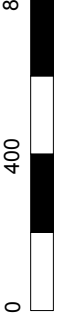


# Planche 3: Cartographie de sous bassins versants de la Montagnette

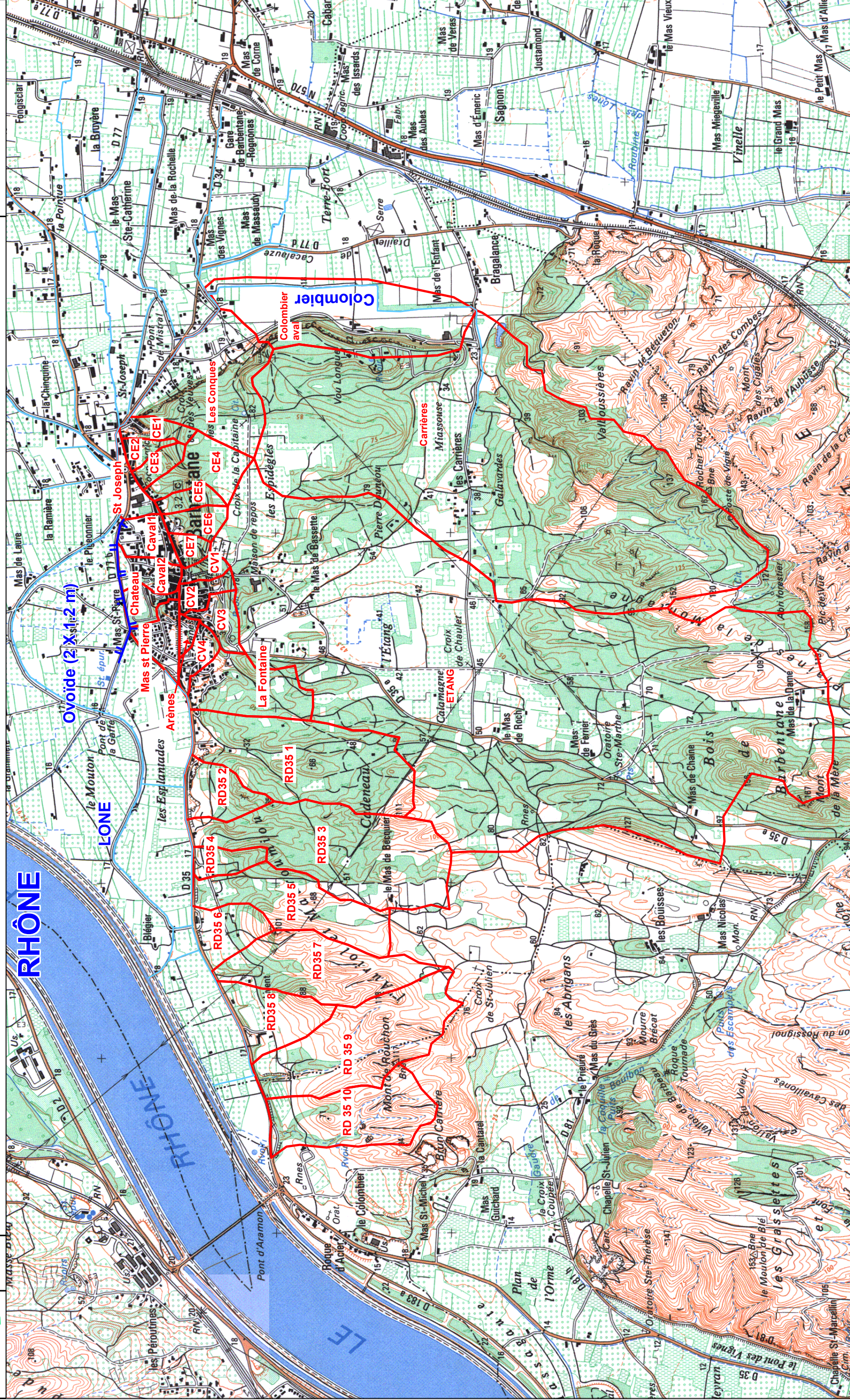
## Cartographie de zones inondables de la commune de BARBENTANE

Etude N° 04-057-13 - Février 2005

Echelle : 1 / 20 000



Fonds de plan : IGN





**IPSEAU**  
Ingénierie pour l'eau, le sol et l'environnement

| BV                  | S (km2) | L (km) | Pente (%) | % imper | C10 (%) | Tc (min) |
|---------------------|---------|--------|-----------|---------|---------|----------|
| Coteaux Est 3       | 0.04    | 0.42   | 14        | 0       | 12      | 6        |
| Coteaux Est 4       | 0.12    | 0.69   | 9         | 0       | 12      | 12       |
| Coteaux Est 5       | 0.04    | 0.46   | 13        | 5       | 15      | 6        |
| Coteaux Est 6       | 0.05    | 0.45   | 13.5      | 0       | 12      | 6        |
| Coteaux Est 7       | 0.03    | 0.32   | 17        | 5       | 15      | 6        |
|                     |         |        |           |         |         |          |
| CVamont1            | 0.03    | 0.29   | 15        | 15      | 23      | 6        |
| CV amont 2          | 0.04    | 0.47   | 8         | 50      | 55      | 6        |
| CV amont 3          | 0.06    | 0.40   | 12        | 20      | 27      | 6        |
| CV amont 4          | 0.02    | 0.96   | 4.6       | 20      | 27      | 6        |
| Arène               | 0.02    | 0.30   | 2.7       | 40      | 45      | 6        |
| La Fontaine         | 0.05    | 0.44   | 2.1       | 40      | 45      | 12       |
|                     |         |        |           |         |         |          |
| carrefour St Joseph | 0.05    | 0.52   | 1.5       | 40      | 45      | 12       |
| CV aval 1           | 0.07    | 0.40   | 3.6       | 30      | 35      | 12       |
| CV aval 2           | 0.06    | 0.35   | 5.5       | 40      | 45      | 6        |
| château             | 0.04    | 0.40   | 5.5       | 35      | 40      | 6        |
| Mas St Pierre       | 0.07    | 0.48   | 4.6       | 40      | 45      | 12       |
|                     |         |        |           |         |         |          |
| RD35 1              | 0.52    | 1.35   | 7.1       | 0       | 10      | 21       |
| RD35 2              | 0.12    | 0.52   | 13        | 0       | 10      | 6        |
| RD35 3              | 0.57    | 1.72   | 5.6       | 0       | 10      | 27       |
| RD35 4              | 0.06    | 0.44   | 9         | 0       | 10      | 6        |
| RD35 5              | 0.29    | 1.23   | 5.2       | 0       | 10      | 18       |
| RD35 6              | 0.11    | 0.47   | 17        | 0       | 10      | 6        |
| RD35 7              | 0.33    | 1.38   | 4.4       | 0       | 10      | 21       |
| RD35 8              | 0.17    | 0.66   | 10        | 0       | 10      | 12       |
| RD35 9              | 0.44    | 1.47   | 4.2       | 0       | 10      | 27       |
| RD35 10             | 0.30    | 1.20   | 8.5       | 0       | 10      | 15       |

**Tableau 12 : Caractéristiques des bassins versants de la Montagnette**

Parmi ces sous bassins versants, on distingue trois types caractéristiques :

- Les petits bassins versants ruraux ( $S < 1 \text{ km}^2$ ) formant les coteaux de la Montagnette et ayant pour exutoire le fossé longeant la RD35 ou bien la rue principale reliant le rond point Saint Joseph au centre ancien. Ces petits bassins, de pente relativement importante (supérieure à 10% en général), sont recouverts d'une végétation à dominante méditerranéenne (bois et garrigue)
- Les bassins ruraux de taille moyenne ( $S > 1 \text{ km}^2$  : Carrière et Etang) de pente plus faible sont recouverts également de bois et garrigue. Ils appartiennent tous deux au réseau hydrographique principal du Colombier.
- Les petits bassins urbains récupérant les eaux du centre ville. Leur pente moyenne est comprise entre 1.5 et 5.5%. Ces bassins ont pour exutoire le collecteur enterré longeant la RD77 se rejetant dans la Lone.

#### **4.5.2 Généralités - Notion de période de retour**

Le caractère aléatoire des crues et des pluies impose une analyse de leur probabilité d'occurrence (ou de fréquence d'apparition).

A chaque débit de projet est associée une fréquence d'apparition  $f$  ou de période de retour  $T$ , définie comme l'inverse de la fréquence :

$$T = \frac{1}{f}$$

La période de retour permet d'apprécier le caractère plus ou moins exceptionnel d'un événement.

Un débit de crue décennal (période de retour  $T = 10$  ans) est par définition un débit qui a une chance sur 10 d'être atteint ou dépassé une année donnée.

En effet, un tel débit est dépassé en moyenne une fois tous les 10 ans sur une longue période.

Pour le riverain d'un cours d'eau, il s'agit d'un débit qu'il verra dépassé 5 à 10 fois dans sa vie en moyenne.



De la même façon, un débit centennal (période de retour  $T = 100$  ans) est un débit qui a une chance sur 100 d'être observé une année donnée, un débit annuel (période de retour  $T = 1$  an) est un débit atteint ou dépassé en moyenne une fois par an, etc...

Il est fondamental de se souvenir que la période de retour d'un événement correspond à une durée moyenne, c'est à dire à une durée statistique ou théorique sans jamais et en aucun cas faire référence à un quelconque cycle.

En effet, une pluie ou une crue décennale peut se produire plusieurs fois au cours d'une décennie comme il peut ne pas s'en produire pendant plusieurs décennies.

Par ailleurs, le fait qu'il vienne de se produire une crue décennale ne modifie en rien la probabilité d'en observer une autre dans la même année (les 2 événements sont dits « indépendants »).

### **4.5.3 Climatologie - Pluviométrie**

#### **4.5.3.1 Caractéristiques climatiques générales**

La plus grande partie du secteur d'étude est situé dans une région dont le climat est à nette tendance méditerranéenne; les fréquentes sécheresses estivales et les orages très violents sont les traits les plus connus.

Les pluies, au regard de la lame d'eau annuellement précipitée, sont de l'ordre de **700 mm**. Elles sont très irrégulières tant d'un mois à l'autre que d'une année à l'autre.

Les principaux apports proviennent de violentes averses à la fin de l'été ou au début de l'automne.

La température moyenne annuelle réduite au niveau de la mer est de l'ordre de 15 °C.

(Source : Atlas Climatique de France)

Plus particulièrement au niveau des précipitations, le climat méditerranéen se caractérise par l'existence de pluies localisées de très forte intensité (plus de 300 mm en quelques heures) qui provoquent souvent des inondations catastrophiques mais de courtes durées.

#### **4.5.3.2 Pluies intenses méditerranéennes**

En région méditerranéenne, la présence de la mer et de massifs montagneux proches, associée à la circulation générale des masses atmosphériques sur l'Europe du Nord sont probablement à l'origine de situations météorologiques spécifiques génératrices de champs pluvieux à très forts potentiels de précipitation et que l'on observe principalement à la fin de l'été et au début de l'automne.

Quelques pluies observées dans le Sud de la France (arc méditerranéen au sens large) permettent de mieux juger, au travers de quelques chiffres, de l'intensité des ces précipitations.

Aix-en-Provence (Bouches-du-Rhône) le 22/09/1993 :

|                    |
|--------------------|
| 71 mm en 30 mn     |
| 130 mm en 1 heure  |
| 168 mm en 2 heures |

Deaux (Gard) le 22/09/1993 :

|                     |
|---------------------|
| 46 mm en 15 mn      |
| 85 mm en 30 mn      |
| 143 mm en 1 heure   |
| 232 mm en 2 heures  |
| 269 mm en 6 heures  |
| 301 mm en 12 heures |
| 307 mm en 24 heures |
| 384 mm en 2 jours   |

Nîmes (Gard) le 03/11/1988 :

|                        |
|------------------------|
| 80 mm en 1 heure       |
| 110 mm en 2 heures     |
| > 220 mm en 3 heures   |
| 300-350 mm en 6 heures |
| > 420 mm en 8 heures   |

(Sources : Inventaire des situations à Précipitations diluviennes sur le Languedoc-Roussillon, la région Provence-Alpes-Cote d'Azur et la Corse ; Météo France (58-94))

S'agissant de pluies intenses mais de courte durée et de taille réduite, ces pluies passent fréquemment au travers des mailles des réseaux ponctuels d'observation.

L'analyse statistique classique des séries pluviométriques locales contribue donc, après calage en probabilité de tels événements lorsqu'ils sont observés, à leur attribuer des périodes de retour exceptionnelles, c'est à dire des probabilités d'occurrence extrêmement faibles.

Or, la recrudescence de tels événements, observés ces dernières années sur le midi méditerranéen, soulève la question de la pertinence des méthodes utilisées pour la connaissance extrapolée des précipitations rares ou extrêmes.

En particulier, on peut se demander s'il est opportun de valider l'information des pluies « courantes » ou « peu rares », pour une estimation fréquentielle des pluies rares ou exceptionnelles, ce qui revient en fait au problème classique en statistique de l'appartenance ou non à la même population des observations contenues dans un échantillon (les pluies exceptionnelles par définition rarement observées et mal connues suivent les mêmes lois statistiques que les pluies moins rares, souvent les seules auxquelles on a accès par les réseaux de mesure).

Si la localisation spatiale de ces événements extrêmes semble, au regard des études actuelles, quelque peu aléatoire, les derniers travaux de recherche en la matière montrent qu'il s'agit en réalité de phénomènes régionalement fréquents mais dont la probabilité d'apparition locale ne peut être estimée de façon fiable à partir des séries d'observation encore trop courtes.

#### **4.5.3.3 Analyse statistique des précipitations intenses**

L'analyse statistique des précipitations intenses peut être réalisée à partir des différents postes d'observation composant ou ayant composé le réseau de mesure. Les données sont cependant très hétérogènes, tant en ce qui concerne la situation géographique (altitude, exposition...) du poste de mesure, que sa période d'observation ou encore que les pas de temps des enregistrements auxquels il permet d'avoir accès (journalier pour les pluviomètres et beaucoup plus fin - inférieur à l'heure - pour les pluviographes ou les stations automatiques).



Les principales valeurs caractéristiques que l'on peut dégager, à partir des différentes sources d'information disponibles, sont données ci-dessous :

a/ Précipitations maximales journalières

Les précipitations maximales journalières sont importantes à connaître puisqu'elles sont à la base du calcul de débits décennaux pour certaines méthodes (Méthode CRUPEDIX, SOCOSE ou SOGREAH). De plus c'est à partir de ces données que sont interpolées les précipitations maximales de plus courtes durées lorsque l'on ne possède pas de stations à pas de temps fin sur la zone d'étude.

On peut attribuer à ces précipitations journalières une durée de retour.

En ce qui concerne le calcul des débits de référence, il est important de connaître la pluie décennale journalière. Cette pluie non centrée est obtenue à l'aide des stations gérées par Météo France équipées de pluviomètres effectuant des totaux journaliers à heures fixes.

L'ensemble des données disponibles (stations pluviométriques et analyse des pluies de 1 à 10 jours sur 300 postes métropolitains) conduit à retenir une pluie maximale journalière décennale (non centrée) de **110 mm**. La correction de Weiss permet d'estimer la valeur de la précipitation maximale journalière centrée sur l'intensité maximale (durée glissante de 24h) à **126 mm**.

b/ Précipitations maximales sur de courtes durées

Les précipitations maximales sur de courtes durées (c'est-à-dire sur des pas de temps nettement inférieurs à la journée) constituent des données fondamentales lorsqu'il s'agit de prévoir le comportement de petits bassins versants, sensibles aux précipitations orageuses très intenses mais d'assez courte durée.

Malheureusement, ces données ne sont disponibles qu'en de rares postes d'observation, équipés de pluviographes ou de stations automatiques, et demandent souvent à être nuancées ou critiquées car elles ne sont pas toujours forcément les plus représentatives (altitude, exposition...) du secteur d'étude.

**IPSEAU**  
**Ingénierie pour l'eau, le sol et l'environnement**

---

Parmi le réseau de mesure équipant la région étudiée et permettant de disposer d'informations sur un pas de temps inférieur à la journée, on peut retenir notamment les stations d'Aix en Provence et Nîmes Courbessac.

Les valeurs des quantiles de pluies pour différentes durées observées à la station météorologique d'Aix en Provence sur une période de 10 ans allant de 1990 à 2000, et pour des occurrences de 2 ans à 100 ans sont présentées dans le tableau suivant :

| <b>Durée<br/>considérée</b> | <b>Période de retour (an)</b> |          |           |           |           |            |
|-----------------------------|-------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|                             | <b>2</b>                      | <b>5</b> | <b>10</b> | <b>20</b> | <b>50</b> | <b>100</b> |
| <b>15 minutes</b>           | 18                            | 23.5     | 27.6      | 31.7      | 37.1      | 41.2       |
| <b>30 minutes</b>           | 27.4                          | 35.7     | 42        | 48.3      | 56.6      | 62.9       |
| <b>1 heure</b>              | 36.9                          | 49       | 58.1      | 67.2      | 79.3      | 88.4       |
| <b>3 heures</b>             | 49.4                          | 63.9     | 74.9      | 85.9      | 100.4     | 111.4      |
| <b>6 heures</b>             | 57.2                          | 75.3     | 89.1      | 102.8     | 120.9     | 134.7      |

**Tableau 13 : Quantiles de pluie (mm) Station météorologique de Aix en Provence**

Les valeurs des quantiles de pluies pour différentes durées observées à la station météorologique de Nîmes Courbessac sur une période de 38 ans allant de 1964 à 2002, et pour des occurrences de 2 ans à 100 ans sont présentées dans le tableau suivant :

| <b>Durée<br/>considérée</b> | <b>Période de retour (an)</b> |          |           |           |           |            |
|-----------------------------|-------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|                             | <b>2</b>                      | <b>5</b> | <b>10</b> | <b>25</b> | <b>50</b> | <b>100</b> |
| <b>6 min</b>                | 10.8                          | 13.9     | 16        | 18.6      | 20.5      | 22.5       |
| <b>12 minutes</b>           | 15.1                          | 19.8     | 23        | 26.9      | 29.8      | 32.8       |
| <b>30 minutes</b>           | 23.6                          | 31.6     | 37.1      | 43.9      | 48.9      | 53.8       |
| <b>1 heure</b>              | 33                            | 45.1     | 53.2      | 63.5      | 71        | 78.4       |
| <b>2 heures</b>             | 46.1                          | 64.2     | 76.4      | 91.8      | 103.2     | 114.1      |
| <b>3 heures</b>             | 46.6                          | 64.7     | 77        | 92.1      | 103.7     | 115        |
| <b>6 heures</b>             | 55.8                          | 78       | 93        | 111.2     | 125.5     | 139.3      |

**Tableau 14 : Quantiles de pluie (mm) Station météorologique de Nîmes Courbessac**

Les valeurs des quantiles issus des deux stations sont relativement similaires excepté pour les faibles durées ( $t < 30$  minutes) où la station d'Aix donne des valeurs plus élevées.

La spécificité des pluies intenses méditerranéennes (noyaux orageux de taille réduite) les font passer le plus souvent au travers des mailles des réseaux ponctuels d'observation.

De ce fait, il peut être plus judicieux de se rapprocher des valeurs issues d'une analyse régionalisée sur l'ensemble d'une zone reconnue comme climatiquement homogène.

Ainsi, l'Instruction Technique relative aux réseaux d'Assainissement des Agglomérations pour la région III (région méditerranéenne) donne les résultats de quantiles de pluie suivants :

| <b>Durée/Fréquence</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>5</b> | <b>10</b> | <b>20</b> | <b>50</b> | <b>100</b> |
|------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| <b>10 min</b>          | 11.30    | 14.33    | 18.07    | 22.15     | 27.79     | 35.58     | 44.21      |
| <b>15 min</b>          | 13.64    | 17.31    | 22.10    | 27.79     | 34.85     | 44.60     | 55.52      |
| <b>30 min</b>          | 18.82    | 23.91    | 31.17    | 40.98     | 51.29     | 65.63     | 81.97      |
| <b>1h</b>              | 25.96    | 33.02    | 43.98    | 60.41     | 75.51     | 96.58     | 121.00     |
| <b>2h</b>              | 35.81    | 45.60    | 62.04    | 89.06     | 111.15    | 142.12    | 178.62     |
| <b>3h</b>              | 42.12    | 52.97    | 71.77    | 98.84     | 122.69    | 156.91    | 196.67     |
| <b>6h</b>              | 49.93    | 62.76    | 84.99    | 116.95    | 145.35    | 186.00    | 232.98     |
| <b>12h</b>             | 59.18    | 74.35    | 100.65   | 138.39    | 172.21    | 220.49    | 275.98     |
| <b>24h</b>             | 70.15    | 88.09    | 119.19   | 163.75    | 204.03    | 261.38    | 326.93     |

**Tableau 15 : Précipitations maximales journalières en mm (IT région 3)**

Ces valeurs issues de l'approche régionalisées sont quasiment équivalentes aux valeurs obtenues à la station d'Aix en Provence pour des pluies de durée inférieures à 2 heures.

Etant donné les faibles temps de concentration des petits bassins versants de la Montagnette, il semble plus sécuritaire de retenir les quantiles issus de l'approche régionalisée.

#### **4.5.4 Estimation des débits de crue**

##### **4.5.4.1 Débit de pointe instantané décennal des petits bassins versants**

L'estimation du débit de pointe décennal a été réalisée à partir de 3 approches, à savoir :

- application de méthode statistique dite sommaire, type formule CRUPEDIX, SOCOSE, SOGREAH



- application d'une formulation déterministe, type méthode rationnelle, faisant intervenir directement la pluie de projet et le débit qui en résulte,
- Pour les petits bassins urbains à fort coefficient d'imperméabilisation, la méthode de Caquot a également été employée

L'absence de station hydrométriques à proximité, pour des petits bassins versants de même type, ne permet pas une approche par transfert de valeurs caractéristiques.

Les méthodes statistiques dites sommaires (CRUPEDIX, SOCOSE, SOGRÉAH) sont issues de synthèses nationales ou régionales; elles permettent une estimation du débit de pointe instantané décennal des bassins versants ruraux à partir de leurs caractéristiques climatologiques et topomorphométriques.

La méthode rationnelle a l'avantage de faire intervenir directement la pluie de projet et le débit qui en résulte en prenant en compte de façon implicite certaines caractéristiques de base des superficies drainées (temps de concentration par exemple).

$$Q_{10} = C_{10} \times S \times \frac{i(t_c, T=10\text{ans})}{3.6}$$

$i(t_c, T=10 \text{ ans})$  est l'intensité décennale correspondant à une pluie de durée égale au temps de concentration du bassin versant, calculée à l'aide de l'approche pluviométrique régionalisée préalablement retenue.

L'évaluation du temps de concentration  $t_c$  a été réalisée à l'aide de plusieurs méthodes adaptées au type de bassin versant (urbain ou rural).

**IPSEAU**  
Ingénierie pour l'eau, le sol et l'environnement

Les résultats obtenus par les différentes méthodes sont les suivants :

| BV                     | S<br>(km2) | Débit décennal (m³/s) |          |                          |                       |             |                           |
|------------------------|------------|-----------------------|----------|--------------------------|-----------------------|-------------|---------------------------|
|                        |            | SOCOSE                | CRUPEDIX | Sogreah<br>imper         | Sogreah<br>semi imper | Rationnelle | CAQUOT                    |
| Etang                  | 4.33       | 6.45                  | 6.11     | 9.00                     | 5.60                  | 6.27        | Méthode<br>Non<br>adaptée |
| Carrières              | 2.75       | 5.03                  | 4.24     | 5.90                     | 3.70                  | 4.10        |                           |
| Colombier aval         | 0.52       | 1.91                  | 1.12     | Méthodes non<br>adaptées |                       | 0.70        |                           |
| Les Conques            | 0.37       | 0.97                  | 0.86     |                          |                       | 1.53        |                           |
| Coteaux Est 1          | 0.05       | 0.34                  | 0.16     |                          |                       | 0.32        |                           |
| Coteaux Est 2          | 0.03       | 0.25                  | 0.11     |                          |                       | 0.21        |                           |
| Coteaux Est 3          | 0.04       | 0.30                  | 0.14     |                          |                       | 0.22        |                           |
| Coteaux Est 4          | 0.12       | 0.63                  | 0.36     |                          |                       | 0.51        |                           |
| Coteaux Est 5          | 0.04       | 0.31                  | 0.14     |                          |                       | 0.28        |                           |
| Coteaux Est 6          | 0.05       | 0.35                  | 0.18     |                          |                       | 0.29        |                           |
| Coteaux Est 7          | 0.03       | 0.25                  | 0.12     |                          |                       | 0.22        |                           |
|                        |            |                       |          |                          |                       |             |                           |
| CVamont1               | 0.03       | 0.23                  | 0.11     | Méthodes non<br>adaptées |                       | 0.30        | 0.24                      |
| CV amont 2             | 0.04       | 0.32                  | 0.15     |                          |                       | 1.08        | 1.15                      |
| CV amont 3             | 0.06       | 0.36                  | 0.20     |                          |                       | 0.75        | 0.59                      |
| CV amont 4             | 0.02       | 0.28                  | 0.08     |                          |                       | 0.25        | 0.19                      |
| Arène                  | 0.02       | 0.18                  | 0.08     |                          |                       | 0.38        | 0.35                      |
| La Fontaine            | 0.05       | 0.33                  | 0.16     |                          |                       | 0.71        | 0.72                      |
|                        |            |                       |          |                          |                       |             |                           |
| carrefour St<br>Joseph | 0.05       | 0.37                  | 0.18     | Méthodes non<br>adaptées |                       | 0.79        | 0.74                      |
| CV aval 1              | 0.07       | 0.39                  | 0.22     |                          |                       | 0.82        | 0.81                      |
| CV aval 2              | 0.06       | 0.36                  | 0.21     |                          |                       | 1.32        | 1.15                      |
| château                | 0.04       | 0.31                  | 0.16     |                          |                       | 0.83        | 0.74                      |
| Mas St Pierre          | 0.07       | 0.43                  | 0.24     |                          |                       | 1.13        | 1.26                      |
|                        |            |                       |          |                          |                       |             |                           |
| RD35 1                 | 0.52       | 1.62                  | 1.12     | Méthodes non<br>adaptées |                       | 1.39        | Méthode<br>Non            |
| RD35 2                 | 0.12       | 0.55                  | 0.34     |                          |                       | 0.54        |                           |
| RD35 3                 | 0.57       | 1.81                  | 1.21     |                          |                       | 1.37        |                           |
| RD35 4                 | 0.06       | 0.37                  | 0.20     |                          |                       | 0.27        |                           |
| RD35 5                 | 0.29       | 1.14                  | 0.70     |                          |                       | 0.82        |                           |
| RD35 6                 | 0.11       | 0.52                  | 0.33     |                          |                       | 0.51        |                           |

**IPSEAU**  
Ingénierie pour l'eau, le sol et l'environnement

| BV      | S<br>(km <sup>2</sup> ) | Débit décennal (m <sup>3</sup> /s) |          |                  |                       |             |         |
|---------|-------------------------|------------------------------------|----------|------------------|-----------------------|-------------|---------|
|         |                         | SOCOSE                             | CRUPEDIX | Sogreah<br>imper | Sogreah<br>semi imper | Rationnelle | CAQUOT  |
| RD35 7  | 0.33                    | 1.26                               | 0.77     |                  |                       | 0.87        | adaptée |
| RD35 8  | 0.17                    | 0.72                               | 0.45     |                  |                       | 0.57        |         |
| RD35 9  | 0.44                    | 1.51                               | 0.98     |                  |                       | 1.05        |         |
| RD35 10 | 0.30                    | 1.16                               | 0.72     |                  |                       | 0.92        |         |

**Tableau 16 : Débits décennaux obtenus par différentes méthodes sur les bassins versants de la Montagnette**

Pour les bassins ruraux de taille moyenne (Etang, carrière et Colombier), les résultats issus des méthode de SOCOSE, CRUPEDIX, Sogréah « semi imperméable » et la méthode rationnelle sont relativement similaires. Le débit retenu correspondra donc à la moyenne des résultats obtenus par les différentes méthodes.

Pour les petit bassins ruraux ( $S < 1 \text{ km}^2$  : Coteaux Est et RD35), les résultats issus de la méthode de SOCOSE et la méthode rationnelle sont relativement similaires. Par contre la méthode de CRUPEDIX a tendance à sous estimer la débit de pointe. En effet cette méthode n'est pas réellement applicable pour des bassins versant de très petite taille. Le débit retenu correspondra à la moyenne des résultats issus des deux méthodes similaires.

Pour les petits bassins urbain où la méthode de Caquot s'applique, les méthodes de SOCOSE et CRUPEDIX ne sont par réellement adaptées. Le débit retenu correspondra à la moyenne des résultats issus de la méthode rationnelle et la méthode de Caquot donnant des résultats similaires.

Les débits décennaux retenus sont donc les suivants :

| BV             | S (km <sup>2</sup> ) | Q10 (m <sup>3</sup> /s) | débit pseudo spécifique<br>(m <sup>3</sup> /s /km <sup>1.6</sup> ) |
|----------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Etang          | 4.33                 | 6.1                     | 1.9                                                                |
| Carrières      | 2.75                 | 4.3                     | 1.9                                                                |
| Colombier aval | 0.52                 | 1.2                     | 2.0                                                                |
| Les Conques    | 0.37                 | 1.1                     | 2.4                                                                |
| Coteaux Est 1  | 0.05                 | 0.33                    | 3.9                                                                |
| Coteaux Est 2  | 0.03                 | 0.23                    | 3.8                                                                |

**IPSEAU**  
Ingénierie pour l'eau, le sol et l'environnement

---

| <b>BV</b>           | <b>S (km2)</b> | <b>Q10 (m3/s)</b> | <b>débit pseudo spécifique<br/>(m<sup>3</sup>/s /km<sup>1.6</sup>)</b> |
|---------------------|----------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Coteaux Est 3       | 0.04           | 0.26              | 3.5                                                                    |
| Coteaux Est 4       | 0.12           | 0.57              | 3.0                                                                    |
| Coteaux Est 5       | 0.04           | 0.3               | 3.9                                                                    |
| Coteaux Est 6       | 0.05           | 0.32              | 3.4                                                                    |
| Coteaux Est 7       | 0.03           | 0.23              | 3.6                                                                    |
|                     |                |                   |                                                                        |
| CVamont1            | 0.03           | 0.26              | 4.5                                                                    |
| CV amont 2          | 0.04           | 1.12              | 14.0                                                                   |
| CV amont 3          | 0.06           | 0.66              | 6.3                                                                    |
| CV amont 4          | 0.02           | 0.24              | 5.5                                                                    |
| Arène               | 0.02           | 0.36              | 8.9                                                                    |
| La Fontaine         | 0.05           | 0.71              | 8.3                                                                    |
|                     |                |                   |                                                                        |
| carrefour St Joseph | 0.05           | 0.76              | 8.1                                                                    |
| CV aval 1           | 0.07           | 0.81              | 6.9                                                                    |
| CV aval 2           | 0.06           | 1.24              | 11.2                                                                   |
| château             | 0.04           | 0.79              | 9.5                                                                    |
| Mas St Pierre       | 0.07           | 1.2               | 9.6                                                                    |
|                     |                |                   |                                                                        |
| RD35 1              | 0.52           | 1.5               | 2.5                                                                    |
| RD35 2              | 0.12           | 0.55              | 3.1                                                                    |
| RD35 3              | 0.57           | 1.6               | 2.5                                                                    |
| RD35 4              | 0.06           | 0.32              | 3.1                                                                    |
| RD35 5              | 0.29           | 1                 | 2.7                                                                    |
| RD35 6              | 0.11           | 0.52              | 3.0                                                                    |
| RD35 7              | 0.33           | 1.07              | 2.6                                                                    |
| RD35 8              | 0.17           | 0.65              | 2.7                                                                    |
| RD35 9              | 0.44           | 1.25              | 2.4                                                                    |
| RD35 10             | 0.30           | 1.04              | 2.7                                                                    |

**Tableau 17 : Débits décennaux retenus sur les bassins versants de la Montagnette**



#### 4.5.4.2 Débit de pointe instantané centennal des petits bassins versants

L'estimation du débit de pointe instantané centennal est relativement délicate. En effet, la méthode de transfert par analogie sur des bassins versants de même type n'est pas réalisable étant donné l'absence de stations hydrométriques sur des bassins versants d'aussi petite taille. La méthode du GRADEX n'est également pas adaptée compte tenu de la taille des bassins versants.

C'est pourquoi, l'estimation du débit centennal de pointe ne sera réalisée que par la méthode rationnelle.

L'application de la méthode rationnelle (intensité de pluie calculée sur le temps de concentration du bassin versant) conduit aux débits centennaux suivants :

**Rq importante** : Les coefficients de ruissellement ont été augmentés selon la méthode SCS pour tenir compte de la saturation des terrains pour des pluies longues et intenses.

| BV             | S (km2) | C100 (%) | Q100 (m3/s) | débit pseudo spécifique<br>(m <sup>3</sup> /s/km <sup>1,6</sup> ) |
|----------------|---------|----------|-------------|-------------------------------------------------------------------|
| Etang          | 4.33    | 22       | 27.63       | 8.6                                                               |
| Carrières      | 2.75    | 22       | 18.09       | 8.1                                                               |
| Colombier aval | 0.52    | 19       | 3.32        | 5.6                                                               |
| Les Conques    | 0.37    | 25       | 6.35        | 14.0                                                              |
| Coteaux Est 1  | 0.05    | 28       | 1.19        | 14.0                                                              |
| Coteaux Est 2  | 0.03    | 28       | 0.77        | 12.8                                                              |
| Coteaux Est 3  | 0.04    | 25       | 0.90        | 12.1                                                              |
| Coteaux Est 4  | 0.12    | 25       | 2.12        | 11.2                                                              |
| Coteaux Est 5  | 0.04    | 28       | 1.03        | 13.6                                                              |
| Coteaux Est 6  | 0.05    | 25       | 1.20        | 12.8                                                              |
| Coteaux Est 7  | 0.03    | 28       | 0.82        | 12.9                                                              |
|                |         |          |             |                                                                   |
| CVamont1       | 0.03    | 37       | 0.98        | 16.8                                                              |
| CV amont 2     | 0.04    | 67       | 2.63        | 32.8                                                              |
| CV amont 3     | 0.06    | 42       | 2.32        | 22.0                                                              |
| CV amont 4     | 0.02    | 42       | 0.77        | 17.7                                                              |
| Arène          | 0.02    | 59       | 0.99        | 24.4                                                              |
| La Fontaine    | 0.05    | 59       | 1.85        | 21.7                                                              |

**IPSEAU**  
Ingénierie pour l'eau, le sol et l'environnement

| BV                  | S (km2) | C100 (%) | Q100 (m3/s) | débit pseudo spécifique<br>(m <sup>3</sup> /s/km <sup>1.6</sup> ) |
|---------------------|---------|----------|-------------|-------------------------------------------------------------------|
| carrefour St Joseph | 0.05    | 59       | 2.08        | 22.2                                                              |
| CV aval 1           | 0.07    | 49       | 2.29        | 19.5                                                              |
| CV aval 2           | 0.06    | 59       | 3.46        | 31.3                                                              |
| château             | 0.04    | 54       | 2.23        | 26.7                                                              |
| Mas St Pierre       | 0.07    | 59       | 2.97        | 23.8                                                              |
| RD35 1              | 0.52    | 22       | 6.12        | 10.3                                                              |
| RD35 2              | 0.12    | 22       | 2.35        | 13.2                                                              |
| RD35 3              | 0.57    | 22       | 6.02        | 9.4                                                               |
| RD35 4              | 0.06    | 22       | 1.19        | 11.5                                                              |
| RD35 5              | 0.29    | 22       | 3.61        | 9.8                                                               |
| RD35 6              | 0.11    | 22       | 2.25        | 13.1                                                              |
| RD35 7              | 0.33    | 22       | 3.82        | 9.4                                                               |
| RD35 8              | 0.17    | 22       | 2.48        | 10.5                                                              |
| RD35 9              | 0.44    | 22       | 4.63        | 8.9                                                               |
| RD35 10             | 0.30    | 22       | 4.04        | 10.7                                                              |

**Tableau 18 : Débits centennaux retenus sur les bassins versants de la Montagnette**

## **5 RECUEIL D'INFORMATIONS- APPROCHE HISTORIQUE**

### **5.1 ENQUETE REALISEE AUPRES DE LA COMMUNE**

Un questionnaire portant sur les zones inondables a été envoyé à la commune. Par la suite, plusieurs élus ont été consultés afin de récolter le maximum d'information sur les crues passées et les secteurs à enjeux. Par ailleurs, deux journées de visite sur le terrain ont été effectuées en leur présence afin de recenser l'ensemble des laisses de crue existantes sur la commune.

Personnes ayant répondu au questionnaire : Mme LAMBERT (conseillère municipale)

#### **5.1.1.1 Crues historiques du Rhône et de la Durance**

Les crues du Rhône et de la Durance, ayant entraîné des inondations sur la commune de Barbentane, se sont produites avant l'aménagement des Digue CNR dans les années 1960. Depuis, aucune inondation par surverse ou bien par rupture de digues n'a été constatée..

Les dernières grandes crues datent de la première moitié du XX<sup>ème</sup> siècle.

| <b>Cours d'eau</b> | <b>date</b>   | <b>Type d'inondation</b>                             |
|--------------------|---------------|------------------------------------------------------|
| <b>Rhône</b>       | Novembre 1935 | Inondation généralisée                               |
|                    | Novembre 1951 | Inondation généralisée                               |
|                    | Novembre 1960 | Inondation généralisée                               |
| <b>Durance</b>     | Novembre 1935 | Rupture anciennes digues et<br>résurgence localisées |
|                    | Novembre 1951 | Rupture anciennes digues                             |

**Tableau 19 : Crues historiques observées à Barbentane**

En 1935 et 1951, les grandes crues du Rhône ajoutées à des crues plus ou moins importantes de la Durance, ont provoqué des inondations généralisées à l'ensemble de la plaine de Barbentane.

Avant les aménagements CNR, les inondations liées au Rhône étaient donc relativement fréquentes (plusieurs fois par siècle). Au XIX<sup>ème</sup> siècle de nombreuses inondations ont également eu lieu.

Les principaux fossés de drainage de la plaine (Lone et Roubines) constituent les axes d'écoulements principaux. En crue du Rhône, l'eau remontait préférentiellement par la Lone. Les terres situées à proximité étaient donc les premières inondées. Il est important de noter qu'avant les aménagements CNR, les fossés de drainage se rejetaient alors directement au fleuve alors qu'ils rejoignent maintenant le contre canal se rejetant au Rhône à l'aval du barrage de Vallabrègue. Lors de la décrue, ces fossés accélèrent le ressuyage des terres.

Concernant les débordement observés en cas de crue de Durance, il n'existe pas par contre d'axes d'écoulement préférentiels. Cependant, lors de la rupture des anciennes digues en 1935, le canal des Alpines a servi de protection directe pour les terres situées au Sud de celui-ci. Elles ont été par la suite inondées lors du refoulement du Rhône par la Lone et les Roubines. Les terres, particulièrement exposées en cas de crue de Durance, correspondent donc à celles comprises entre la Durance et le canal des Alpines.

L'ensemble des laisses de crues et les mécanismes d'écoulement observés lors des crues historiques sont présentés dans la [planche 4 \(Approche historique\)](#)

#### **5.1.1.2 Ruissellement péri urbain issu de la Montagnette**

Les principaux risques d'inondation liés au ruissellement de la Montagnette proviennent d'une insuffisance de capacité du ruisseau du Colombier. En décembre 2003, la rupture des berges du lit mineur a provoqué l'inondation des quartiers de Bragalance et Terrefort.

D'autres lotissements récents, situés dans le quartier Saint Joseph, « la Chinquine » ou encore « la Ramière » ont été également inondés. Ces inondations sont pour la plupart liées au mauvais entretien du réseau de fossés ainsi qu'aux apports du centre ville non canalisés.

En décembre 2003, le quartier situé au sud de la RD77 et à l'est du château a également été inondé par 30cm d'eau environ. Le ruissellement provenait du centre ville et des coteaux amonts.

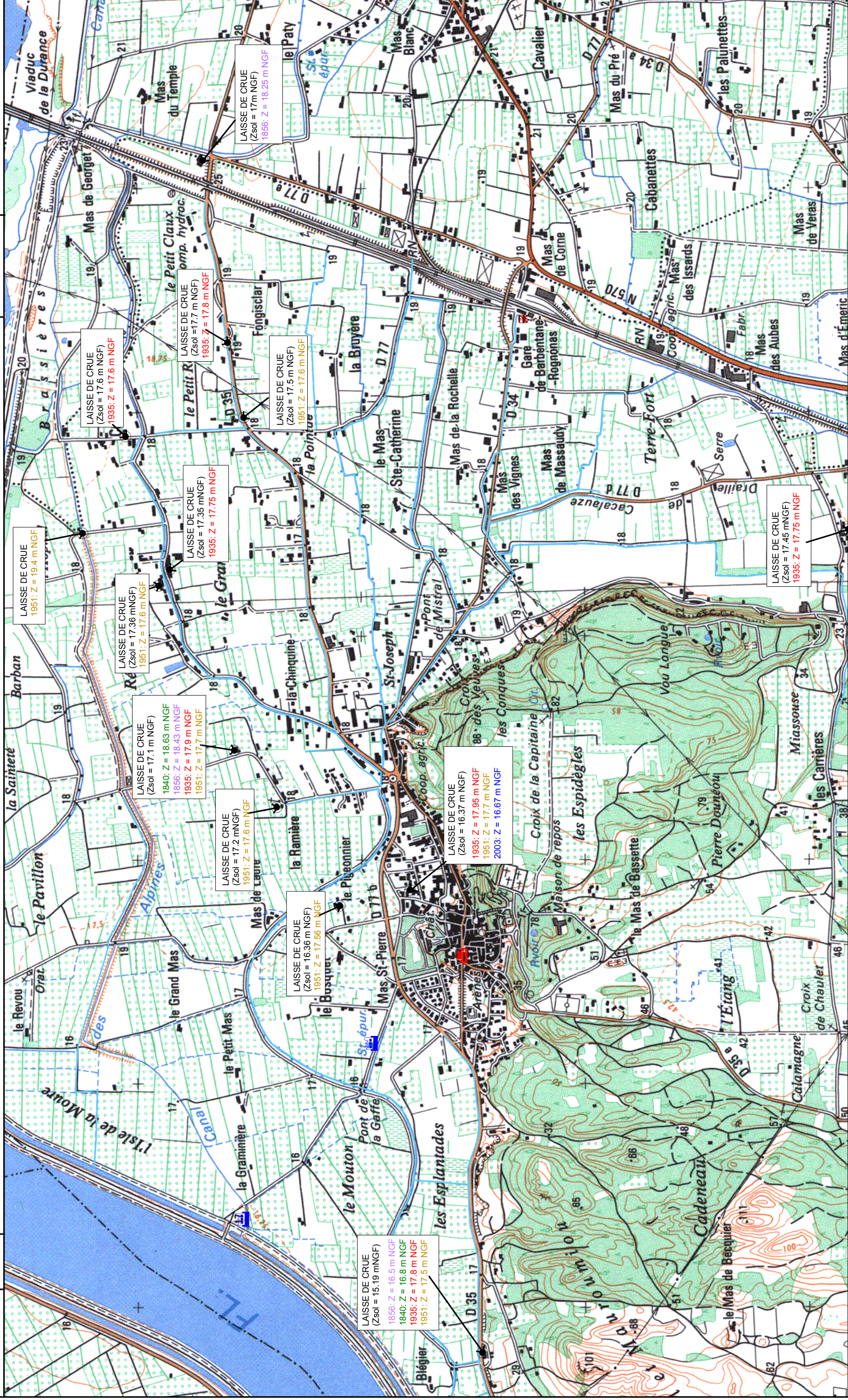


## Cartographie de zones inondables de la commune de BARBENTANE

**Echelle : 1 / 15 000**



**Fonds de plan : IGN**





#### **5.1.1.3 Secteurs à enjeux**

L'ensemble de l'habitat dispersé dans la plaine est potentiellement soumis à un risque d'inondation en cas de rupture de digues. Avant les aménagement CNR, l'ensemble de la plaine a déjà été submergée. Les hauteurs d'eau variaient de 20 cm à plus de 2 mètres vers le pont d'Aramon (quartier de Blégier). Un certain nombre de nouveaux lotissements, notamment de plein pied, construits après les aménagements CNR et situés dans le bas du village, aggravent la vulnérabilité en cas de rupture de digue par rapport aux crues du passé

Certains équipement sensibles sont présents dans cette plaine comme :

- La station de relevage AEP
- La station d'épuration actuelle (mas Saint Pierre) ainsi que la nouvelle (la Graminière)

## **5.2 SYNTHESES DES CRUES OU EVENEMENTS PLUVIEUX DE REFERENCE**

Les dernières crues de référence ayant provoqué des inondations importantes datent de 1935 et 1951.

Selon les enquêtes de terrain, la majeure partie de la plaine de Barbentane fut inondée pendant plusieurs semaines. Les hauteurs d'eau observées furent très variables (de 30 cm à 2 m pour les points bas).

La crue de 1935 fut plus importante que celle de 1951. La différence de hauteur observée est de l'ordre de 20 cm en moyenne.

Ces deux grosses crues ont pour origine une montée lente et progressive du Rhône remontant par les fossés de drainage (Lone et Roubine). De ce fait, l'étendue de la crue et de son champ d'inondation dépend des côtes atteintes par le Rhône lors de la pointe de crue mais également de la durée de la crue et son épaisseur. Plus celle-ci est longue, plus le casier formé par la plaine de Barbentane a le temps de se remplir. En effet, avant les aménagements CNR, des petites digues existaient déjà mais elles étaient facilement submersibles et de mauvaise tenue.

Lors de la crue de 1951, la Durance a également débordé hors de son lit endigué (digue antérieures non comparables aux digues CNR actuelles). Le canal des Alpines formant une deuxième digue a servi de protection supplémentaire pour les terres situées au sud. La digue formée par le canal n'a jamais été de mémoire d'homme submergée.

Les laisses de crues relevées sur le terrain ont permis de reconstituer l'étendue des zones inondables observées.

## **6 APPROCHE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE**

Une cartographie hydrogéomorphologique existait déjà sur la plaine de Barbentane, celle-ci a été réalisée par Geosphair dans le cadre de l'atlas des zones inondables de la moyenne et basse Durance en 2002. Nous avons complété cette cartographie sur les vallons affluents en provenance de la Montagnette et réalisé des retouches de détail de la bordure de la plaine alluviale fonctionnelle que nous estimons un peu plus large que dans l'atlas réalisé par Geosphair. Enfin le lit moyen du Rhône a été étendu à la lumière de la carte hypsométrique.

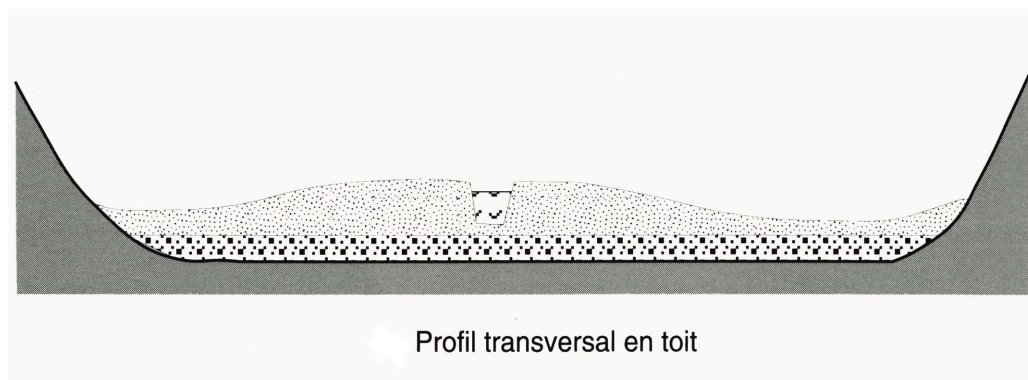
### **6.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE DE LA COMMUNE**

Le territoire de la commune de Barbentane se compose de deux grandes unités topographiques :

- la plaine du Rhône et de la Durance au Nord et à l'Est,
- et le massif de la Montagnette sur le reste du territoire communal.

La plaine du Rhône et de la Durance est une vaste plaine alluviale correspondant en totalité à la plaine alluviale moderne du fleuve et de son affluent, ce qui en fait par conséquent une zone naturellement inondable par ces cours d'eau. La dénivelée de la plaine, du Nord-Est au Sud-Ouest, est d'approximativement 5 m. En effet son altitude absolue est de près de 19 m NGF au niveau du barrage sur la Durance et d'un peu plus de 14 m NGF près du Pont d'Aramon. Cette plaine est drainée par un réseau de roubines.

Les altitudes les plus fortes de la plaine s'observent en bordure du lit de la Durance et les moins fortes en bordure du relief de la Montagnette. Le profil en travers de la plaine au niveau de la Durance montre une organisation du type lit en toit (voir figure ci-dessous)



**Lit en toit**  
**(in MASSON, GARRY et BALLAIS, 1996)**



Les points bas constituent des axes d'écoulement en crue dans la plaine. Tandis qu'un axe est dirigé d'Est en Ouest vers le Rhône, l'autre est dirigé vers le Sud. Cet axe, dirigé vers le Sud et passant à l'Est du Massif de la Montagnette correspond à un ancien cours du Rhône et de la Durance (daté du Flandrien d'après la carte géologique).

Le massif de la Montagnette constitue un plateau karstique qui se caractérise par un réseau hydrographique de vallons secs.

Le contact entre la plaine et le massif de la Montagnette est assuré par un versant d'une dénivelée moyenne de 60 à 80 m. Ce versant est festonné de quelques vallons secs.

En amont du vallon de Bragalance, au cœur du massif existe une dépression endoréique dénommée « l'Etang ».

## **6.2 METHODE DE LA CARTOGRAPHIE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE**

La méthode de cartographie hydrogéomorphologique utilisée pour la détermination des zones inondables a été mise au point par le CETE Méditerranée. En 1996, cette méthode a donné lieu à la publication d'un guide technique (Masson, Garry & Ballais - Cartographie des zones inondables - Approche hydrogéomorphologique - Ed. Villes et terroirs), publié par les Ministères de l'Environnement (Direction de l'Eau) et de l'Equipement (Direction de l'Architecture et de l'Urbanisme).

Les détails de la méthode sont développés dans l'ouvrage précité, auquel nous renvoyons le lecteur. Quelques éléments fondamentaux doivent néanmoins être fournis; ils permettront une meilleure compréhension du travail effectué et des résultats obtenus.

L'approche géomorphologique ne se substitue en aucun cas aux approches hydrologiques et hydrauliques, dans la mesure où elle ne fournit pas les informations relatives aux caractéristiques quantitatives des crues (débit, hauteur d'eau, vitesse d'écoulement...).

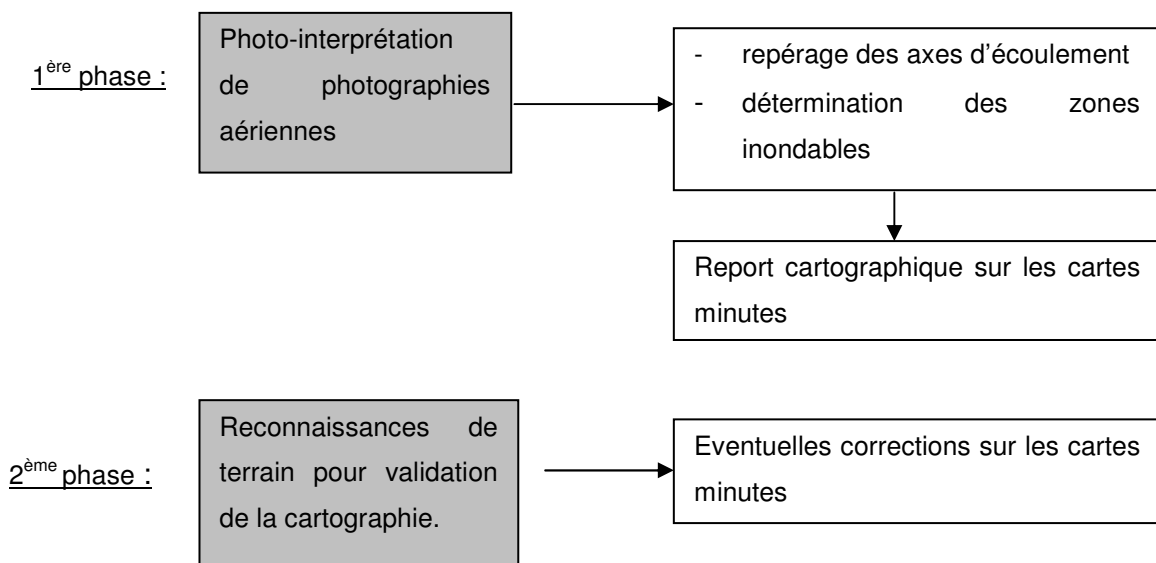
Simple dans sa mise en œuvre, elle permet une reconnaissance précise et rapide des zones soumises à l'aléa inondation, ce qui est souvent difficile et/ou coûteux lorsque ce travail concerne des zones où l'eau ne manifeste sa présence qu'à intervalle de temps très long ou

lorsqu'il faut recourir à des approches techniques élaborées telles que la modélisation hydraulique appuyée sur des levés topographiques.

La cartographie géomorphologique intervient en amont et en complément de ces approches traditionnelles :

- comme approche préalable aux modélisations hydrauliques et à la conception d'ouvrages hydrauliques
- en tant que vecteur d'une réflexion applicable à la gestion des espaces au niveau de l'aménagement du territoire et de la planification (délimitation des zones actuellement urbanisées ou urbanisables soumises au risque inondation par exemple)
- comme base rationnelle d'une politique globale de gestion des eaux allant de problèmes spécifiques à la gestion intégrée de cours d'eau.

### **6.2.1 Méthodologie**



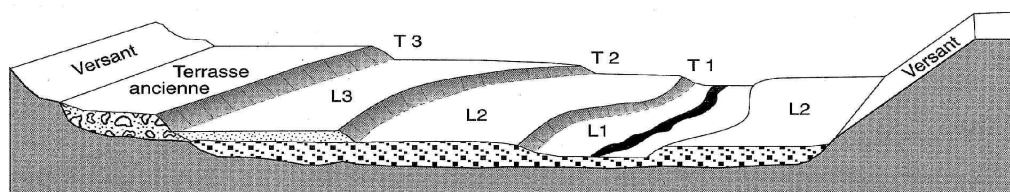
L'approche géomorphologique est basée sur l'observation précise des champs d'inondation résultant du fonctionnement du cours d'eau. Après avoir replacé le tronçon de vallée étudié dans le contexte de son bassin versant, afin de bien comprendre les facteurs déterminants de son fonctionnement (climat, lithologie, pente...), il s'agit d'établir la délimitation précise des unités géomorphologiques significatives du fonctionnement hydrologique du système alluvial, soit :

- le lit mineur, localisé entre les berges, comprenant le lit d'étiage et correspondant à l'écoulement des eaux hors crue,

- le lit moyen résultant du débordement des crues relativement fréquentes, schématiquement annuelles à décennales en principe (mais pouvant être portées en réalité, pour l'état actuel, à vingtennales, trentennales..., voire moins fréquentes encore lorsque des aménagements hydrauliques conséquents, tels que des recalibrages, ont modifié les écoulements naturels). En termes hydrodynamique, cet espace correspond généralement à la zone de mobilité historique du cours d'eau ; c'est-à-dire à l'espace de divagation du lit mineur. Le risque érosif dû aux écoulements en crue y est élevé. Lorsque la sédimentation en bordure du cours d'eau est élevée, on peut voir apparaître un bourrelet de berge qui « remplace » le lit moyen. Lorsque cette sédimentation se produit également en lit mineur, on observe une configuration de « lit en toit » (cas de la Durance à l'état naturel).
- le lit majeur submersible par des crues rares à exceptionnelles (décennale à centennale et au-delà).

Des axes secondaires d'écoulement en crue dans les plaines alluviales sont également distingués. Ces informations apportent une dimension hydrodynamique importante à une bonne appréciation du risque inondation car à proximité de ces axes, les vitesses sont généralement plus rapides et les hauteurs d'eau plus importantes que dans le reste de la plaine alluviale.

Les unités physiques du cours d'eau définies ci-dessus (ou unités hydrogéomorphologiques) sont généralement séparées par des talus qui délimitent naturellement au sein de la plaine alluviale moderne, l'enveloppe des champs d'inondation.



- |                                                                                                                                             |                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Limons de crues                                         |  Talus |
|  Alluvions sablo-graveleuses de plaine alluviale moderne |                                                                                             |
|  Alluvions sablo-graveleuses de terrasse ancienne        |                                                                                             |
| L1 - Lit mineur                                                                                                                             | T1 - Limite des crues non débordantes                                                       |
| L2 - Lit moyen                                                                                                                              | T2 - Limite du champ d'inondation des crues fréquentes                                      |
| L3 - Lit majeur                                                                                                                             | T3 - Limite du champ d'inondation des crues exceptionnelles                                 |

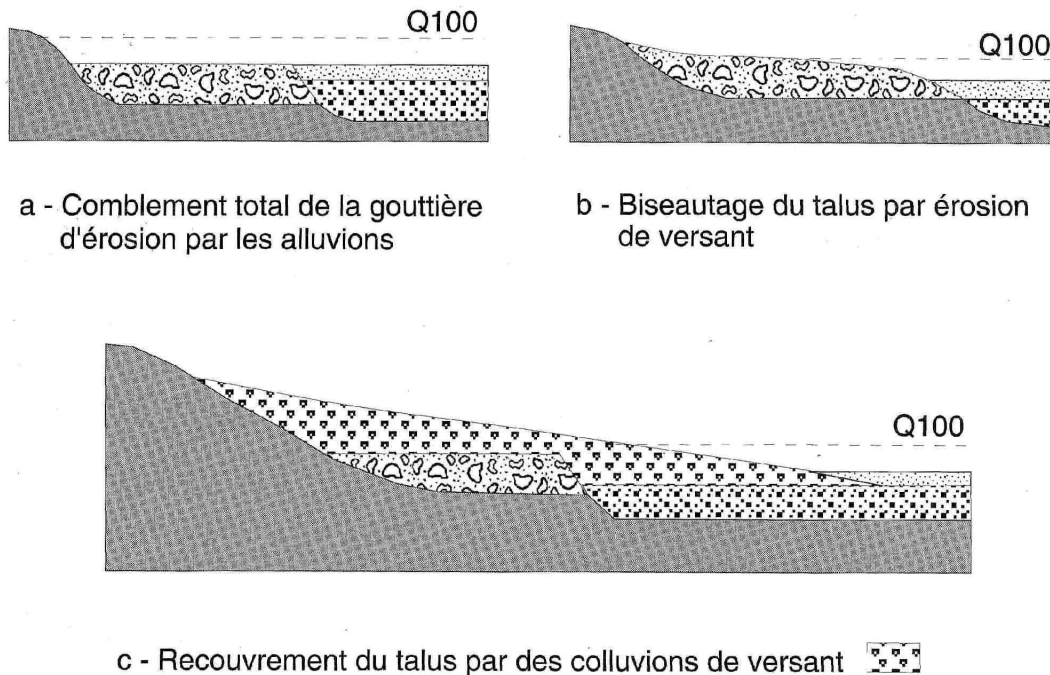
**Relations topographiques entre les différents lits**

(in MASSON, GARRY et BALLAIS, 1996, Cartographie des zones inondables  
- Approche hydrogéomorphologique, éd. Villes et Territoires)

Ce travail d'observation relativement long et difficile sur le terrain est nettement facilité par le recours à la photo-interprétation stéréoscopique. Dans le cas présent la cartographie a été effectuée par photo-interprétation de photographies aériennes (1992 - échelle 1/20 000 – Aerial).

L'utilisation de cette technique permet, par l'identification des différents indices déjà cités, de restituer ces limites de zones soumises à l'aléa inondation (le pouvoir discriminant de la photo-interprétation est couramment de 0.5 m et varie selon l'échelle de prise de vue).

Une certaine imprécision peut apparaître lorsque la plaine alluviale présente un relief très doux ce qui rend plus difficile la délimitation du lit majeur au contact des reliefs encaissants, ou la délimitation entre les différents lits (figure suivante).



**Cas d'effacement de la limite extrême de la plaine alluviale moderne**

(in MASSON, GARRY et BALLAIS, 1996)

Dans ce cas, l'identification des unités hydrogéomorphologiques peut s'appuyer sur des critères autres que la topographie, tels que l'occupation du sol, l'organisation du parcellaire ou la disposition des réseaux de drainage.



### **6.2.2 L'influence des aménagements**

L'écoulement naturel des crues peut être fortement perturbé par les aménagements anthropiques tels que les digues, les remblais d'infrastructure routière, les terrassements liés à l'urbanisation, etc... C'est pourquoi la cartographie s'attache à répertorier les aménagements.

Les remblais d'infrastructures routières constituent des obstacles à l'écoulement des crues et sont susceptibles d'aggraver les inondations en amont.

### **6.3 LA SITUATION DU TERRITOIRE COMMUNAL FACE AU RISQUE D'INONDATION**

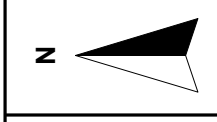
(cf cartographie planche 5-A et 5-B : Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables)

Les aménagements du Rhône et de la Durance ont modifié de manière importante le risque d'inondation sur la commune. Le fleuve a été endigué sur toute sa longueur afin de mieux satisfaire aux usages de la navigation fluviale, des aménagements hydroélectriques et de la lutte contre les inondations. La Durance a aussi été endiguée. **Toutefois, le parti pris de la méthode hydrogéomorphologique est de cartographier le risque comme si les aménagements n'existaient pas c'est-à-dire le risque naturel.** Il est en effet important de conserver en mémoire ce risque qui n'est pas forcément totalement écarté dans la mesure où une rupture de digue peut être envisagée. C'est pourquoi les aménagements pouvant avoir un impact positif comme négatif sur les inondations sont toutefois également cartographiés afin d'apprécier le risque potentiel actuel.

La situation géographique de la plaine de Barbentane, au niveau de la confluence de la Durance avec le Rhône, est particulièrement propice aux inondations fréquentes et à des évolutions morphodynamiques particulièrement actives.

Toute la plaine bordière du massif de la Montagnette est d'ailleurs suivie par un axe d'écoulement et globalement les cotes du terrain naturel de la plaine sont moins élevées en bordure du massif. Il est donc possible qu'un ancien cours du Rhône soit venu épouser la bordure nord du massif de la Montagnette par le passé. Cette hypothèse paraît d'autant plus probable que les défluvations historiques du fleuve sont légion. Les inondations du secteur





## Planche 5: Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Cartographie des zones inondables de la commune de Barbantane

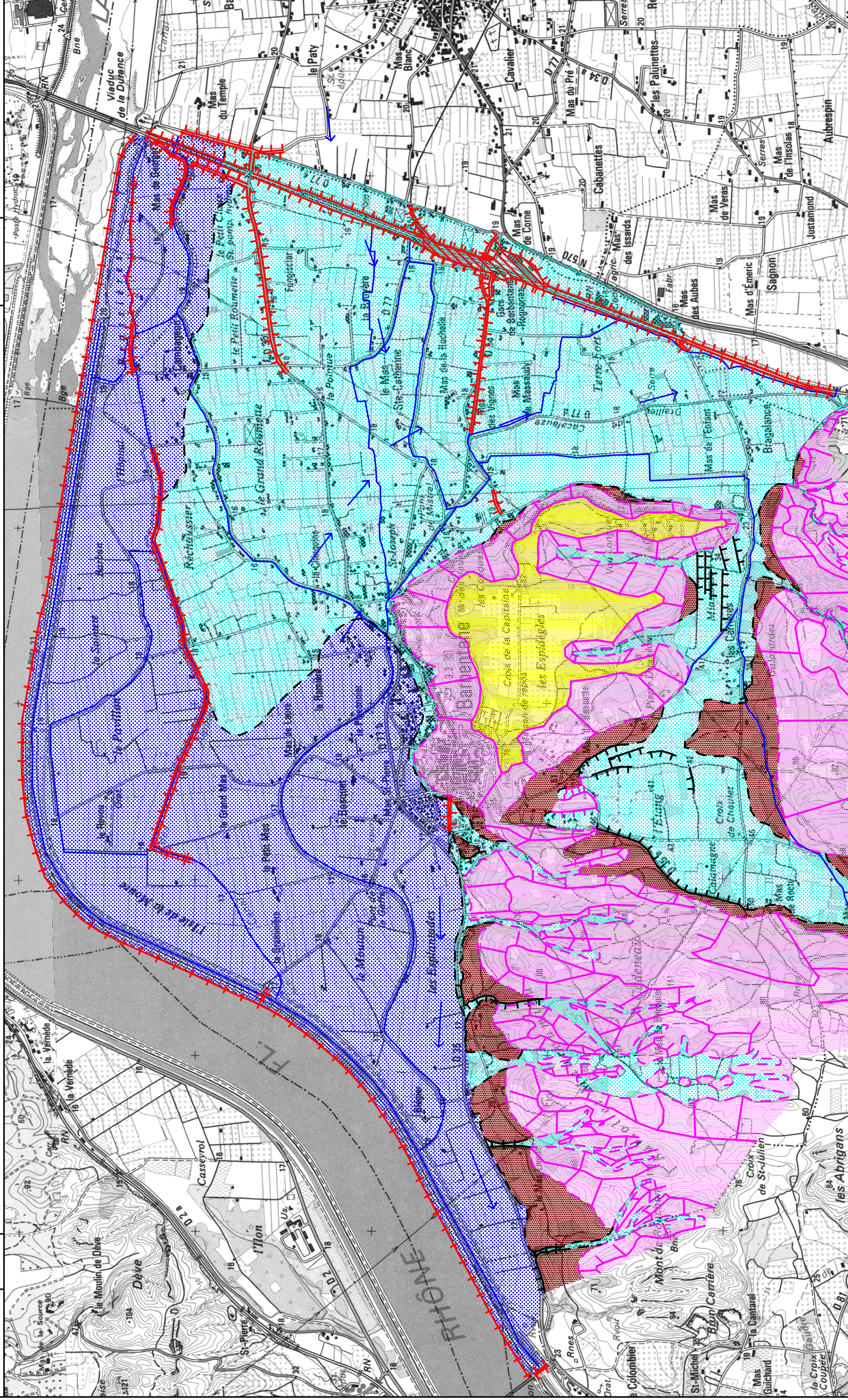
Etude N° 04-057-13 - Février 2005

# A

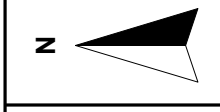
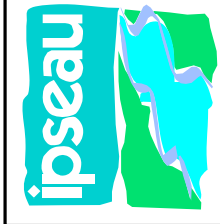
Echelle : 1 / 20 000



Fonds de plan : IGN







## Planche 5: Cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Cartographie des zones inondables de la commune de Barbantane

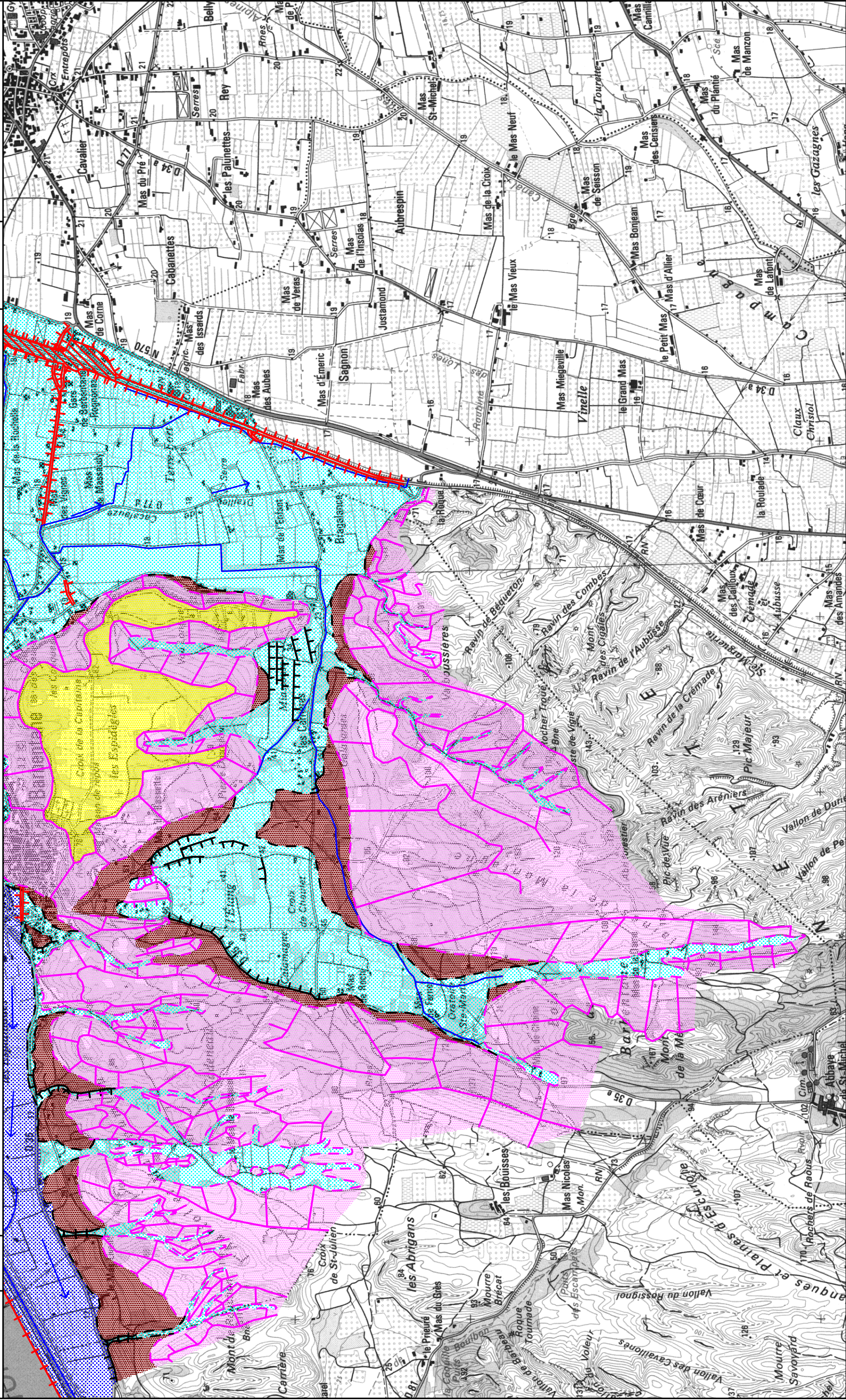
Etude N° 04-057-13 - Février 2005

# B

Echelle : 1 / 20 000



Fonds de plan : IGN







# Légende de la cartographie hydrogéomorphologique des zones inondables

Cartographie des zones inondables de la commune de Barbentane

Etude N° 04-057-13 - Février 2005

## Unités hydrogéomorphologiques actives

|                                                                                   |            | <u>Correspondances</u>                 |                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                                                   |            | <u>Périodes de<br/>Retour</u>          | <u>Hydrodynamisme</u>                      |
|  | Lit mineur | < ou = 1an<br>1 à 10 ans<br>voire plus | Zone de grand écoulement<br>et de mobilité |
|  | Lit moyen  |                                        |                                            |
|  | Lit majeur | Rares à<br>exceptionnelles             | Champs d'expansion<br>des crues            |

## Limites morphologiques et structures secondaires

|                                                                                     |                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|  | Versant                  |
|  | Talus net                |
|  | Talus peu net            |
|  | Axe d'écoulement en crue |

## Terrains encaissants

|                                                                                      |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
|  | Terrasse alluviale |
|  | Versant (substrat) |
|  | Colluvions         |

## Éléments d'occupation du sol ayant un rôle hydrodynamique

|                                                                                     |                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  | Remblai                                              |
|  | Remblais d'infrastructures (route, voie ferrée, ...) |
|  | Digues                                               |



avant aménagement du Rhône devaient être fréquentes. Toutes ces constatations nous poussent à considérer que la plaine dans ce secteur correspond au lit moyen du fleuve.

En terme de risque, en dehors de la fréquence des inondations, cette définition de lit moyen implique des hauteurs d'eau qui peuvent être importantes mais surtout des vitesses d'écoulement plus ou moins importantes. La délimitation du lit moyen du Rhône est ici en grande partie basée sur les altitudes de la carte hypsométrique puisque aucun talus net ne permet de le délimiter de manière stricte.

La délimitation du lit moyen de la Durance stricto sensu est plus délicate car celui-ci au lieu d'être encaissé dans la plaine alluviale fonctionnelle est remplacé par un « lit en toit » caractéristique d'une forte dynamique sédimentaire naturelle de la Durance avant les aménagements. Conformément à la cartographie réalisée par Geosphair nous avons conservé la limite du lit moyen de la Durance qui correspond à la partie surélevée du lit en toit en bordure de lit mineur. Le « lit moyen » de la Durance est de ce fait plus haut que le lit majeur.

La définition du risque naturel telle qu'elle est exposée sur la cartographie hydrogéomorphologique est à confronter avec l'endiguement des cours d'eau, qui s'il n'empêche pas les inondations sur la commune, en diminue la gravité. **En ce sens, le risque actuel si les digues ne cèdent pas est très éloigné de la gravité qu'il pouvait avoir par le passé. Il convient toutefois de conserver en mémoire la nature et l'ampleur du risque naturel.**

Les vallons en provenance de la Montagnette sont également à l'origine de zones inondables associées à leurs crues. Quelques habitations sont parfois situées dans la zone inondable par ces vallons.

Le vallon le plus important est celui qui « draine » les eaux de débordement de la dépression endoréique de l'Etang. Cette dépression est en majorité alimentée par deux vallons en provenance du Sud : celui du Mas de la Dame et du Mas de Chainé. La carte ancienne de Cassini montre encore la présence d'un étang dans cette dépression. Celui-ci est maintenant asséché puisque mis en culture et n'est en eau que lors des pluies importantes. L'assèchement de l'étang semble avoir été réalisé par suppression des apports des vallons cités précédemment. Un bief de dérivation a été réalisé afin d'en détourner les eaux vers la

plaine à l'Est. Si ce bief réussit à assécher la dépression en temps ordinaire, lors de périodes pluvieuses importantes celle-ci peut toutefois être inondée.

La morphologie de bordure de cette dépression montre l'existence d'un exutoire pour les plus hautes eaux de cette dépression vers l'Est. La topographie du vallon qui sert d'exutoire a été perturbée par des carrières et par les aménagements agricoles en restanques qui rend la détermination des zones inondables particulièrement délicate.

## **7 RECONNAISSANCES DE TERRAIN**

Une reconnaissance détaillée du secteur du centre ville ainsi que de la plaine de Barbentane a été réalisée. Elle a permis de déterminer l'existence d'axes préférentiels d'écoulement notamment sur le secteur du centre ville et de repérer les ouvrages ou aménagements pouvant influencer sur les conditions d'écoulement.

Sur le secteur du centre ville, les caractéristiques des rares collecteurs pluviaux ont été relevées. Ces levés de terrains ont été complétés par un nivellement sommaire afin de connaître les pentes précises des canalisations et des rues afin de calculer leur capacité et leur degré d'insuffisance compte tenu des apports.

Dans la plaine, les ouvrages hydrauliques principaux de rejet des Lones ainsi que du contre canal (ouvrage de traversée au droit du pont d'Aramon) ont été également levés afin de connaître leur capacité de vidange.



## **8 TOPOGRAPHIE**

Afin de modéliser précisément les écoulements dans la plaine en cas de rupture de Digue ainsi que les écoulements issus de la Montagnette dans le centre ville, les résultats du relevé topographique par procédé photogrammétrique au 1/2000, réalisés dans le cadre PPR inondation de la Durance ont été exploités.

Dans le secteur du centre ville, ces données ont été complétées par de nouveaux levés sommaires permettant d'estimer les pentes moyennes des rues formant les axes d'écoulement principaux.

## **9 ETUDE HYDRAULIQUE**

L'origine de l'aléa d'inondation sur la commune de Barbentane est de trois natures différentes, à savoir :

- L'aléa d'inondation lié au ruissellement pluvial issu de la Montagnette. Ce type d'événement affecte essentiellement le secteur du centre ville situé en pied de coteaux.
- Le risque d'inondation de la plaine en cas de rupture de digue de Durance. Ce type d'événement n'est envisageable qu'en cas de destruction accidentelle de la digue CNR, compte tenu de son caractère insubmersible pour une crue centennale où la crue la plus forte observée
- Le risque d'inondation de la plaine en cas de rupture de digue de Rhône. Ce type d'événement n'est envisageable qu'en cas de destruction accidentelle de la digue CNR compte tenu de son caractère insubmersible pour une crue centennale où la crue la plus forte observée

Ces trois origines d'aléa sont bien distinctes. Les phénomènes mis en jeu sont indépendants (orage localisé pour la Montagnettes, crues du Rhône ou de la Durance dans le cas de rupture). Leur concomitance semble peu probable. Par ailleurs, ils n'affectent pas exactement les mêmes secteurs de la commune.

Cependant, la connaissance et la cartographie de l'aléa sur la commune nécessitent de les prendre tous les trois en compte. C'est pourquoi, chaque événement a été étudié individuellement. Pour chacun une cartographie d'aléa partielle a été réalisée.

L'aléa global de synthèse sur la commune correspond lui à un recoupement spatial des trois aléas d'origines différentes.

Compte tenu de la nature différente des trois aléas, chacun a fait l'objet d'une étude hydraulique spécifique qui est présentée ci-dessous.

## **9.1 RUISSELLEMENT PLUVIAL ISSU DE LA MONTAGNETTE**

### **9.1.1 Méthodologie de la modélisation**

Le ruissellement pluvial issu de la montagnette affecte essentiellement le centre ville de la commune de Barbentane situé à flanc de coteaux. Les écoulements sur ce secteur sont canalisés par les rues formant les axes principaux d'écoulement. Il n'existe que très peu de talwegs marqués. La répartition des débits sur ce secteur dans les différentes rues est relativement complexe.

La détermination des caractéristiques d'écoulement sur ce secteur a été réalisées grâce à la mise en oeuvre de plusieurs de plusieurs modèles hydrauliques de type « filaires » ainsi que par des lois hydrauliques simplifiées (Loi de Strickler notamment)

Le calcul des lignes d'eau est réalisé par la mise en œuvre du modèle unidimensionnel (modèle filaire), HEC-RAS 3.1.1 (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System). Ce code de calcul a été développé par la cellule hydrologique de l'US Army Corps of Engineers (USA).

Sa finalité est de modéliser les écoulements en régime permanent, rapidement ou graduellement varié en prenant en compte :

- des écoulements en régime fluvial ou torrentiel,
- des écoulements noyés ou dénoyés sur les seuils et déversoirs,
- le franchissement d'ouvrages de traversée,
- les pertes de charge singulière.
- les calculs ont été conduits en considérant des conditions normales d'écoulement ;

l'hypothèse de formation d'embâcles n'est donc pas retenue.

Les données utilisées sont :

- les profils en travers des différents axes d'écoulement (rues) obtenus grâce aux résultats de la campagne photogrammétrique ainsi qu'aux levés réalisés lors des visites de terrain
- le levé des ouvrages éventuels (réseau pluvial)
- la reconnaissance du site, permettant d'estimer les coefficients de rugosité nécessaires à la caractérisation et à la modélisation des écoulements



### **9.1.2 Données utilisées**

#### **9.1.2.1 Topographie**

La géométrie du modèle a été définie par le profil en long et les différents profils en travers des rues marquant les axes d'écoulements. Ces profils ont été obtenus grâce aux résultats de la campagne photogrammétrique ainsi qu'aux levés réalisés lors des visites de terrain.

Ces levés ont permis :

- D'affiner les pentes caractéristiques des rues
- De lever des profils en travers types notamment au niveau de la forme des chaussées (caniveau central ou caniveaux latéraux)
- De relever la présence des trottoirs ainsi que leur hauteur
- De vérifier la hauteur des seuils des habitations longeant les axes d'écoulements afin de vérifier leur inondabilité potentielle
- De localiser les cours d'habitations fermées afin de déterminer les zones de stockages potentielles

#### **9.1.2.2 Coefficient de rugosité**

La grande difficulté du calcul de capacité réside dans la détermination du coefficient de rugosité  $K_s$  (coefficient de Strickler).

Les coefficients de Strickler, sur le secteur étudié, ont été estimés à partir des observations de terrains (revêtement des rues, cours des habitations, jardins...)

| <b>Nature</b>  | <b><math>K_s</math></b> |
|----------------|-------------------------|
| Rue goudronnée | 50                      |
| Jardins        | 10                      |
| Cours (terre)  | 20                      |

#### **9.1.2.3 Conditions avals**

Il a été supposé que la hauteur d'eau à l'aval des secteurs étudiés était la hauteur normale,

#### **9.1.2.4 Débits modélisés**

Les écoulements provenant de la Montagnette et affectant le secteur du centre ville sont issus des bassins versants CV1 à CV4, CE2 à CE7, Caval 1 et Caval 2, St Joseph, Château, Mas St Pierre, Arènes et La Fontaine.

L'analyse détaillée des différents axes d'écoulement formés par les rues, à l'aide du cadastre mais également des reconnaissances de terrain, montre que chaque bassin versant, mis en évidence dans l'étude hydrologique préalable, ne correspond pas à un unique axe d'écoulement. Une répartition de débit beaucoup plus complexe s'opère à travers les différentes rues.

Cette analyse de la répartition des débits a été réalisée en plusieurs étapes.

Dans un premier temps, les différents axes d'écoulement ont été repérés sur le cadastre et une première analyse de la répartition a été menée à l'aide des données topographiques existantes.

Le principal problème consiste à déterminer la répartition en cas de divergence (2 plusieurs autres branches).

Cette répartition est fonction de plusieurs paramètres topologiques :

- La pente de chaque branche divergente
- La largeur de chaque branche
- L'angle formé entre le flux arrivant et chaque axe de divergence

L'analyse de cette répartition en chaque nœud de divergence a été réalisée à l'aide de la loi de Strickler en faisant l'hypothèse d'une continuité de la cote de la ligne d'eau entre le flux arrivant et les flux divergents.

Cependant, cette première analyse ne tient pas compte des éventuelles conditions particulières pouvant modifier singulièrement cette répartition des écoulements, à savoir :

- Le profil de la chaussée (profil en V ou en toit) pouvant influencer l'axe de la répartition
- Les trottoirs pouvant former des obstacles aux écoulements
- Des obstacles particuliers ne figurant pas sur le cadastre

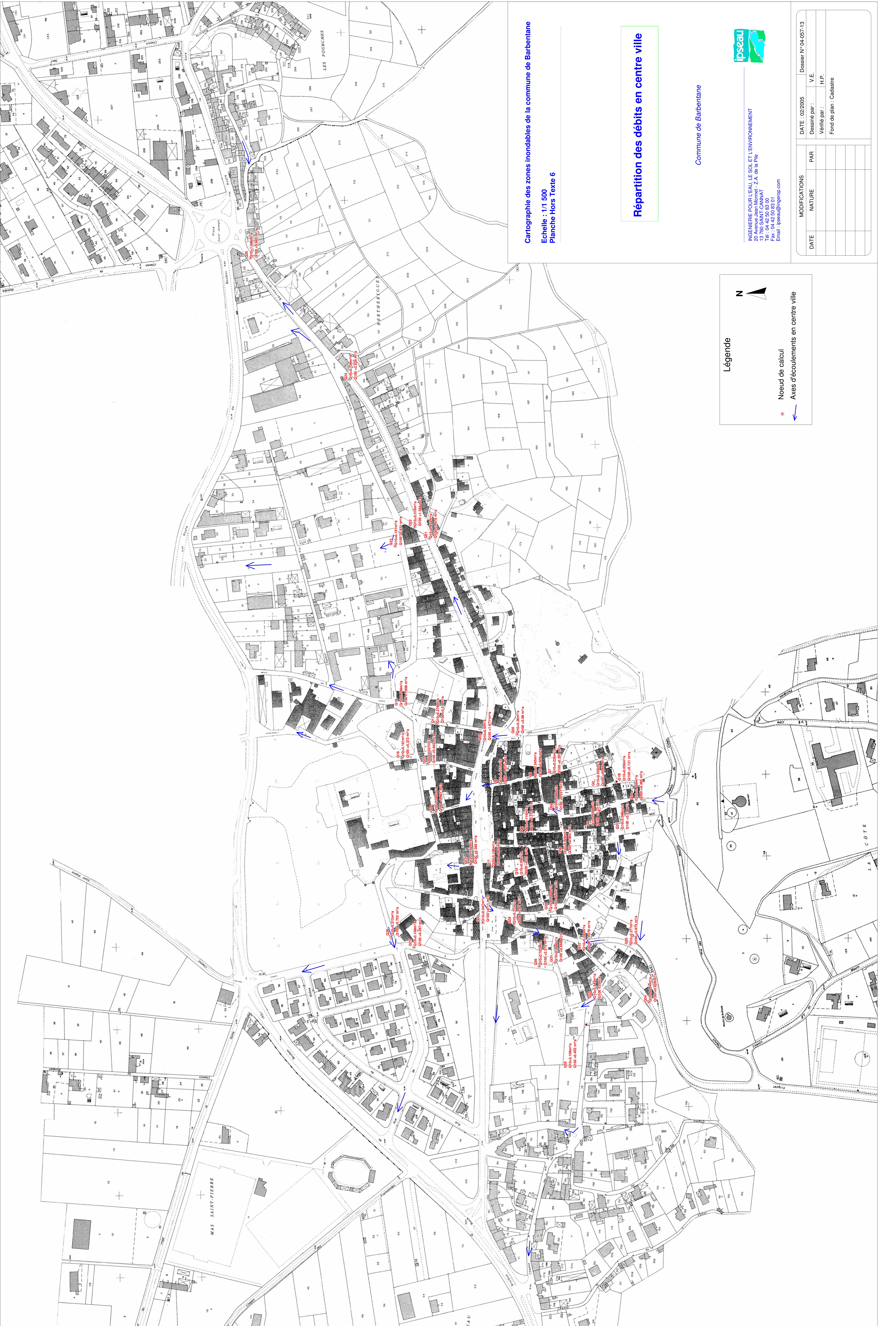
**IPSEAU**  
**Ingénierie pour l'eau, le sol et l'environnement**

C'est pourquoi cette première analyse mathématique a été suivie d'une reconnaissance détaillée du terrain afin d'analyser plus finement la répartition de débit.

La répartition des débits est présentée dans les tableaux suivants ainsi que sur la cartographie Hors Texte. (Cf cartographie planche Hors Texte 6)

| N°         | Localisation                  | Q10 (m³/s) | Q100 (m³/s) |
|------------|-------------------------------|------------|-------------|
| <b>Q1a</b> | Rue du Séguier amont          | 0.168      | 0.395       |
| <b>Q1b</b> | Rue la Caradone est           | 0.056      | 0.131       |
| <b>Q2</b>  | Rue du Puit                   | 0.028      | 0.066       |
| <b>Q3</b>  | Rue la Caradone ouest         | 0.098      | 0.23        |
| <b>Q4</b>  | Rue du Séguier aval           | 0.098      | 0.23        |
| <b>Q5a</b> | Place de l'église             | 0.098      | 0.231       |
| <b>Q5b</b> | Rue Pujade 1                  | 0.028      | 0.065       |
| <b>Q6</b>  | Grande rue amont              | 0.345      | 0.809       |
| <b>Q7</b>  | Rue droite                    | 0.226      | 0.391       |
| <b>Q8</b>  | Rue droite aval               | 0.457      | 1.072       |
| <b>Q9</b>  | Rue Neuve                     | 0.116      | 0.273       |
| <b>Q10</b> | Rue Croix rouge               | 0.09       | 0.21        |
| <b>Q11</b> | Rue du Poty                   | 0.106      | 0.25        |
| <b>Q12</b> | Entrée cour Ecole             | 0.156      | 0.366       |
| <b>Q13</b> | Cour Jean Baptiste Rey ouest  | 0.047      | 0.11        |
| <b>Q14</b> | Rue de Perrientes             | 0.343      | 0.661       |
| <b>Q15</b> | Rue des Moulins               | 0.276      | 0.51        |
| <b>Q16</b> | Rue des Pères de l'Observance | 0.161      | 0.372       |
| <b>Q17</b> | Rue des Rocassons             | 0.276      | 0.51        |
| <b>Q18</b> | Rue du Château                | 0.796      | 1.808       |
| <b>Q19</b> | Avenue de Bertherigue 1       | 0.5        | 1.671       |
| <b>Q20</b> | Chemin de la Pousterie        | 0.26       | 0.98        |
| <b>Q21</b> | Avenue de Bertherigue 2       | 0.454      | 1.978       |
| <b>Q22</b> | Rue de la Glacière amont      | 0.318      | 1.884       |
| <b>Q23</b> | Rue de la Glacière aval       | 0.191      | 0.831       |
| <b>Q24</b> | Avenue de Bertherigue 3       | 0.756      | 2.824       |
| <b>Q25</b> | Avenue de Bertherigue 4       | 1.586      | 5.843       |
| <b>Q26</b> | Rue du Château aval           | 0.312      | 0.752       |
| <b>Q27</b> | Chemin Trouillet 1            | 0.108      | 0.267       |
| <b>Q28</b> | Rue Pujade 2                  | 0.084      | 0.197       |





N

Légende

Noeud de calcul

Axes d'écoulements en centre ville

Cartographie des zones inondables de la commune de Barbeniane

Echelle : 1/1 500

Planche Hors Texte 6

Répartition des débits en centre ville

Commune de Barbeniane



INGENIERIE POUR L'EAU, LE SOL ET L'ENVIRONNEMENT  
20 Avenue Jean Monnet - Z.A. de la Pile  
13 790 SAINT CASIMIR  
Tél : 04 42 50 83 01  
Fax : 04 42 50 83 01  
Email : ipseau@ingerop.com

| MODIFICATIONS |        | DATE | 02/2005                 | Dossier N° | 04-057-13 |
|---------------|--------|------|-------------------------|------------|-----------|
| DATE          | NATURE | PAR  | V.E.                    |            |           |
|               |        |      | H.P.                    |            |           |
|               |        |      | Fond de plan : Cadastre |            |           |



**IPSEAU**  
**Ingénierie pour l'eau, le sol et l'environnement**

| N°  | Localisation               | Q10 (m <sup>3</sup> /s) | Q100 (m <sup>3</sup> /s) |
|-----|----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Q29 | Rue de Frigolet 1          | 0.270                   | 0.770                    |
| Q30 | Rue de Frigolet 2          | 0.277                   | 0.975                    |
| Q31 | Travers Frigolet Trouillet | 0.266                   | 0.668                    |
| Q32 | Chemin Rampaie 1           | 0.281                   | 1.079                    |
| Q33 | Chemin la Fontaine 1       | 0.545                   | 2                        |
| Q34 | Chemin de Rampaie 2        | 0.264                   | 0.928                    |
| Q35 | Chemin la Fontaine 2       | 0.109                   | 0.402                    |
| Q36 | Chemin Trouillet 2         | 0.702                   | 2.275                    |

**Tableau 20 : Répartition des débits dans le secteur du centre ville**

**Remarque importante : Il s'agit d'une répartition réaliste, mais ce scénario peut néanmoins être mis en défaut dans certains secteurs selon leur configuration au moment de la crue (obstacle à l'écoulement notamment qui pourrait entraîner une répartition différente des débits).**

### **9.1.3 Principaux résultats**

L'analyse hydraulique (crue centennale) du ruissellement de la Montagnette en centre ville donne les résultats généraux suivants :

- Dans les secteurs amonts du centre ville (secteurs en pente forte), les hauteurs d'eau observées dans les rues sont généralement inférieures à 20 cm mais les vitesses observées sont importantes (vitesses supérieures à 1 m/s en général). Compte tenu de la présence de trottoirs ainsi que de seuils surélevés par rapport à la rue, la quasi-totalité des habitations sont non inondables. On note néanmoins la possibilité d'entrée d'eau dans certaines habitations ou garage formant ainsi des zones d'eau morte
- Dans les secteurs aval (en pied de coteaux), les hauteurs d'eau observées sont plus importantes (supérieures à 20 cm) mais restent généralement inférieures à 50 cm, excepté dans certaines cours d'habitation formant des zones de stockage. Les vitesses sont faibles ( $V < 0.5$  m/s) excepté sur les axes d'écoulements.

Les résultats de la modélisation dans le secteur aval correspondent bien à la laisse de crue relevée lors des événements de décembre 2003 à proximité de croisement de l'avenue des Ecoles et du chemin du Deyme (30 cm d'eau).

A ces remarques générales, on peut noter également deux points importants :

- La cours de l'école primaire communale et de la crèche, complètement fermée, forme une zone d'eau morte où les hauteurs d'eau peuvent être localement supérieures à 1 mètres. Compte tenu de ce niveau, les bâtiments sont également inondables
- Le même phénomène de stockage se produit également dans la cours d'une habitation située chemin de la Glacière

***Il est cependant important de garder à l'esprit qu'il n'est pas possible de rendre compte très précisément de la réalité compte tenu de tous les facteurs pouvant modifier localement les écoulements.***

## **9.2 RUPTURE DE DIGUES**

Dans la plaine Barbentane, l'aléa d'inondation lié à un phénomène de rupture de Digue est le fruit de plusieurs phénomènes spatialement et temporellement différents :

- Dans un premier temps, la rupture de la Digue va provoquer un phénomène de vague importante à proximité de la Digue. Ce phénomène très rapide, provoque des vitesses et des hauteurs d'eau importantes. Cependant il reste limité aux abords de la Digue. En effet, rapidement la vague s'étalera et les vitesses et les hauteurs diminueront.
- Dans un second temps, compte tenu de la configuration de la plaine formant un casier hydraulique, le débit entrant dans la brèche va progressivement se stocker. Sur les secteurs éloignés de la brèche, le niveau d'eau montera progressivement. Les vitesses seront faibles et la hauteur d'eau maximale atteinte dépend directement du volume entrant dans la brèche et donc indirectement de l'épaisseur de la crue du Rhône ou de la Durance

- Enfin, une fois la décrue amorcée, la plaine se vidangera progressivement, le niveau d'eau baissera et des vitesses d'écoulement importantes pourront être observées à proximité des canaux de vidange (Lones).

Les caractéristiques d'inondation correspondant à chacun de ces trois phénomènes sont bien distinctes. Elles n'ont donc pas été modélisées de façon similaire.

Le résultat de l'aléa d'inondation en cas de rupture est donc une superposition spatiale de ces trois phénomènes.

### **9.2.1 Descriptif des phénomènes d'écoulements dans la plaine**

(Cf cartographie planche 7 : Ouvrages de régulation des écoulements actuels dans la plaine)

Les aménagements CNR et notamment la création des digues de Durance et du Rhône ont totalement modifié le mécanisme des écoulements dans la plaine. Contrairement à autrefois, où la plaine était en connexion directe avec les fleuves, elle forme maintenant un réel « Casier Hydraulique ».

Les écoulements y sont confinés par divers aménagements :

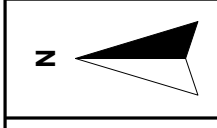
- Au Nord et à l'Ouest les digues de Durance et du Rhône
- A Sud la Montagnette
- A l'Est le remblai formé par la voie de chemin de fer

Seuls quelques exutoires de taille réduite permettent l'écoulement des eaux de ruissellement de la plaine. Il s'agit :

- Du contre canal drainant l'ensemble de la plaine et longeant les digues du Rhône, celui-ci franchit au Sud le remblai formé par le pont d'Aramon par un ouvrage CNR formé de deux pertuis.
- De l'ouvrage de franchissement sous la voie SNCF de la route reliant Barbentane à Graveson.

Le contre canal est alimenté par l'ensemble des Roubines : la Lone formant le fossé principal ainsi que le Canal des Alpines. L'ensemble des ces fossés de drainage se rejettent



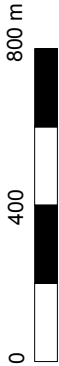


# Planche 7: Ouvrages de régulation des écoulements actuels dans la plaine

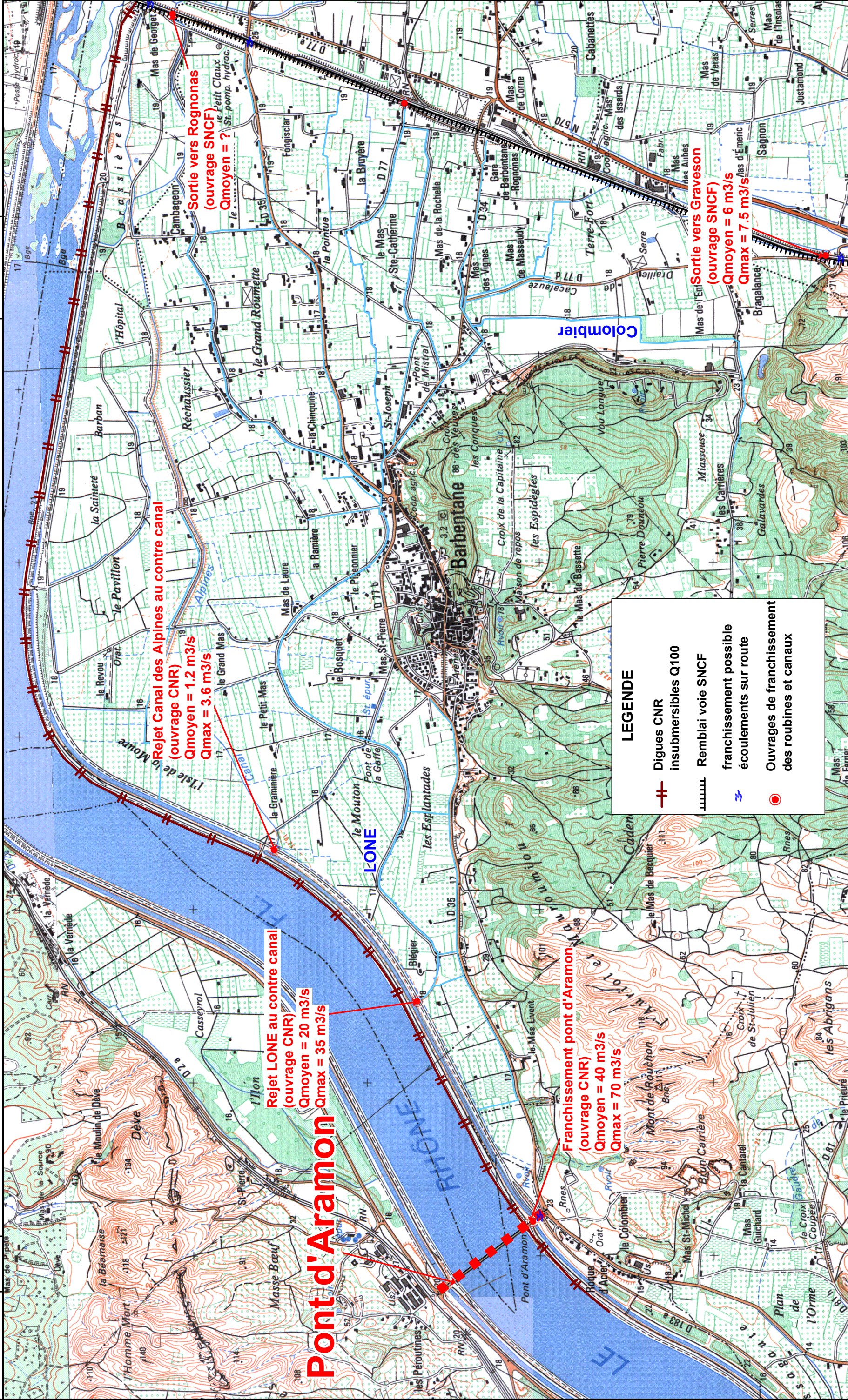
## Cartographie de zones inondables de la commune de BARBENTANE

Etude N° 04-057-13 - Février 2005

Echelle : 1 / 20 000



Fonds de plan : IGN





**IPSEAU**  
**Ingénierie pour l'eau, le sol et l'environnement**

---

perpendiculairement au contre canal en trois points principaux via des ouvrages de franchissement sous la digue du canal.

Les divers ouvrages de franchissement représentés ci-dessous possèdent les caractéristiques suivantes :

| Ouvrage                                                 | Description      | Mise en charge possible | Capacité à surface libre | Capacité en charge    |
|---------------------------------------------------------|------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Vidange Lone au contre canal                            | CB 2.3 X 2.5 m   | 3 m                     | 20 m <sup>3</sup> /s     | 35 m <sup>3</sup> /s  |
| Rejet Canal des Alpines (Graminière)                    | Ø 1000           | 1.5 m                   | 1.2 m <sup>3</sup> /s    | 3.6 m <sup>3</sup> /s |
| Franchissement roubine sous voie SNCF (sortie Graveson) | 2 CB 1.2 X 0.8 m | 2 m                     | 6 m <sup>3</sup> /s      | 7.5 m <sup>3</sup> /s |
| Franchissement contre canal sous pont d'Aramon          | 2 puits          | 3 m                     | 40 m <sup>3</sup> /s     | 70 m <sup>3</sup> /s  |

**Tableau 21 : Caractéristiques des ouvrages de vidanges de la plaine de Barbentane**

La mise en charge possible de l'ouvrage de vidange de la Lone et du Canal des Alpines correspond à la hauteur maximum avant surverse sur la digue du contre canal.

La mise en charge possible des ouvrages vers la sortie de Graveson correspond à la hauteur maximum avant débordement sur le route passant sous la voie SNCF et reliant Barbentane à Graveson.

La mise en charge possible du franchissement du contre canal sous le pont d'Aramon correspond à la hauteur maximum avant débordement sur la voie de desserte aménagée par les carriers sous le pont d'Aramon.

Compte tenu des observations des crues passées, en cas de rupture de digue il est fort probable que les communes de Graveson et Boulbon condamnent les arrivées d'eau par les routes, à savoir le chemin de carrier sous le pont d'Aramon et le franchissement sous la voie SNCF vers Graveson. C'est pourquoi le débit de fuite des ouvrages de ces secteurs sera pris au maximum égal à la capacité avec mise en charge. Les débits s'écoulant potentiellement par les routes ne seront pas pris en compte.

Cette hypothèse est donc maximaliste vis à vis des hauteurs d'eau à attendre dans la plaine en cas de rupture de digue.

### **9.2.2 Crues modélisées et mode de rupture envisagé**

#### **9.2.2.1 Rappel sur les crues modélisées**

La modélisation de l'aléa d'inondation en cas de rupture de Digue nécessite préalablement de définir des crues de référence sur le Rhône et la Durance au cours desquelles la rupture adviendra.

Les crues modélisées correspondent :

- Crue de décembre 2003 sur le Rhône (crue la plus forte observée)
- Crues à 5000 m<sup>3</sup>/s sur la Durance (crue d'occurrence centennale)

Ces crues de référence et leurs niveaux atteints ont été présentée préalablement lors de l'étude hydrologique (cf §4.2 à 4.4)

#### **9.2.2.2 Mode de rupture envisagé**

L'hydrogramme entrant dans la plaine de Barbentane dépend fortement des caractéristiques de la rupture de digue (largeur de la rupture, rupture progressive ou immédiate, décalage de la rupture avec le pic de crue...).

Etant donné qu'il n'existe à l'heure actuelle aucun exemple de rupture de digues similaires aux digues CNR, le choix de la largeur de la rupture a été guidé par les ruptures observées sur d'autres digues dans la région ainsi que par un estimatif maximum du débit de pointe instantané pouvant s'échapper par le brèche. Dans ce cas présent, celui-ci n'excédera pas **200 m<sup>3</sup>/s**.

L'étude complémentaire sur le franchissement du Durance pour la voie LEO, réalisée par le cabinet SOGREAH, simulant une rupture de digue du Canal des Alpines et de la digue de Rognonas a pris l'hypothèse d'une brèche s'ouvrant en 30 minutes d'une largeur de **50 mètres**.



Lors des crues passées, les brèches sur les épis de Durance ont rarement dépassé 30 mètres et les brèches les plus larges sur les digues du Rhône en Camargue en 1993 n'ont pas dépassé les 100 m.

Compte tenu de la constitution même des digues CNR (digue formée par des blocs enrochés), elles sont plus résistantes en cas de brèche que des digues en terre (Camargue).

**C'est pourquoi la largeur de rupture a été limitée à 20 mètres.**

En ce qui concerne le mode de rupture, il a été fait l'hypothèse d'une brèche de 20 m de largeur, qui s'ouvre en 10 minutes tant sur le Rhône que sur le Durance. Par ailleurs, la brèche est considérée comme totale, c'est-à-dire que le Digue cède sur toute sa hauteur (depuis la crête jusqu'au niveau du terrain naturel de la plaine).

Compte tenu des débits déversés à attendre et du choc frontal sur la seconde digue du contre canal, il a été également considéré que celle-ci céderait.

Le second paramètre jouant un rôle déterminant est le moment de la rupture par rapport à la crue modélisée.

Sur la Durance, l'hypothèse retenue est une rupture simultanée au pic de crue, soit une rupture advenant environ 10h après le début de la crue

Sur le Rhône, une rupture pour le seuil  $Q = 10\,000\text{ m}^3/\text{s}$  a été retenue, soit environ 40 h après le début de la crue.

Par ailleurs, il a été fait l'hypothèse que la brèche ne serait pas comblée pendant toute la durée de la crue. Cette hypothèse pessimiste semble cependant réaliste compte tenu des débits déversés à attendre ( $Q > 100\text{ m}^3/\text{s}$ ). Dans ces conditions il semble délicat d'intervenir efficacement.

### **9.2.3 Phénomène transitoire de rupture**

#### **9.2.3.1 Généralités sur le modèle mis en œuvre**

Le phénomène transitoire de rupture (effet vague) a été modélisé grâce à la mise en œuvre d'un modèle bidimensionnel simulant les écoulements à travers la brèche et leur propagation dans la plaine de Barbentane.

Le modèle utilisé est le code de calcul développé par le cellule hydrologique de l'US Army Corps of Engineers (USA) et l'US Federal Highway Administration : **HEC-SMS (Surface Water Modeling System)**.

Ce code de calcul permet de simuler des écoulements bidimensionnels en régime permanent ou transitoire et notamment de calculer les hauteurs d'eau ainsi que les vitesses à l'aide de la mise en œuvre de méthodes de résolution de type éléments finis basées sur les équations de Barré de Saint Venant.

Les données utilisées sont :

- La géométrie des lits majeur ou mineur du cours d'eau modélisé, présentée sous forme d'un maillage surfacique par éléments finis.
- Les conditions d'écoulements aux limites du modèle, comme par exemple : le débit entrant, la cote de ligne d'eau à l'aval ou la loi hauteur débit correspondante
- Les caractéristiques d'ouvrages particuliers modifiant les écoulements au sein de la surface maillée ou aux conditions limites du modèle (déversoirs, ponts, ouvrages de vidange, remblai...)
- La reconnaissance des berges, des lits mineur et majeurs, permettant d'estimer les coefficients de rugosité nécessaires à la caractérisation et à la modélisation des écoulements.

#### **9.2.3.2 Application au cas de Barbentane**

Afin de simuler une rupture de Digue tant sur le Rhône que la Durance, le modèle mis en œuvre représente les lits endigués de la Durance et du Rhône ainsi que le lit majeur constitué par la plaine de Barbentane cernée par les digues CNR au Nord et à l'ouest, la Montagnette au Sud et la voie ferrée à l'Est.

Les simulations de rupture de digue sur la Durance et le Rhône ont été réalisées séparément à l'aide de deux modèles distincts. En effet, il ne s'agissait pas de voir l'impact d'une rupture simultanées sur les deux digues mais bien de l'effet d'une rupture soit sur la Durance, soit sur le Rhône en cas de très forte crue (crue centennale) sur chacune des rivières. La probabilité de deux pics de crue simultanés sur le Rhône et la Durance ainsi qu'une rupture sur les deux digues à la fois étant quasi nulle. Par ailleurs, cette approche permet de distinguer les deux types d'événements (rupture de Digue de Rhône, rupture de Digue de Durance) afin de réaliser une cartographie d'aléa dans les deux cas.

#### **9.2.3.2.1 Construction des modèles :**

##### **Le Modèle de Terrain :**

La construction des modèles a été réalisée à l'aide du relevé photogrammétrique de la plaine de Barbentane au 1/2000. Il a été affiné à l'aide des reconnaissances de terrain effectuées dans la plaine et notamment la caractérisation des ouvrages de vidanges (contre canal et lones), ainsi que les caractéristiques topographiques de la Lone principale et de la Digue du canal des Alpes qui étaient partiellement représentées par la photogrammétrie.

Concernant les lits mineurs endigués de la Durance et du Rhône, en l'absence de données bathymétriques, un modèle géométrique simplifié a été mis en place (section canalisée).

Afin de s'assurer que ce modèle représente bien la réalité des phénomènes lors de la propagation des crues à modéliser, il a été calé préalablement (dimensions + coefficient de rugosité) grâce aux modélisations antérieures réalisées pour la propagation des ces crues de références, à savoir :

- Etude hydraulique complémentaire pour la Liaison Est-Ouest (SOGREAH 2003)
- Modélisation du bief de Vallabrègue dans le cadre de l'Etude globale pour une stratégie de réduction des risques dus aux crues du Rhône (CNR 2002)

Ce calage permet de restituer les hauteurs d'eau correspondant à chaque débit de la Durance et du Rhône au droit des digues.



Les limites de la zone d'étude sont :

*Rupture digue de Durance*

- Au nord, la digue de Durance en rive droite (lit mineur endigué)
- A l'Est, la voie SNCF et le viaduc PLM pour le lit de la durance
- A l'Ouest, le secteur de confluence de la Durance et du Rhône et le lit majeur de la plaine bordé par la digue CNR du Rhône
- Au Sud, un limite correspondant au pied des coteaux de la Montagnette ainsi qu'une limite arbitraire entre la Montagnette et la voie ferrée correspondant aux limité de la couverture photogrammétrique

*Rupture digue de Rhône*

- Au nord, le lit majeur de la plaine bordé par la digue CNR de la Durance ainsi que le secteur de confluence du Rhône et de la Durance
- A l'Est, la plaine au pied de la voie SNCF
- A l'Ouest, la digue de Rhône en rive droite
- Au Sud, un limite correspondant au pied des coteaux de la Montagnette ainsi qu'une limite arbitraire entre la Montagnette et la voie ferrée correspondant aux limité de la couverture photogrammétrique

A partir de ce modèle de terrain, un maillage a été construit et affiné à l'aide des outils appropriés du système de modélisation HEC-SMS.

**Le Maillage :**

Afin de pouvoir représenter les détails topographiques nécessaires à prendre en compte, nous avons fait varier la taille générale de mailles entre 200 m pour les parties éloignées des digues à moins de 20 m à proximité des digues et des éléments caractéristiques (digues canal des Alpines, Lones).

Des vues des maillages généraux en cas de rupture de Digue de Durance et du Rhône sont représentés en annexe 1.

La topographie finale (côte du terrain naturel) est représentée sur les figure en annexe 2.

**La définition des zones de frottement :**

Afin de représenter au mieux les phénomènes de frottement dans les lits majeurs et mineurs, différentes zones ont été établies à partir de la carte IGN du secteur et des visites de terrain.

Les valeurs retenues après calage du modèle (lits mineurs de la Durance et du Rhône notamment) sont les suivantes :

- **22** pour le lit mineur de la Durance (résultat du calage de la section canalisée)
- **10** en moyenne pour la plaine (zones de cultures, habitation, haies...)

**La modélisation de la rupture :**

La rupture de Digue a été modélisée par une ouverture de 20 m de largeur, c'est à dire par un abaissement local de la côte des nœuds de la digue représentant la brèche au niveau du terrain naturel de la plaine.

L'ouverture de la brèche dans le modèle numérique commence au moment du pic de crue pour la Durance et au-delà de 10 000 m<sup>3</sup>/s pour le Rhône soit environ :

- 10 h après le début de la crue pour le Durance
- 40 h après le début de la crue pour le Rhône

**9.2.3.2.2 Résultats obtenus**

**Rupture de Digue de Durance :**

Concernant la Durance deux points de rupture ont été simulés :

- Rupture juste à l'aval du pont PLM
- Rupture à l'aval du seuil CNR

Au moment de la rupture les hauteurs d'eau et le débit instantanés entrant dans la plaine sont les suivants :

|                            | <b>Rupture aval pont PLM</b> | <b>Rupture aval seuil</b> |
|----------------------------|------------------------------|---------------------------|
| <b>Z durance (m NGF)</b>   | 22.2                         | 19.65                     |
| <b>Z plaine (m NGF)</b>    | 18.9                         | 18                        |
| <b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b> | 159                          | 56                        |

**Tableau 22 : Rupture de digue de Durance – Débits maximums entrants**

Les principaux résultats obtenus par la modélisation en régime transitoire sont les suivants :

L'onde de crue se propage progressivement dans la plaine. l'enveloppe maximale concernant les fortes vitesses (vitesses > 0.5 m /s) apparaît environ 20 minutes après la rupture, la bande impactée atteint alors au maximum 300 à 500 mètres de large selon la localisation de la rupture. Puis cette enveloppe diminue à nouveau du fait de « l'influence aval » Au bout d'un heure, on atteint un état stationnaire concernant les vitesses à proximité de la digue.

Si les hauteurs d'eau sont importantes à proximité de la rupture et fonction de la hauteur d'eau dans la brèche, elles décroissent rapidement en s'éloignant de la digue.

Les résultats de la simulation sont présentés en annexe 3.

La modélisation de chacune de ces ruptures permet de connaître les caractéristiques des écoulements en régime transitoire à proximité de la Digue et du point de rupture. La cartographie de l'aléa doit elle tenir compte de la possibilité d'une rupture (largeur de brèche de 20 m) en chaque point de la digue. Les résultats obtenus pour ces deux ruptures particulières ont donc été transposés spatialement le long de la Digue. Au final, on obtient ainsi une « bande impactée » de largeur plus ou moins importante où les hauteurs d'eau et les vitesses observées sont importantes. Sur ces secteurs le phénomène transitoire de vague est prépondérant.

Concernant la Durance, les caractéristiques de la bande impactée sont les suivantes :

| <b>Caractéristiques écoulement</b> | <b>Largeur impactée amont (aval PLM)</b> | <b>Largeur impactée aval (aval seuil CNR)</b> |
|------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| V > 1 m/s                          | 120 m                                    | 70 m                                          |
| 0.5 < v < 1 m/s                    | 500 m                                    | 370 m                                         |
| h > 1 m                            | 190 m                                    | 50 m                                          |

**Tableau 23 : Caractéristiques de la bande impactée par l'effet de vague – Rupture de digue de Durance**

**RQ :** L'impact d'une rupture de digue en amont du seuil CNR est plus important. Ceci est lié au fait que la différence de niveau entre la Durance et la côte de la plaine à ce niveau est plus forte qu'à l'aval du seuil CNR où la cote de niveau de la Durance varie peu.



**Rupture de Digue de Rhône :**

Concernant une rupture du Digue de Rhône la même démarche a été reconduite.

Deux points de rupture ont été simulés :

- Rupture juste à l'aval de la confluence entre le Rhône et la Durance
- Rupture en amont du pont d'Aramon

Au moment de la rupture les hauteurs d'eau et le débit instantanés entrant dans la plaine sont les suivants :

|                            | Rupture au droit de la confluence | Rupture au pont d'Aramon |
|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| <b>Z durance (m NGF)</b>   | 18.28                             | 17.26                    |
| <b>Z plaine (m NGF)</b>    | 16.6                              | 15                       |
| <b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b> | 57.9                              | 90.3                     |

**Tableau 24 : Rupture de digue de Rhône – Débits maximums entrants**

Les caractéristiques de la bande impactée obtenues par la modélisation sont les suivantes :

| Caractéristiques écoulement | Largeur impactée amont (confluence) | Largeur impactée aval (pont d'Aramon) |
|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| $V > 1 \text{ m/s}$         | 100 m                               | 120 m                                 |
| $0.5 < v < 1 \text{ m/s}$   | 280 m                               | 300 m                                 |
| $h > 1 \text{ m}$           | 300 m                               | 320 m                                 |

**Tableau 25 : Caractéristiques de la bande impactée par l'effet de vague – Rupture de digue de Rhône**

**Rq importante :** L'impact d'une rupture de digue sur le Rhône en phase transitoire (effet de vague) est moins importante qu'en cas de rupture de digue sur le Durance. Ceci est lié à deux phénomènes :

- Premièrement, le débit instantané déversé dans la plaine en cas de rupture de Digue de Rhône, est globalement plus faible (même s'il n'atteint pas son maximum au moment de la rupture car celle-ci intervient à  $Q = 10\,000 \text{ m}^3/\text{s}$  et non au pic de crue)

- Deuxièmement, les écoulements déversés (notamment en cas de rupture au droit du pont d'Aramon) sont rapidement bloqués du fait du pont d'Aramon et de la Montagnette ainsi que de la pente du terrain naturel inversée. L'inondation de la plaine se fait donc par refoulement des eaux. Les vitesses observées sont donc moins importantes puisque les écoulements ne suivent pas un cheminement naturel mais se stockent très rapidement.

Ce phénomène n'est en aucun cas observé dans le cas de la Durance où l'arrivée d'eau s'effectue dans les secteurs amont de la plaine et s'écoulent donc naturellement vers l'aval.

#### **9.2.4 Phénomène de remplissage progressif de la plaine**

Le modèle de simulation bidimensionnel des écoulements a permis de définir les hauteurs et les vitesses d'eau observées à proximité des digues lors de la phase transitoire de vague. Ce modèle a montré qu'au bout d'une heure environ, ce phénomène de vague (vitesses importantes) tend à diminuer au profit d'un remplissage progressif de la plaine. Certes le front d'écoulement progresse toujours mais son étalement diminue fortement les hauteurs d'eau ainsi que les vitesses. Sur ces secteurs plus éloignés, l'arrivée de la vague atténuée sera ainsi moins pénalisante en terme d'aléa que le phénomène de stockage ultérieur (notamment au niveau de hauteurs d'eau observée).

Ce phénomène de stockage n'a pas été simulé directement par le modèle bidimensionnel, mais modélisé à l'aide de l'évaluation des flux entrant et sortant ainsi que de la courbe capacitaire de la plaine.

##### **9.2.4.1 Principe général**

Le volume stocké dans la plaine de Barbentane est fonction de la différence entre le volume entrant et le volume sortant

$$V_{stocké}(t) = V_{entrant}(t) - V_{sortant}(t)$$

#### **9.2.4.1.1 Estimation du volume entrant**

A partir des caractéristiques de la rupture de digue, l'hydrogramme entrant dans la plaine a été estimé selon un modèle simplifié de déversoir latéral à seuil épais calé à partir de l'analyse du débit entrant par le modèle bidimensionnel présenté préalablement. Le débit instantané entrant  $Q_e(t)$  est relié à la cote  $Z(t)$  de la crue au droit de la rupture selon la relation suivante :

$$Q_e(t) = m \times L \times \sqrt{2g(Z(t) - Z_0)^3}$$

où  $L$  correspond à la largeur de la rupture et  $Z_0$  à la cote du fond de la brèche et  $m$  le coefficient de déversoir calé à partir des résultats partiels du modèle bidimensionnel.

Dans les cas simulés,  $Z_0$  correspond à la cote du terrain naturel de la plaine derrière la digue, c'est à dire que la brèche dans la digue s'opère sur toute la hauteur.

**Rq importante :** Compte tenu de la faible largeur de la brèche au regard des variations de la cote de la ligne d'eau à l'intérieur de digues, il a été admis de la cote  $Z(t)$  reste uniforme sur tout le linéaire de la brèche.

Une fois l'hydrogramme « entrant » calculé, le volume total déversé dans la plaine au cours de la crue peut alors être estimé ( $V_e(t) = Q_e(t) \times \Delta t$ )

#### **9.2.4.1.2 Estimation du volume stocké dans la plaine et hauteurs d'eau atteintes**

Le volume stocké dans la plaine de Barbentane est fonction de la différence entre le volume entrant et le volume sortant

Le volume sortant  $V_s(t)$  est lui régulé par les ouvrages décrits au §9.2.1

Une fois le volume stocké estimé, l'analyse des variations topographiques du terrain naturel dans la plaine permet d'estimer la hauteur d'eau atteinte dans la plaine en fonction du volume stocké appelé encore « *Courbe Capacitaire* »

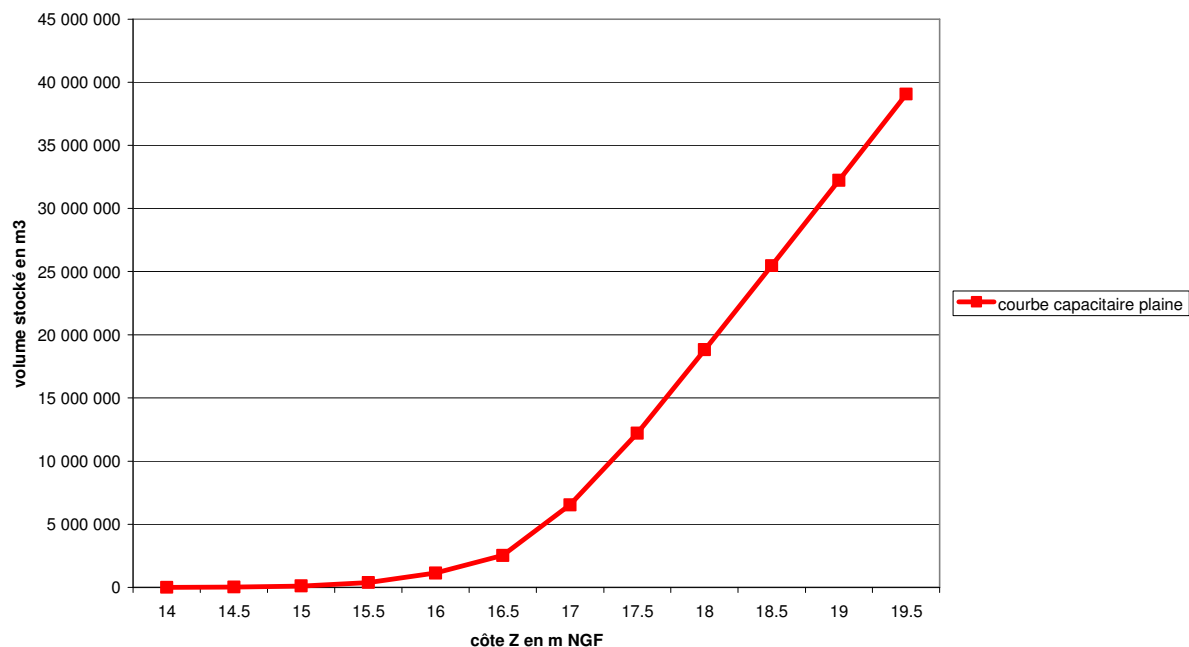


L'analyse de la topographie existante de la plaine (photogrammétrie aérienne) donne les résultats hypsométriques suivants : (cf cartographie planche 8 : Topographie de la plaine de barbentane)

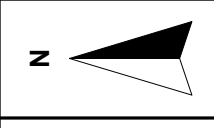
| Cote m NGF          | % surfacique |
|---------------------|--------------|
| Z < 14.5 m NGF      | 0.4%         |
| 14.5 < Z < 15 m NGF | 0.88%        |
| 15 < Z < 15.5 m NGF | 2.6%         |
| 15.5 < Z < 16 m NGF | 7.3%         |
| 16 < Z < 16.5 m NGF | 9.3%         |
| 16.5 < Z < 17 m NGF | 38.3%        |
| 17 < Z < 17.5 m NGF | 24.3%        |
| 17.5 < Z < 18 m NGF | 13.8%        |
| 18 < Z < 18.5 m NGF | 0.8%         |
| 18.5 < Z < 19 m NGF | 1.3%         |
| 19 < Z < 19.5 m NGF | 1.1%         |

**Tableau 25 : Répartition hypsométrique de la plaine de Barbentane**

courbe capacitaire de la plaine de Barbentane







# Planche 8: Topographie plaine de Barbentane

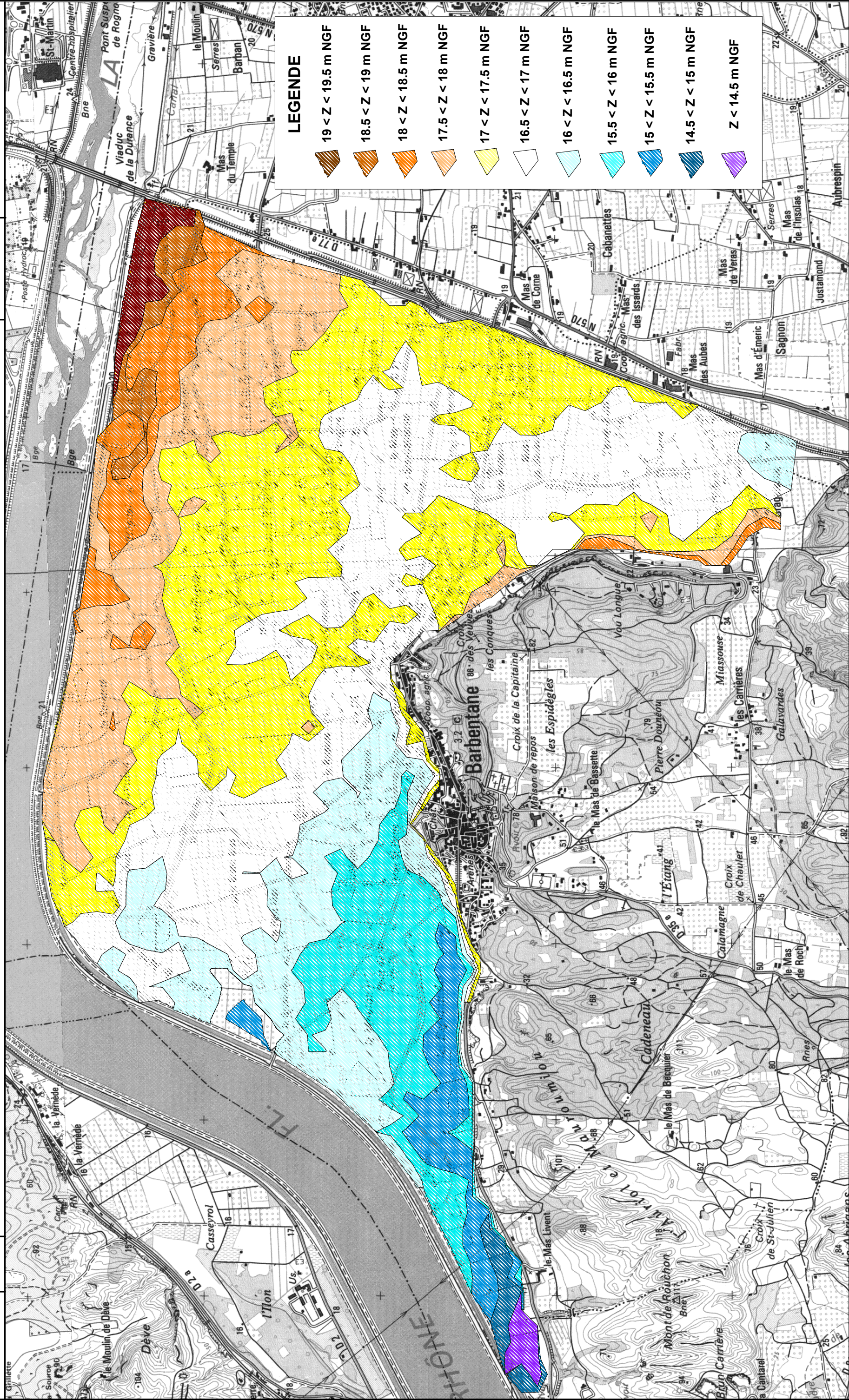
## Cartographie de zones inondables de la commune de BARBENTANE

Etude N° 04-057-13 - Février 2005

Echelle : 1 / 20 000

0 400 800 m

Fonds de plan : IGN



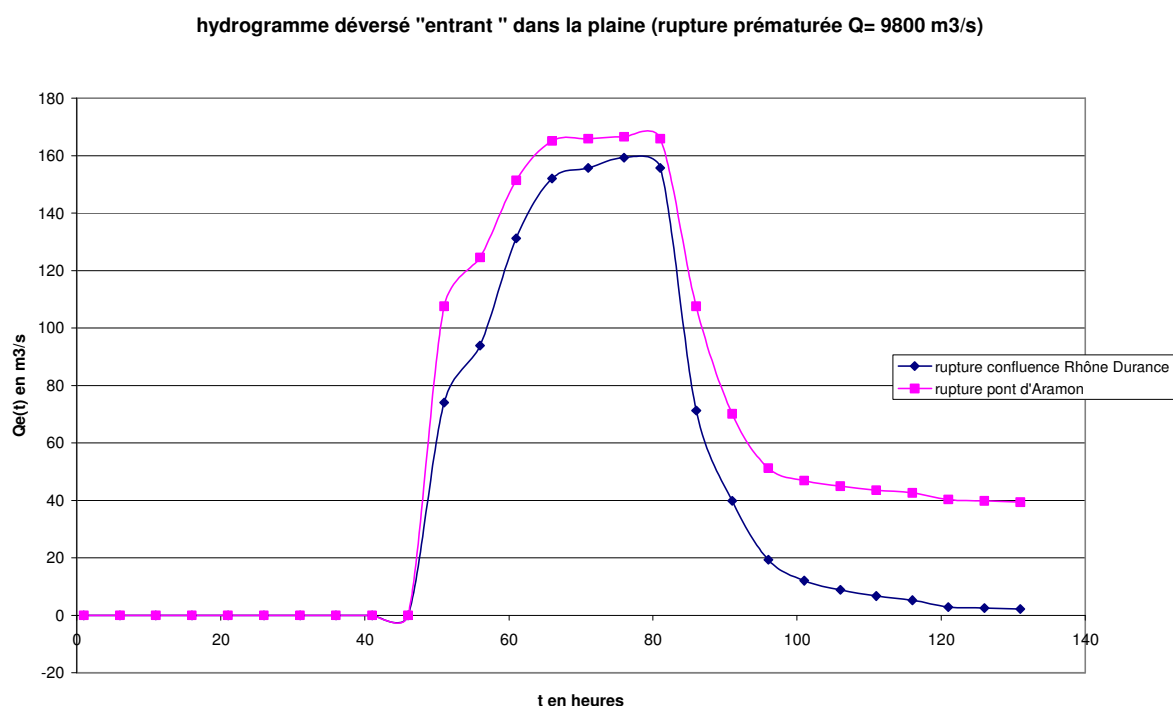


#### 9.2.4.2 Résultats obtenus (Rupture de digue de Rhône)

Conformément aux simulations effectuées par le modèle bidimensionnel, deux localisations de rupture ont été prises en compte, à savoir :

- Une rupture directement en aval de la confluence avec le Durance
- Une rupture juste en amont du pont d'Aramon

Les résultats obtenus sont les suivants :



Le débit maximal déversé atteint 160 m<sup>3</sup>/s en cas de rupture à la confluence Rhône Durance et 167 m<sup>3</sup>/s en cas de rupture au pont d'Aramon.

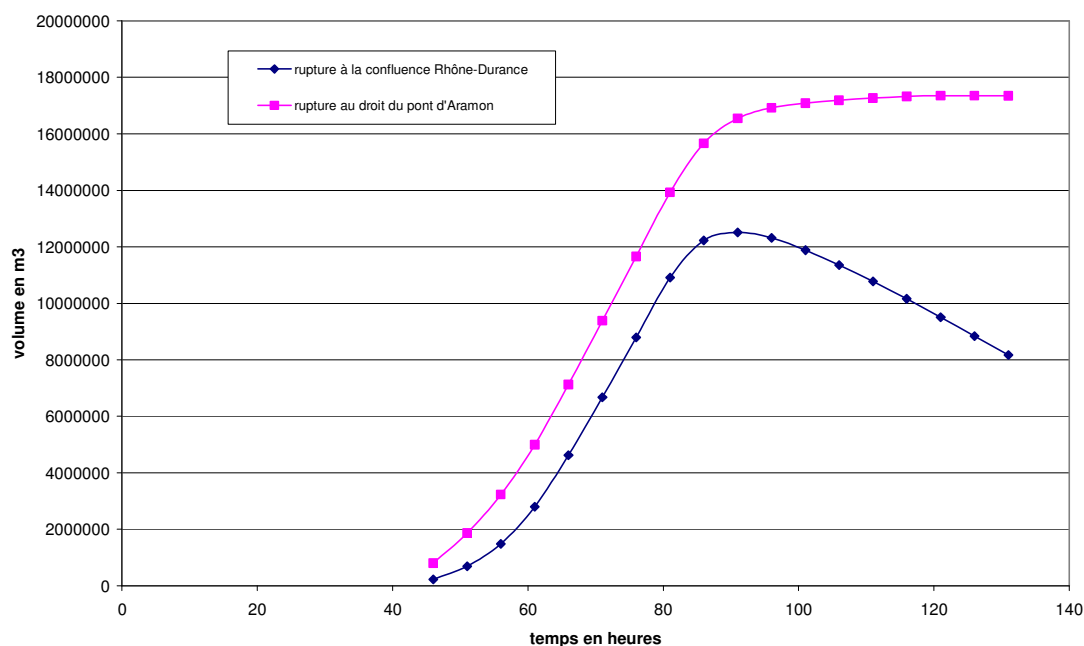
Pour cette simulation de rupture de digue du Rhône, il a été considéré que le débit sortant serait égal à 40 m<sup>3</sup>/s en moyenne, ce qui correspond à la capacité moyenne de l'ouvrage de franchissement du contre canal sous le pont d'Aramon.

L'évaluation du volume stocké en fonction du temps croisée avec le courbe capacitaire de la plaine permet d'évaluer le niveau atteint par le phénomène de stockage au cours du temps.

Les résultats sont les suivants :

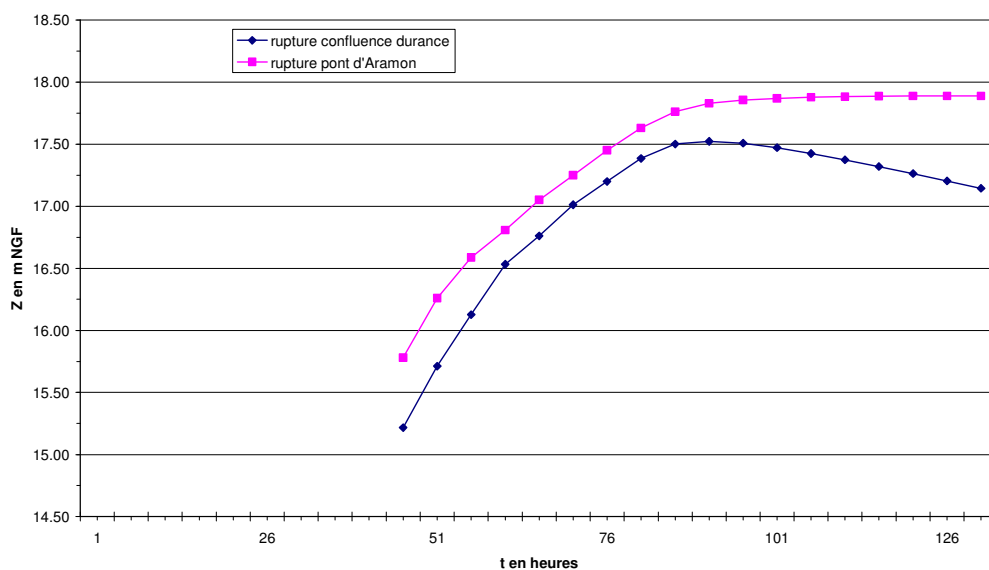


**Volume stocké dans la plaine en cas de rupture de digue de Rhône**



Pour une rupture à  $Q = 9\,800 \text{ m}^3/\text{s}$ , le volume maximum stocké dans la plaine correspond à **12.5 M m³** pour une rupture à la confluence avec la Durance et **17.35 M m³** pour une rupture au pont d'Aramon. La rupture juste en amont du pont d'Aramon sera donc plus préjudiciable. Le stockage maximum dans la plaine sera observé 40 à 60 heures environ après la rupture de digue.

**Montée du niveau dans la plaine en cas de rupture de digue du Rhône**



Le niveau maximal atteint dans la plaine varie entre 17.5 m NGF (rupture à la confluence Rhône-Durance) et 18 m NGF (rupture au pont d'Aramon).

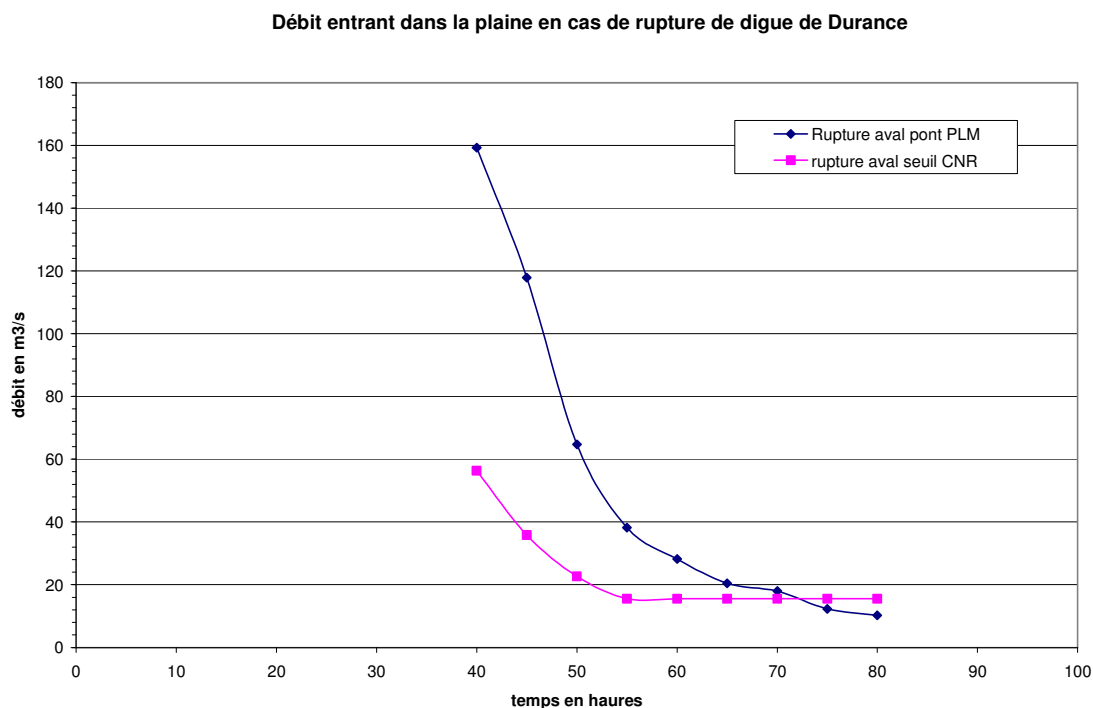
La côte retenue pour la cartographie de l'aléa en cas de rupture de Digue de Rhône pour les secteurs éloignés où le phénomène de vague est peu sensible sera donc de **18 m NGF**.

#### 9.2.4.3 Résultats obtenus (rupture de digue de Durance)

Conformément aux simulations effectuées par le modèle bidimensionnel, deux localisations de rupture ont été prises en compte, à savoir :

- Une rupture directement en aval du viaduc PLM
- Une rupture juste en aval du seuil CNR

Les résultats obtenus sont les suivants :

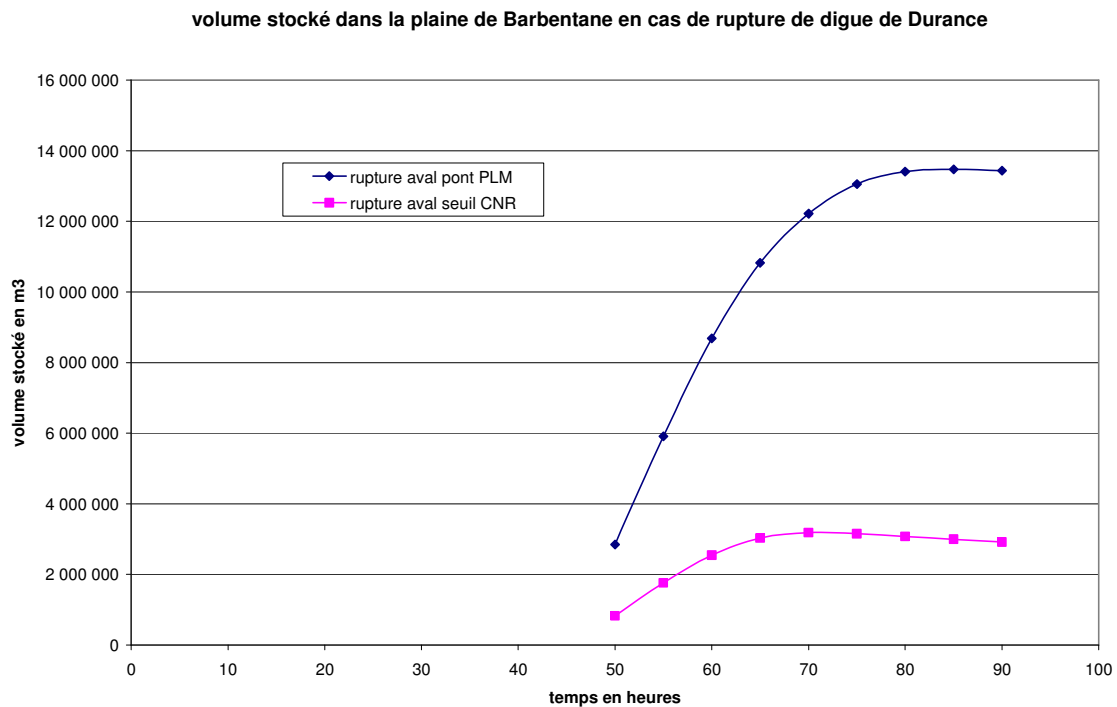


Le débit maximal déversé atteint 160 m<sup>3</sup>/s en cas de rupture en aval du pont PLM et 56 m<sup>3</sup>/s en cas de rupture en aval du seuil CNR.

Pour cette simulation de rupture de digue de Durance, il a été considéré que le débit sortant serait égal à  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  en moyenne, ce qui correspond à la capacité moyenne de l'ouvrage de franchissement de la Lone sous la digue du contre canal. En réalité en cas de rupture de digue de Durance, une partie du débit rejoindra directement le contre canal au droit de la rupture et de sera donc régulé à l'aval (à  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ ) par d'ouvrage CNR sous le pont d'Aramon. Cette hypothèse de débit de fuite constant à  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  est donc pessimiste.

L'évaluation du volume stocké en fonction du temps, croisée avec le courbe capacitaire de la plaine permet d'évaluer le niveau atteint par le phénomène de stockage au cours du temps.

Les résultats sont les suivants :

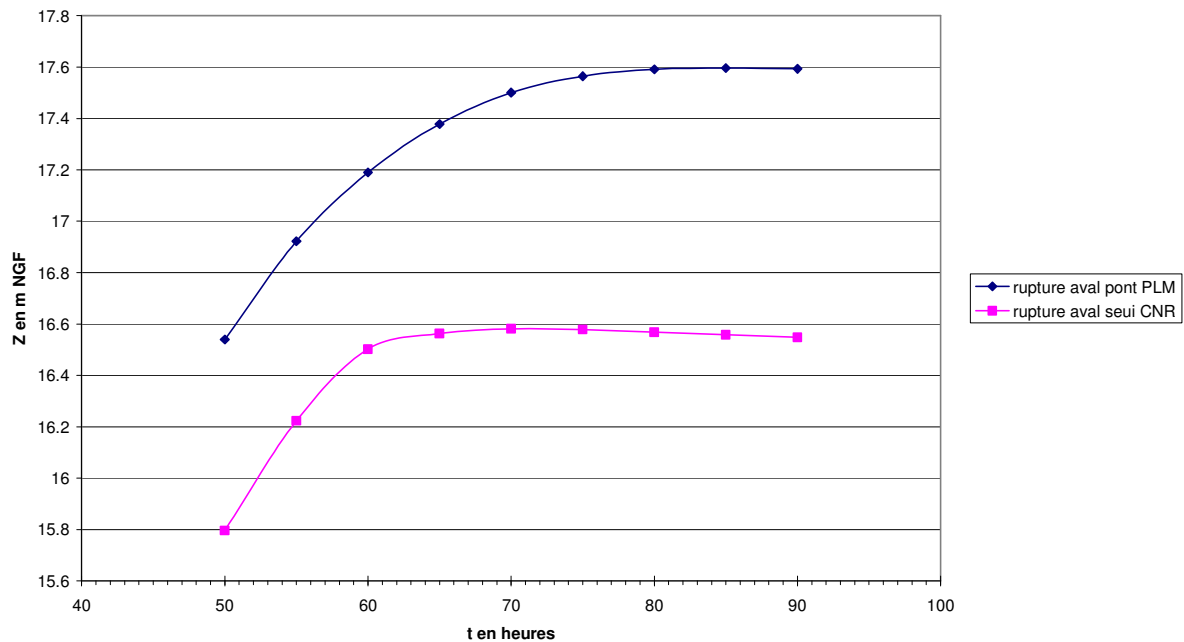


Le volume maximum stocké dans la plaine correspond à  **$13.5 \text{ M m}^3$**  pour une rupture en aval du pont PLM et  **$3.18 \text{ M m}^3$**  pour une rupture en aval du seuil CNR. La rupture juste en aval du pont PLM sera donc plus préjudiciable.

Le stockage maximum dans la plaine sera observé 20 à 30 heures environ après la rupture de digue.



variation du niveau d'eau dans la plaine en cas de rupture de digue de Durance



Le niveau maximal atteint dans la plaine varie entre 16.6 m NGF (rupture en aval du seuil CNR) et 17.6 m NGF (rupture en aval du pont PLM).

La côte retenue pour la cartographie de l'aléa en cas de rupture de Digue de Rhône pour les secteurs éloignés où le phénomène de vague est peu sensible est de **17.6 m NGF**.

#### **9.2.5 Conclusions sur la modélisation hydraulique du phénomène de rupture**

Concernant le phénomène de rupture de digue tant sur le Rhône que sur la Durance, deux secteurs géographiques particuliers sont à distinguer :

- Les secteurs proches des digues (bande de largeur variable) où le phénomène de vague est prédominant. Les hauteurs et les vitesses d'eau sont très importantes, la submersion, est très rapide (quelques minutes)
- Les secteurs éloignés des digues où le phénomène de remplissage progressif de la plaine est prédominant. Les vitesses sont faibles ( $v < 0.5$  m/s) et les hauteurs d'eau peuvent être importantes. La submersion y est lente (plusieurs dizaine d'heures pour les secteurs les plus éloignés)

### **9.2.5.1 Récapitulatif des résultats de la modélisation pour une rupture de digue de Rhône**

Le phénomène de vague touche les terrains situés à moins de 300 mètres des digues ( $H > 1$  m,  $V > 0.5$  m/s).

La cote maximale atteinte lors du phénomène de stockage dans la plaine est de **18 m NGF**.

Les résultats obtenus concernant l'inondation de certains quartiers sont les suivantes :

| <b>Quartiers</b>                                            | <b>Z (TN) m NGF</b> | <b>H max</b> | <b>T inondation</b>            | <b>T inondation (Z= 1m)</b> |
|-------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Mas de Vignes, Mas de la Rochelle, Ste Catherine, Chinquine | 16.8 à 17.2 m       | 0.8 à 1.2 m  | 10 h                           | 45 h                        |
| Ramière et Pigeonnier                                       | 16.5 m              | 1.5 m        | 6 h                            | 30 h                        |
| Lotissement actuel (Mas St Pierre)                          | 16 m                | 2 m          | 1 à 2 h                        | 15 h                        |
| Mas St Pierre, Le Bosquet                                   | 15.6 m              | 2.4 m        | 1h<br>(3 h rupture confluence) | 6 h                         |
| Le Mouton, Les Esplantades                                  | 15.5 m              | 2.5 m        | 1 h                            | 6h                          |
| Terrefort, Mas de l'enfant                                  | 16.8 m              | 1.2 m        | > 10 h                         | 45 h                        |

**Tableau 26 : Inondabilité des quartiers en cas de rupture de digue de Rhône**

*T inondation correspond à la durée séparant la rupture de digue au moment où l'arrivée d'eau dans le quartier est à prévoir.*

*T inondation (Z= 1 m) correspond à la durée séparant la rupture de digue au moment où la hauteur d'eau observée dans le quartier dépasse 1 mètre.*

### **9.2.5.2 Récapitulatif des résultats de la modélisation pour une rupture de digue de Durance**

Le phénomène de vague touche les terrains situés à moins de 370 à 500 mètres des digues ( $H > 1$  m,  $V > 0.5$  m/s).

La cote maximale atteinte lors du phénomène de stockage dans la plaine est de **17.6 m NGF**.

Les résultats obtenus concernant l'inondation de certains quartiers sont les suivantes :

| Quartiers                                                   | Z (TN) m NGF  | H max | T inondation | T inondation (Z= 1m) |
|-------------------------------------------------------------|---------------|-------|--------------|----------------------|
| Mas de Vignes, Mas de la Rochelle, Ste Catherine, Chinquine | 16.8 à 17.2 m | 0.8 m | < 2h         | /                    |
| Ramière et Pigeonnier                                       | 16.5 m        | 1.1 m |              | 20 h                 |
| Lotissement actuel (Mas St Pierre)                          | 16 m          | 1.6 m |              | 8 h                  |
| Mas St Pierre, Le Bosquet                                   | 15.6 m        | 2 m   |              | 6 h                  |
| Le Mouton, Les Esplantades                                  | 15.5 m        | 2.1 m |              | 6 h                  |
| Terrefort, Mas de l'enfant                                  | 16.8 m        | 0.8 m | > 5 h        | /                    |

**Tableau 27 : Inondabilité des quartiers en cas de rupture de digue de Durance**

*T inondation correspond à la durée séparant la rupture de digue au moment où l'arrivée d'eau dans le quartier est à prévoir.*

*T inondation (Z= 1 m) correspond à la durée séparant la rupture de digue au moment où la hauteur d'eau observée dans le quartier dépasse 1 mètre.*

### **9.2.6 Rôle Potentiel du contre canal**

Le contre canal de par son dimensionnement important joue un rôle non négligeable en cas de faible volume déversé dans la plaine.

Longeant les digues CNR, il sert en quelque sorte de seconde protection en cas de rupture de celles-ci. Cependant, la tenue de la seconde digue de protection semble fortement discutable en cas de rupture de la première. En effet l'écoulement issu de la brèche viendra frapper perpendiculairement la seconde digue dont la cote d'arase est, qui plus est, plus basse.



Cependant, en cas de tenue de la seconde digue, on peut faire les remarques suivantes :

- La capacité hydraulique maximale du contre canal avant surverse est de 200 m<sup>3</sup>/s. Quelque soit le scénario de rupture envisagé ci-dessus, le contre canal peut ainsi transiter le débit déversé.
- Compte tenu de la capacité limitante des ouvrages de franchissement du contre canal sous le pont d'Aramon, celui-ci peut avoir lui-même une fonction de rétention. Le volume de stockage maximum peut être estimé à 2 M m<sup>3</sup>. En cas de débordement, la tenue de la seconde digue ne sera sans doute plus assurée.

La capacité hydraulique du contre canal ainsi que le volume de stockage important permet de penser que, **en cas de tenue des digues du contre canal**, celui-ci aura un impact sur laminage de l'hydrogramme entrant et pourra ainsi retarder et atténuer l'effet d'une rupture de digue CNR. Cet effet bénéfique sera surtout sensible en cas de rupture de digue de Durance. En cas de rupture de digue du Rhône et notamment une rupture au pont d'Aramon, l'effet sera négligeable et la digue du contre canal ne tiendra sans doute pas.

Compte tenu de l'incertitude sur la tenue de la digue du contre canal, le rôle de celui-ci n'a pas été pris en compte lors de la cartographie de l'aléa.

## **10 CARTOGRAPHIE**

La modélisation hydraulique des écoulements décrite précédemment a permis la réalisation de plusieurs cartes détaillant certains paramètres (champs d'expansion de la crue, carte des iso-hauteurs, cartes des isovitesses).

### **10.1 ZONES INONDABLES**

Les zones inondables correspondant aux débits de crue centennale ont été cartographiées. En effet, c'est la crue centennale qui est retenue au niveau réglementaire.

Concernant le secteur du centre ville, l'expansion des crues est précisément connue au droit de chaque profil en travers (résultat du calcul). Entre les profils en travers, les zones inondables sont interpolées en tenant compte des éventuels obstacles ou modelés observés pouvant influencer localement les écoulements.

La précision de l'interpolation est bien entendu meilleure dans les secteurs où la topographie est la plus dense.

Sur la plaine, l'expansion de la crue est le résultat du croisement entre la côte maximale obtenue par le phénomène de stockage et la topographie du terrain naturel (photogrammétrie aérienne). Celle-ci a été affinée aux marges par des reconnaissances de terrain. La précision du tracé de ce champ dépend bien entendu de la précision du relevé photogramétrique.

## **10.2 ISOHAUTEURS-CRUE CENTENNALE**

Afin de connaître en tout point de la zone inondable centennale, la hauteur d'eau par rapport au terrain naturel, une cartographie des hauteurs d'eau a été réalisée.

Trois classes de hauteur d'eau ont été tracées :

- Hauteur d'eau faible :  $h < 0.5 \text{ m}$
- Hauteur d'eau modérée :  $0.5 \text{ m} < h < 1 \text{ m}$
- Hauteur d'eau importante :  $h > 1 \text{ m}$
- Hauteur d'eau très importante :  $1 < h < 1.5 \text{ m}$
- Hauteur d'eau encore plus importante :  $h > 1.5 \text{ m}$

***La cartographie des iso-hauteurs pour une crue centennale des vallons de la Montagnette est présentée sur le fond cadastral communal au 1/2000 (cf. planche HT 9A )***

***Les cartographie des iso-hauteurs pour une crue centennale de Durance et de Rhône (rupture de Digue) sont présentées sous fond IGN au 1/10 000 (cf planches HT 9B et 9C)***

## **10.3 ISO-VITESSES – CRUE CENTENNALE**

Afin de connaître en tout point de la zone inondable centennale, la vitesse de l'écoulement, une cartographie des vitesses a été réalisée.

Trois classes de vitesses de l'écoulement ont été tracées :

- Vitesse faible :  $v < 0.5 \text{ m/s}$
- Vitesse modérée :  $0.5 \text{ m/s} < v < 1 \text{ m/s}$
- Vitesse importante :  $v > 1 \text{ m/s}$

***La cartographie des iso-vitesses pour une crue centennale des vallons de la Montagnette est présentée sur le fond cadastral communal au 1/2000 (cf. planches HT 10A )***



***Les cartographie des iso-hauteurs pour une crue centennale de Durance et de Rhône (rupture de Digue) sont présentées sous fond IGN au 1/10 000 (cf planches HT 10B et 10C)***

#### **10.4 ALEA – CRUE CENTENNALE**

Le zonage proposé découle des résultats des modélisations. Le croisement des paramètres vitesses et hauteur d'eau pour une **crue centennale** permet de définir le niveau du risque (ou de l'aléa) suivant les critères suivants :

##### **10.4.1 Zones soumises à un aléa fort**

La zone d'aléa fort inclut :

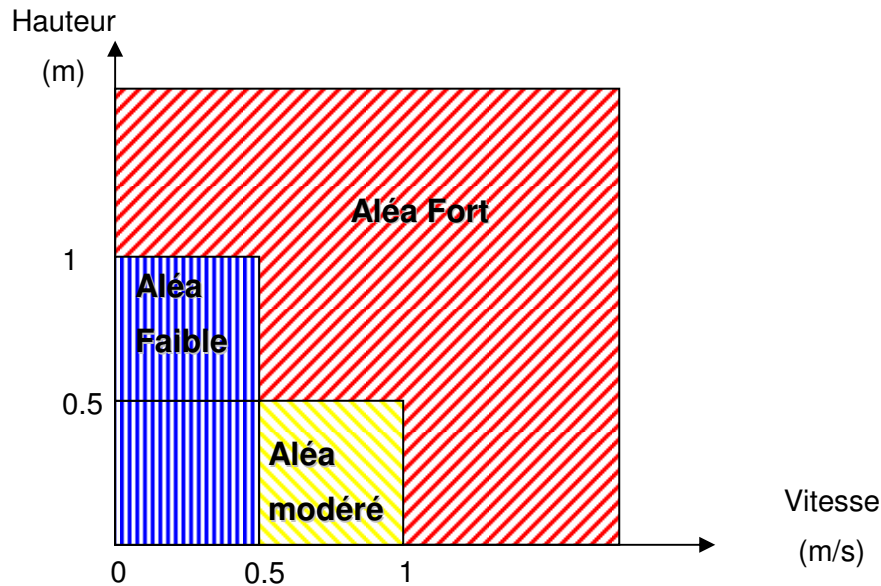
- les zones de hauteurs d'eau supérieures à 1 m
- les zones où les vitesses d'écoulement excèdent 1 m/s
- Les zones où les hauteurs d'eau dépassent 0.5 m **et** les vitesses dépassent 0.5 m/s

##### **10.4.2 Zones soumises à un aléa modéré**

La zone d'aléa modéré inclut les zones où les vitesses d'écoulement n'excèdent pas 1 m/s **et** où la hauteur d'eau n'excède pas 0.5 m

##### **10.4.3 Zones soumises à un aléa faible**

La zone d'aléa faible inclut, les zones de hauteurs d'eau inférieures à 1 m **et** où la vitesse n'excède pas 0.5 m/s



*La cartographie de l'aléa pour une crue centennale des vallons de la Montagnette est présentée sur le fond cadastral communal au 1/2000 (cf. planche HT 11A )*

*Les cartographie de l'aléa pour une crue centennale de Durance et de Rhône (rupture de Digue) sont présentées sous fond IGN au 1/10 000 (cf planches HT 11B et 11C )*

### **10.5 ALEA SYNTHÈSE**

Afin de synthétiser l'aléa issu des trois types de facteur d'inondation potentiels, les trois cartographies d'aléa présentées ci-dessus ont été recoupées spatialement pour former la cartographie d'aléa de synthèse.

*La cartographie de l'aléa de synthèse pour le secteur du centre ville est présentée sur le fond cadastral communal au 1/2000 (cf. planche 12A )*

*La cartographie de l'aléa de synthèse pour le secteur de la plaine est présentée sous fond IGN au 1/10 000(cf. planche 12B )*





### **11.2 METHODE D'EVALUATION DES DOMMAGES**

La deuxième étape concerne l'évaluation du coût des dommages ou de la **sinistralité potentielle**. Une **grille d'évaluation** (cf. page suivante) permettant de chiffrer les dommages en fonction des facteurs qui définissent la vulnérabilité des biens (nature des bâtiments et hauteur d'eau) a été réalisée à partir des résultats de différentes études sur le sujet.

La trame générale de cette grille est basée sur une grille réalisée par SOGREAH pour le Syndicat Intercommunal d'Aménagement de la Touloubre (Bouches-du-Rhône). Celle-ci a été révisée et complétée à partir des résultats de différentes études réalisées sur l'Argens (Var) par b.e.g.e.a.t. et en Bretagne par BCEOM ainsi que par les résultats des recherches sur la sinistralité menées par IPSEAU avec les mutuelles d'assurance (MACIF, MAAF, MATMUT et GEMA) sur plusieurs rivières et fleuves de France (l'Orb à Béziers, la Frayère à Auribeau sur Siagne, la Meuse, la Moselle, l'Aude, ...). Cette analyse s'est appuyée sur un grand nombre de dossiers de traitement de sinistres fournis par les assurances (dossier d'expert sur le terrain et dossier d'indemnisation). Cette approche a permis d'établir un certain nombre de ratios permettant d'estimer la sinistralité potentielle en fonction, essentiellement, du paramètre hauteur d'eau.

L'évaluation des dommages a été faite sous Excel après extraction des données de la base de données réalisée sous Map Info.

**Avertissement : Des précautions d'utilisation des chiffres résultant des évaluations des dommages doivent être prises car les valeurs annoncées sont des valeurs moyennes. Le coût des dommages pour un bâtiment n'a pas de sens en valeur absolue et en tant que tel. En revanche l'agrégation des coûts calculés à l'échelle de la vallée a plus de sens et permet de donner un ordre de grandeur des dommages en cas de crue. Les chiffres annoncés pour les communes où les bâtiments vulnérables aux crues sont peu nombreux sont donc plus sujets à précautions que pour celles où les bâtiments vulnérables sont nombreux. En définitif ces chiffres ont du sens en tant qu'ordre de grandeur et à titre comparatif mais en ont beaucoup moins en valeur absolue car il s'agit de chiffres moyens qui peuvent être affectés d'une forte variabilité que seules des enquêtes détaillées seraient en mesure de préciser.**

**IPSEAU**  
Ingénierie pour l'eau, le sol et l'environnement

| Usage du bâti                               | Type bâtiment                             | Hauteur d'eau (en m) | Valeur moyenne du bien                                   | Ratio d'endommagement                     |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Habitat                                     | Maison individuelle                       | < 0,50 m             | 122 K€                                                   | 6 % ou 2 % si bâtiment surélevé           |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 20%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
|                                             | Cabanon résidentiel                       | < 0,50 m             | 61 K€                                                    | 6 % ou 2 % si bâtiment surélevé           |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 20%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
|                                             | Habitat collectif                         | < 0,50 m             | 122 K€<br>(valeur du 1 <sup>er</sup> niveau du bâtiment) | 12 % ou 4 % si bâtiment surélevé          |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 20%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
| Activité agricole                           | Station agricole de pompage en nappe      | < 0,50 m             | 8 K€                                                     | 3 % (ratio tenant compte d'un abattement) |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 15%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
|                                             | Grange – Hangar agricole                  | < 0,50 m             | 61 K€                                                    | 3%                                        |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 15%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
|                                             | Tunnel                                    | < 0,50 m             | 4600 €                                                   | 3%                                        |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 40%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 80%                                       |
|                                             | Serre                                     | < 0,50 m             | 30 K€ à 152 K€                                           | 3%                                        |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 20%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 40%                                       |
|                                             | Cabanon agricole                          | < 0,50 m             | 15 K€                                                    | 3%                                        |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 15%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
|                                             | Ecurie, Etable, Bergerie                  | < 0,50 m             | 4 K€ à 152 K€                                            | 3%                                        |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 15%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
| Equipements publics                         | Station d'épuration                       | < 0,50 m             | 3354 K€                                                  | 3%                                        |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 15%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
|                                             | Station AEP                               | < 0,50 m             | 3000 K€ à 16 K€                                          | 3%                                        |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 15%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
|                                             | Ecole                                     | < 0,50 m             | 457 K€                                                   | 3%                                        |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 15%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
|                                             | Collège, Lycée, ...                       | < 0,50 m             | 2439 K€                                                  | 3%                                        |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 15%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
|                                             | Gendarmerie                               | < 0,50 m             | 457 K€                                                   | 3%                                        |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 15%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
|                                             | Locaux de club sportifs ou d'associations | < 0,50 m             | 15 K€ à 61 K€                                            | 3%                                        |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 15%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
|                                             | Tribune hippodrome avec locaux            | < 0,50 m             | 122 K€                                                   | 3%                                        |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 15%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
| Structures commerciales d'accueil du public | Restaurant                                | < 0,50 m             | 122 K€                                                   | 3%                                        |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 15%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
|                                             | Buvette                                   | < 0,50 m             | 61 K€                                                    | 3%                                        |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 15%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
|                                             | Gîte                                      | < 0,50 m             | 122 K€                                                   | 3%                                        |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 15%                                       |
|                                             |                                           | > 1 m                |                                                          | 25%                                       |
|                                             | Camping                                   | < 0,50 m             | 457 K€                                                   | 3%                                        |
|                                             |                                           | 0,50 – 1 m           |                                                          | 15%                                       |

**IPSEAU**  
**Ingénierie pour l'eau, le sol et l'environnement**

| Usage du bâti                                | Type bâtiment | Hauteur d'eau (en m) | Valeur moyenne du bien | Ratio d'endommagement |
|----------------------------------------------|---------------|----------------------|------------------------|-----------------------|
|                                              |               | > 1 m                |                        | 25%                   |
| Entreprises, commerces, industries, artisans |               | Très variable        |                        |                       |

**Tableau 28 : Grille d'évaluation de la sinistralité des biens**

### **11.3 RESULTATS DE L'ANALYSE DE VULNERABILITE ET D'EVALUATION DES DOMMAGES**

Le nombre d'habitations recensées en zone inondable par la crue centennale s'élève à 790.

La majorité de ces habitations est représentée par des maisons individuelles de type villa, maisons mitoyennes et maisons de village qui sont au nombre de 770.

Sur ce chiffre :

- 84 maisons sont situées dans une zone où la hauteur d'eau attendue est comprise entre 0 et 0,5 m.
- 280 maisons sont situées dans une zone où la hauteur d'eau attendue est comprise entre 0,5 et 1 m.
- 373 maisons sont situées dans une zone où la hauteur d'eau attendue est comprise entre 1 et 2 m.
- 33 maisons sont situées dans une zone où la hauteur d'eau attendue est supérieure à 2 m.

Certaines habitations possèdent un ou plusieurs étages, c'est le cas de la majorité des anciennes habitations qui peuvent constituer un point refuge hors d'eau. 530 habitations ont été recensées avec un ou plusieurs étages.

Les habitations récentes sont proportionnellement plus souvent sans étage cependant, le niveau du plancher est également plus souvent surélevé par rapport au terrain naturel (construction sur vides sanitaires ou sur remblais). Malgré le fait que le plancher soit surélevé par rapport au terrain naturel, cela est généralement insuffisant à empêcher l'eau de pénétrer dans les habitations ; il n'y a donc pas de point refuge pour ces habitations qui sont près de 240.

Des « cabanons résidentiels » ont aussi été recensés. Il est entendu par cabanon résidentiel des habitations précaires (type mobil-home, cabane ou petit cabanon en dur reconverti en maison). 19 habitations de ce type ont pu être recensées dont :



- 8 sont situées dans une zone où la hauteur d'eau attendue est comprise entre 0 et 0,5 m.
- 6 sont situées dans une zone où la hauteur d'eau attendue est comprise entre 0,5 et 1 m.
- 4 sont situées dans une zone où la hauteur d'eau attendue est comprise entre 1 et 2 m.
- 1 est située dans une zone où la hauteur d'eau attendue est supérieure à 2 m.

La vulnérabilité de ce type d'habitation est élevée.

Quelques équipements publics sont aussi concernés par le risque inondation : la Station d'épuration, les services techniques, les arènes et deux terrains de sport, la salle des fêtes, une école catholique.

Le reste de la vulnérabilité est le fait d'activités économiques : l'agriculture au premier plan et les entreprises variées. Le nombre d'entreprises en zone inondable a été évalué à 50. Dans ce tissu d'entreprises sont surtout représentés des commerces de gros de fruits et légumes, des ferronneries, des commerces variés (matériaux, textile, meubles, supermarché, commerces de proximité), des garages automobiles, des artisans et entreprises de services. L'évaluation des dommages aux entreprises n'a pas été réalisée car l'échantillon est trop faible pour appliquer une analyse par ratio et nécessiterait de procéder par enquête auprès des entreprises.

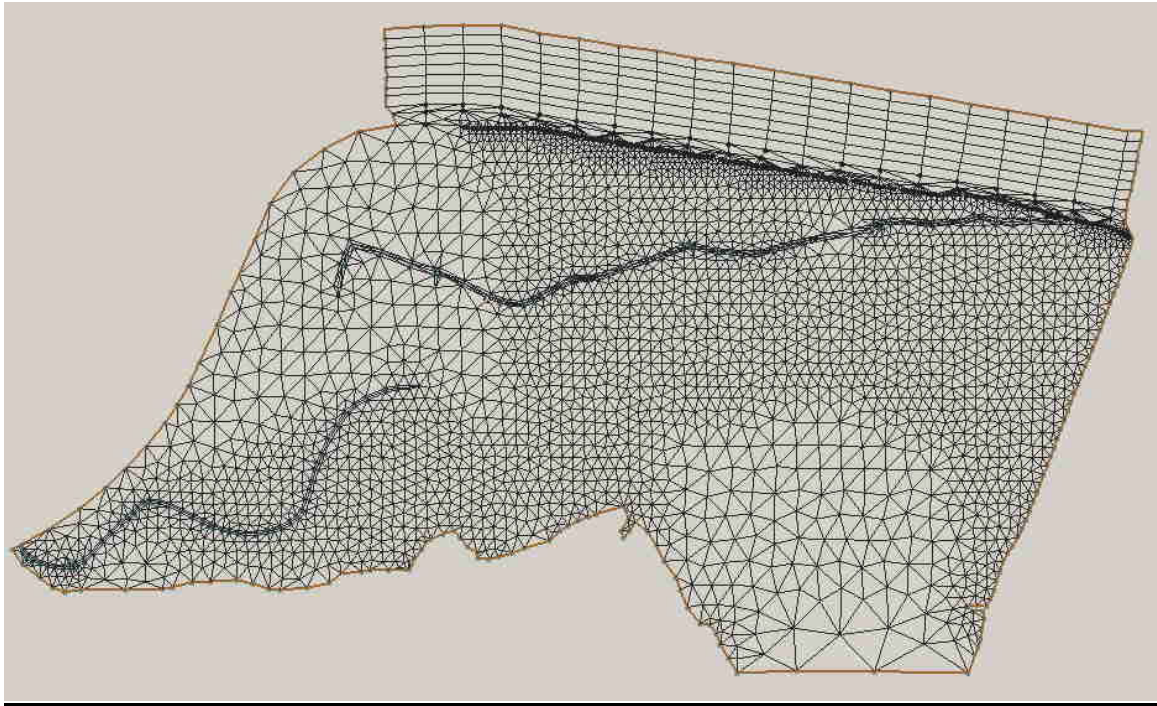
Sur le secteur agricole, les dommages causés aux cultures n'ont pas été évalués, en revanche les dommages causés aux structures de type tunnel ou hangar et granges agricoles ont été évalués.

**Les résultats de l'évaluation des dommages donnent un chiffre de 22 millions d'euros de dégâts pour une crue de type centennal hors dommages aux entreprises. Les dommages aux entreprises s'élèveraient également selon toute vraisemblance à plusieurs millions d'euros.**

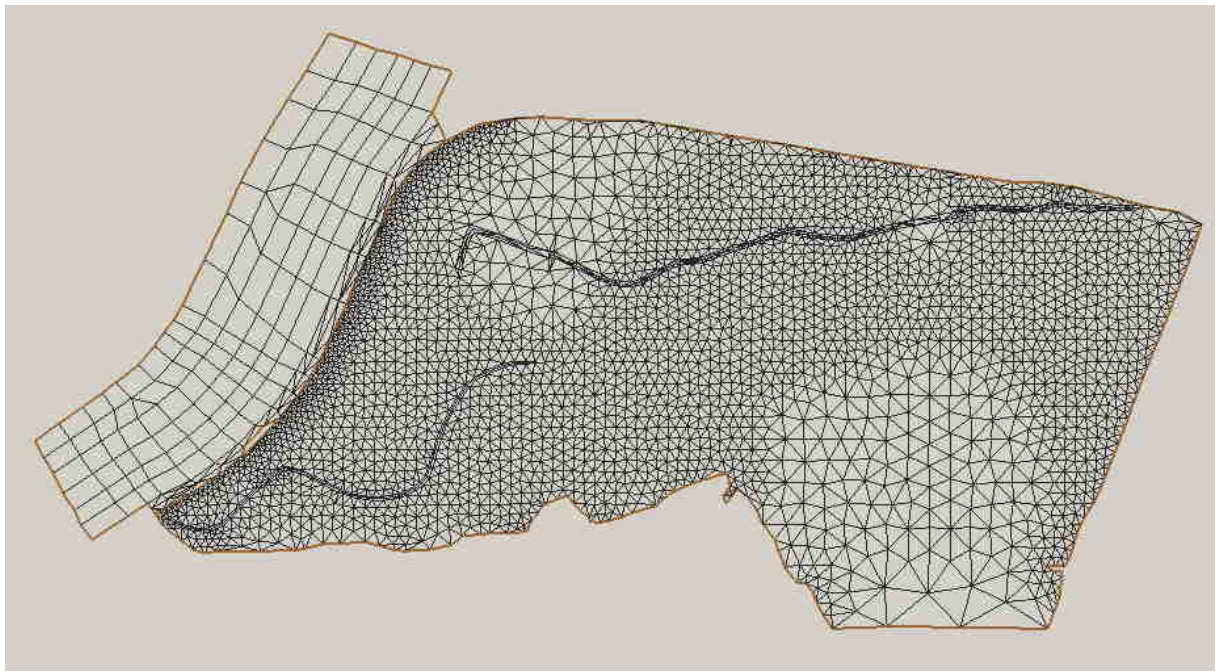
# Annexes

# Annexe 1

## Maillage rupture de Digue de Durance



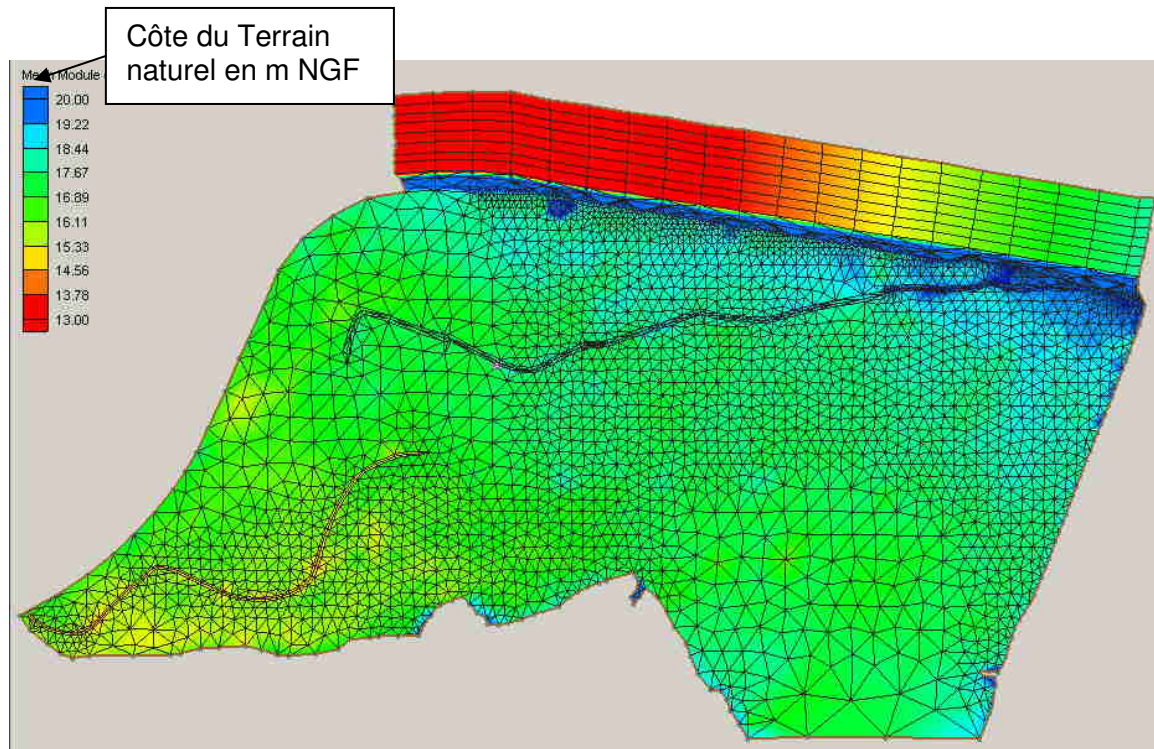
## Maillage rupture de digue de Rhône



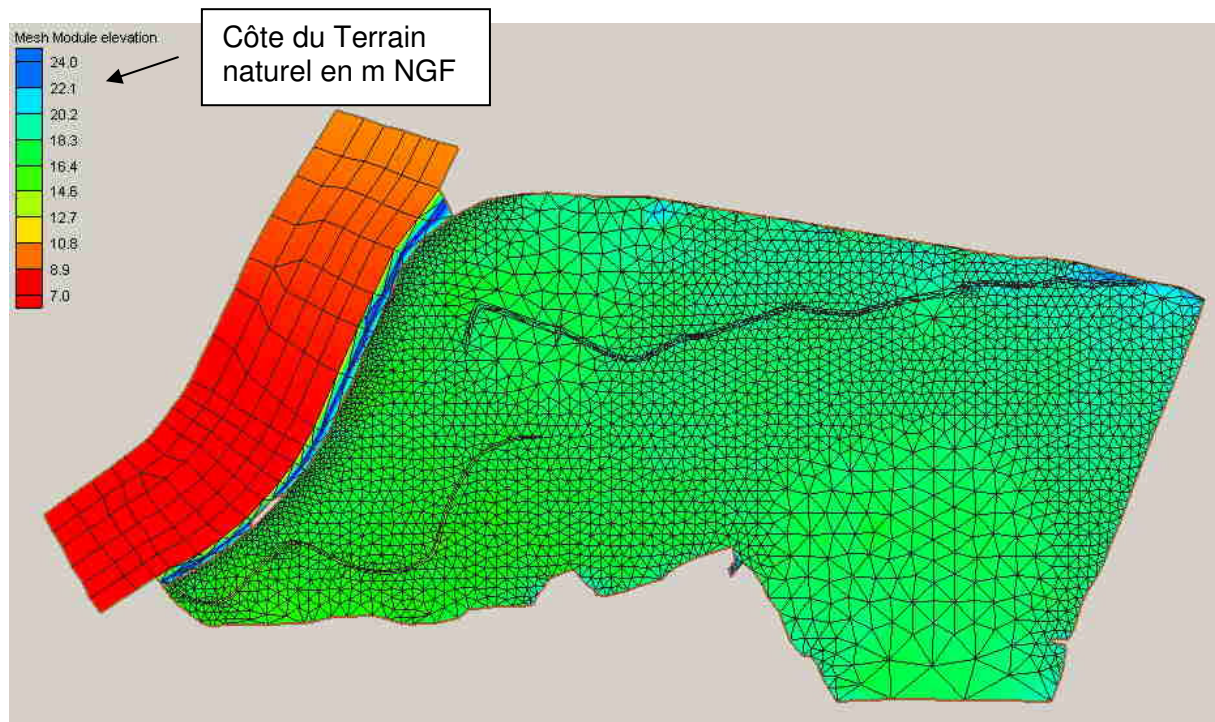


# Annexe 2

## Modèle numérique de terrain rupture de Digue de Durance



## Modèle numérique de terrain rupture de Digue de Rhône

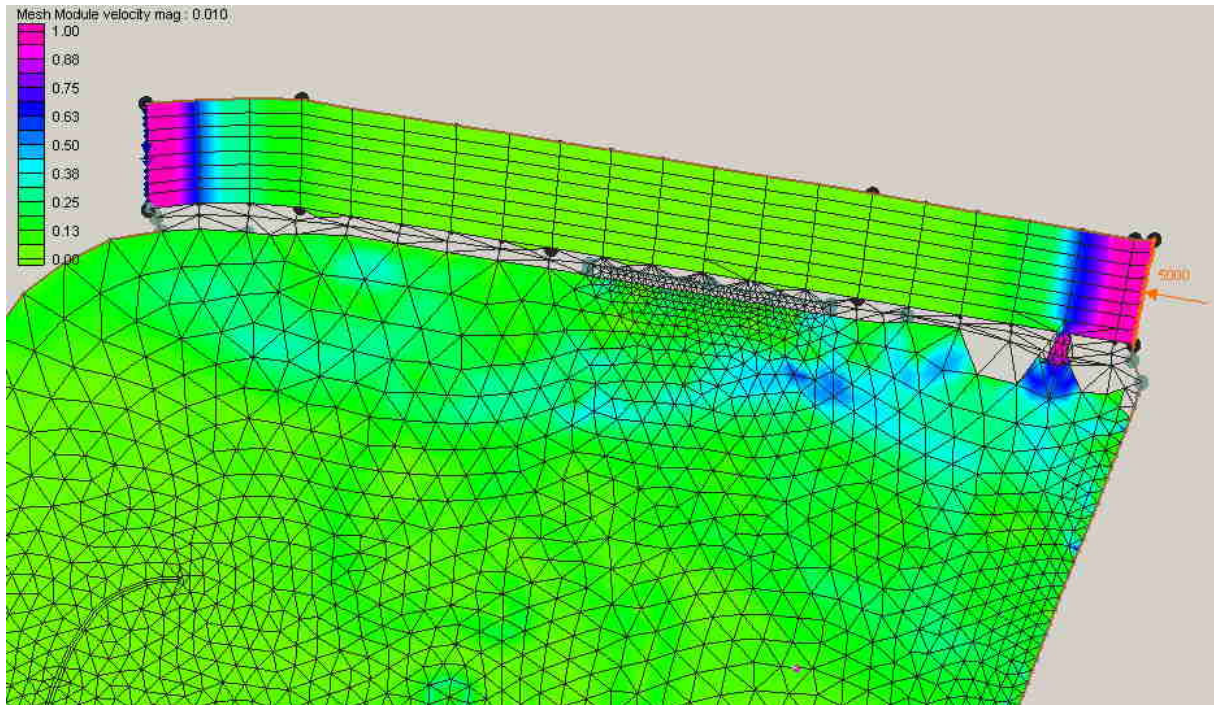


# Annexe 3

Exemple du résultat de la modélisation dans le cas d'une rupture de Digue de Durance en aval du Pont PLM

**Il s'agit ici d'une cartographie des Isohauteurs**

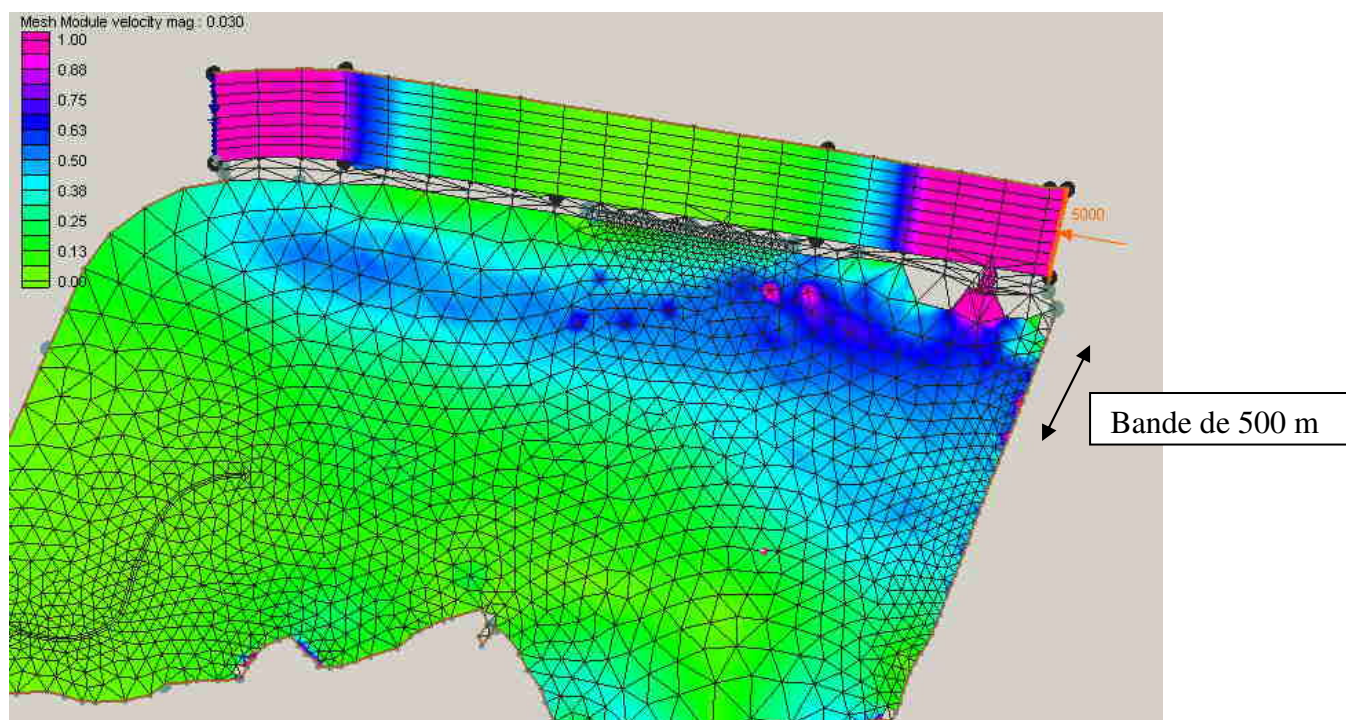
***T= 2 minutes après la rupture***



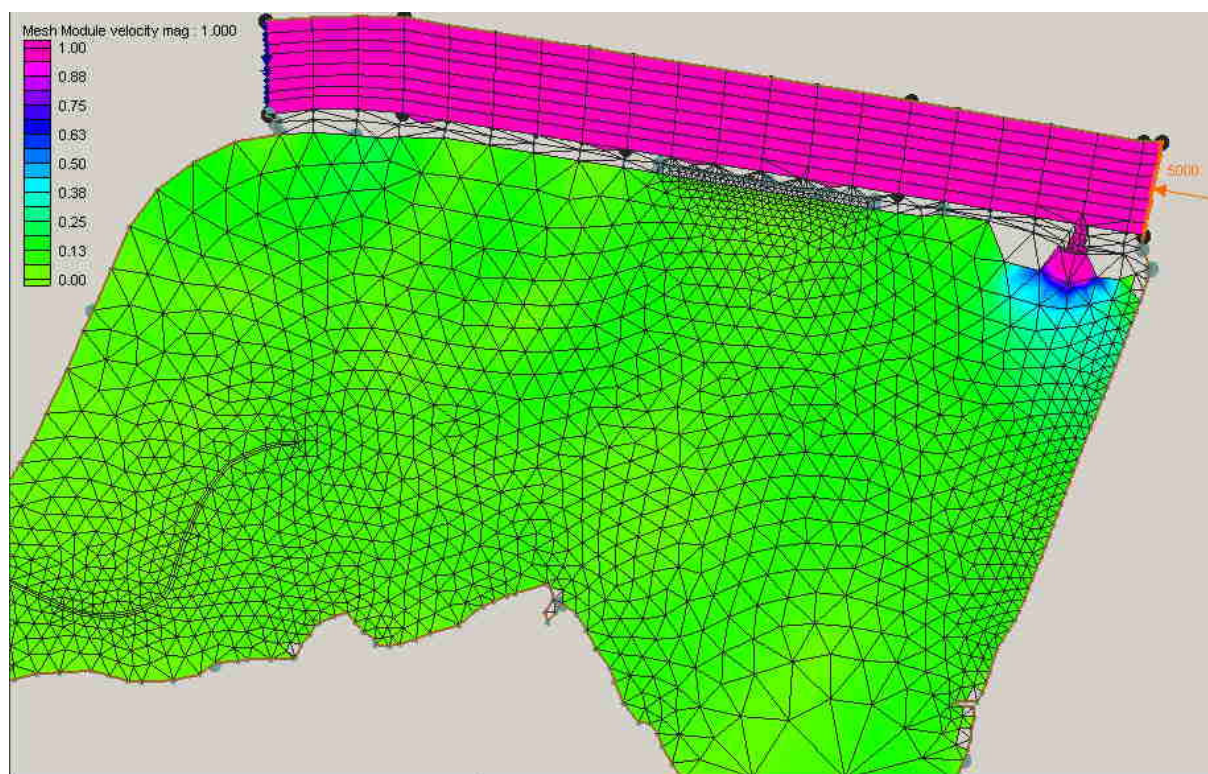
$V > 1 \text{ m/s}$  (rose)  
 $0.5 < V < 1 \text{ m/s}$  (bleu foncé)  
 $v < 0.5 \text{ m/s}$  (vert)



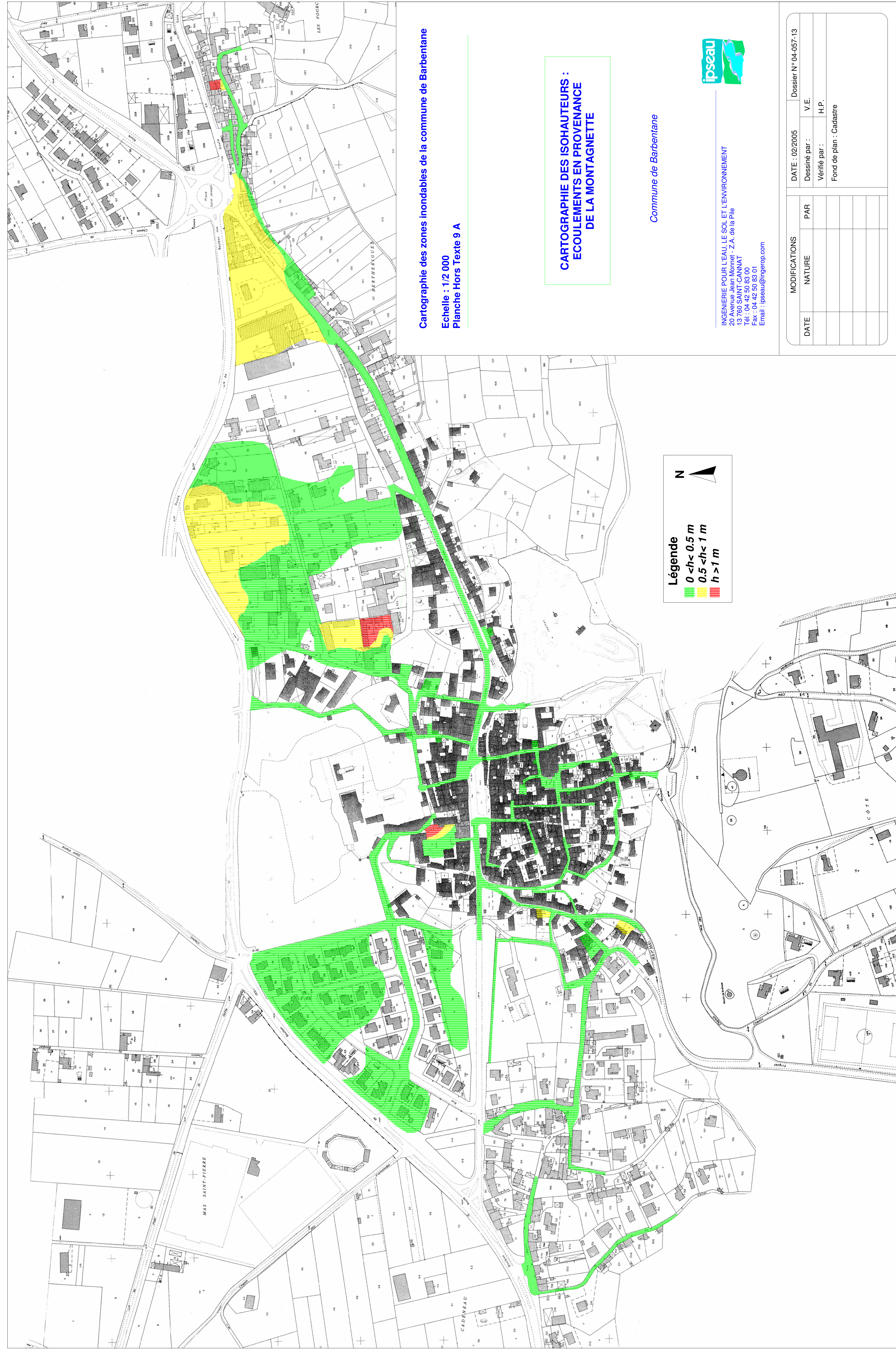
**T= 15 minutes après la rupture**



**T= 1 heure après la rupture**







N

Légende

0 < h < 0.5 m

0.5 < h < 1 m

h > 1 m

Cartographie des zones inondables de la commune de Barbentane

Echelle : 1/2 000

Planche Hors Texte 9 A

CARTOGRAPHIE DES ISOHAUTEURS :  
ECOULEMENTS EN PROVENANCE  
DE LA MONTAGNETTE

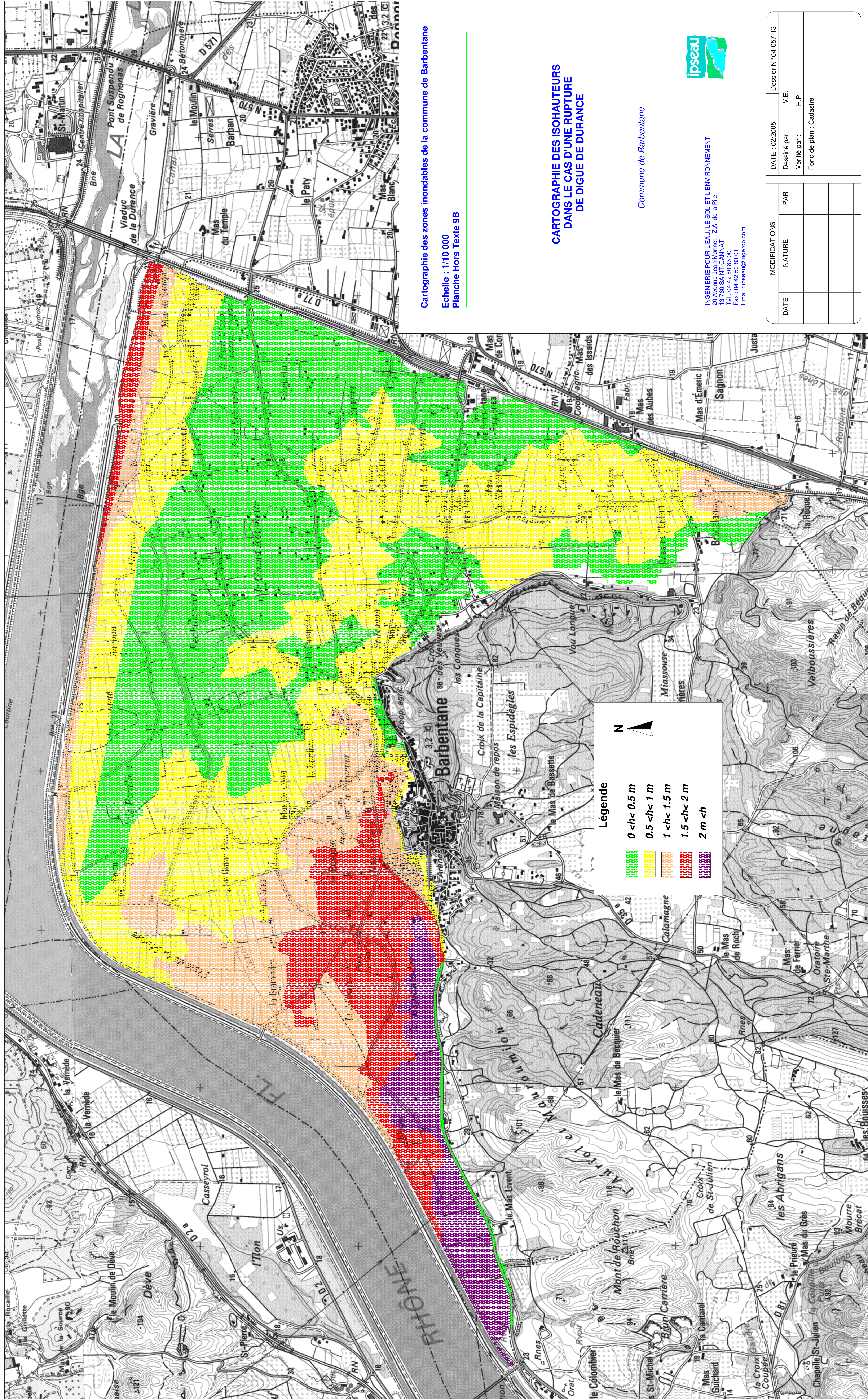
Commune de Barbentane



INGENIERIE POUR L'EAU, LE SOL ET L'ENVIRONNEMENT  
20 Avenue Jean Monnet - Z.A. de la Pile  
13 760 SAINT-CANNAT  
Tel : 04 42 50 83 00  
Fax : 04 42 50 83 01  
Email : ipseau@ingerop.com

| MODIFICATIONS |        | DATE : 02/2005 |                         | Dossier N° 04-057-13 |  |
|---------------|--------|----------------|-------------------------|----------------------|--|
| DATE          | NATURE | PAR            | Dessiné par :           | V.E.                 |  |
|               |        |                | Vérifié par :           | H.P.                 |  |
|               |        |                | Fond de plan : Cadastre |                      |  |
|               |        |                |                         |                      |  |
|               |        |                |                         |                      |  |
|               |        |                |                         |                      |  |





## Cartographie des zones inondables de la commune de Barbentane

**Echelle : 1/10 000**  
**Planche Hors Texte 9B**

# CARTOGRAPHIE DES ISOHAUTEURS DANS LE CAS D'UNE RUPTURE DE DIGUE DE DURANCE

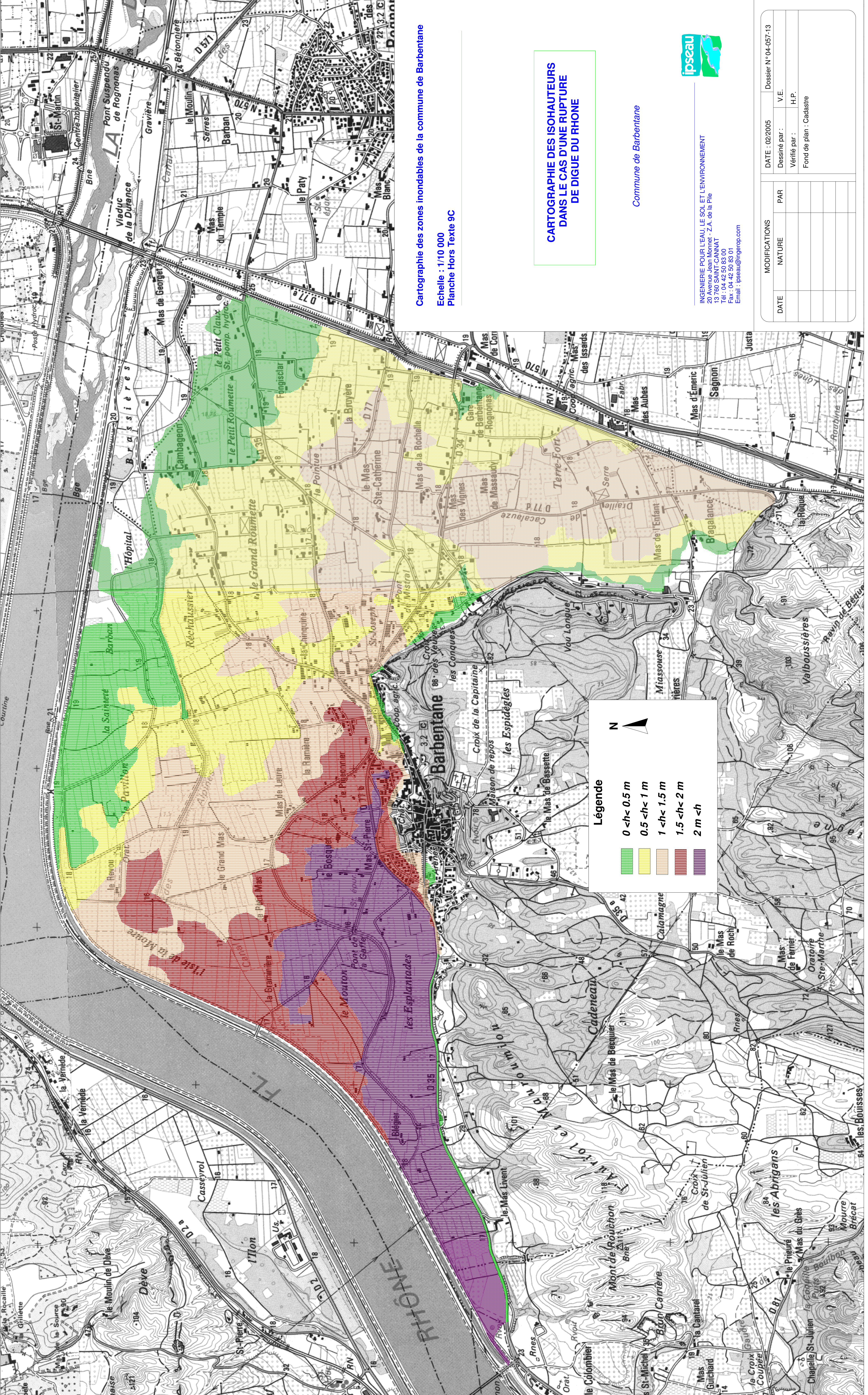
Commune de Barbentane



INGENIERIE POUR L'EAU, LE SOL ET L'ENVIRONNEMENT  
20 Avenue Jean Monnet - Z.A. de la Pile  
13 760 SAINT-CANNAT  
Tél : 04 42 50 83 00  
Fax : 04 42 50 83 01  
Email : [ipseau@ingerop.com](mailto:ipseau@ingerop.com)

|               |        |     |                         |                     |
|---------------|--------|-----|-------------------------|---------------------|
| MODIFICATIONS |        |     | DATE : 02/2005          | Dossier N°04-057-13 |
| DATE          | NATURE | PAR | Dessiné par :           | V.E.                |
|               |        |     | Vérifié par :           | H.P.                |
|               |        |     | Fond de plan : Cadastre |                     |
|               |        |     |                         |                     |
|               |        |     |                         |                     |
|               |        |     |                         |                     |
|               |        |     |                         |                     |





Cartographie des zones inondables de la commune de Barbentane

Echelle : 1/10 000  
Planche Hors Texte 9C

CARTOGRAPHIE DES ISOHAUTEURS  
DANS LE CAS D'UNE RUPTURE  
DE DIGUE DU RHONE

Commune de Barbentane



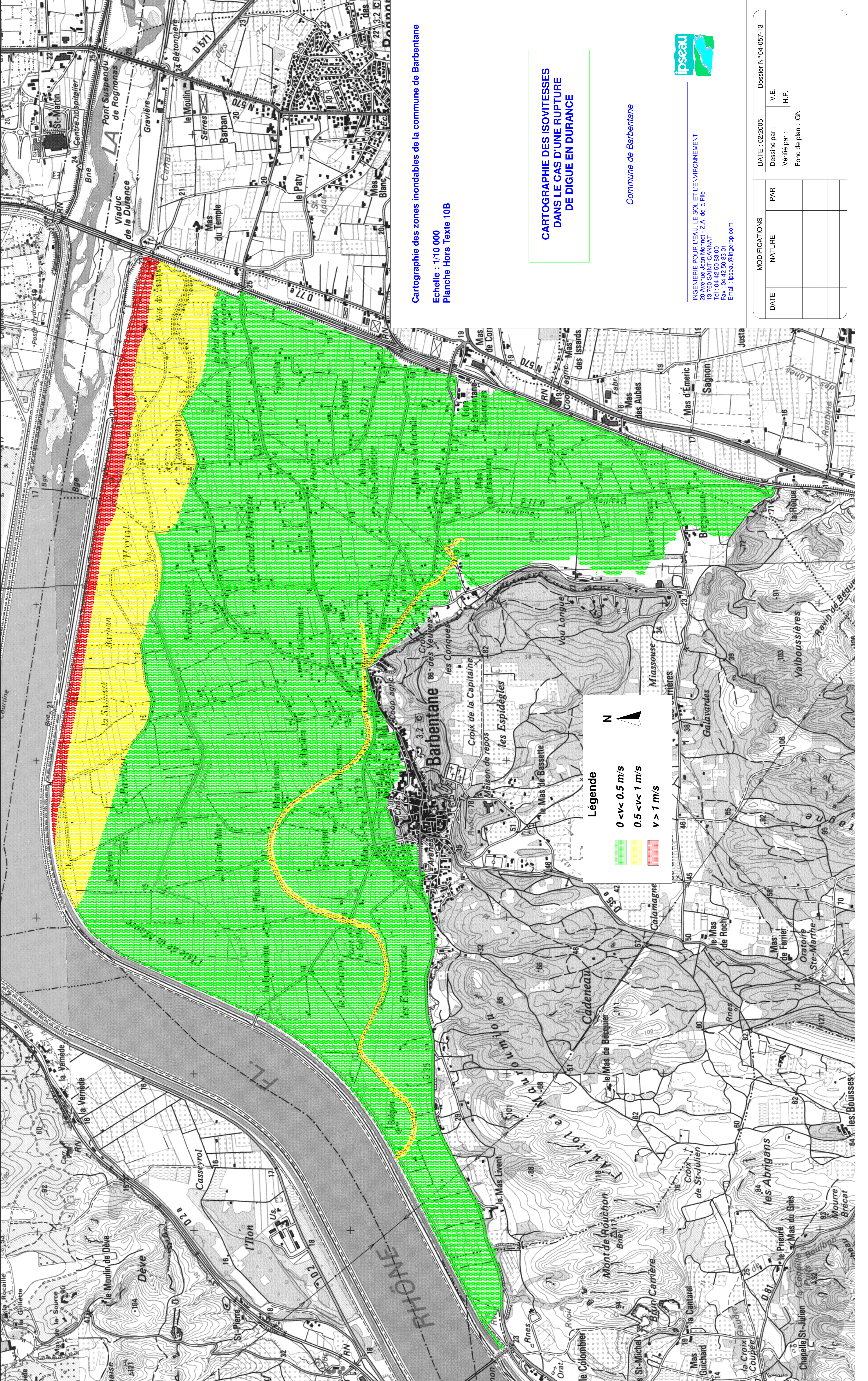
INGENIERIE POUR L'EAU LE SOL ET L'ENVIRONNEMENT  
20 Avenue Jean Monnet - Z.A. de la Pile  
13 780 SAINT-CANNAT  
Tél : 04 42 50 83 00  
Fax : 04 42 50 83 01  
Email : ipseau@ingerop.com

| MODIFICATIONS |        | DATE : 02/2005 | Dossier N° 04-057-13    |
|---------------|--------|----------------|-------------------------|
| DATE          | NATURE | PAR            | V.E.                    |
|               |        |                | V.E.                    |
|               |        |                | H.P.                    |
|               |        |                | Fond de plan : Cadastre |









Cartographie des zones inondables de la commune de Barbentane

Echelle : 1/10 000  
Planche Hors Texte 10B

CARTOGRAPHIE DES ISOVITESSES  
DANS LE CAS D'UNE RUPTURE  
DE DIGUE EN DURANCE

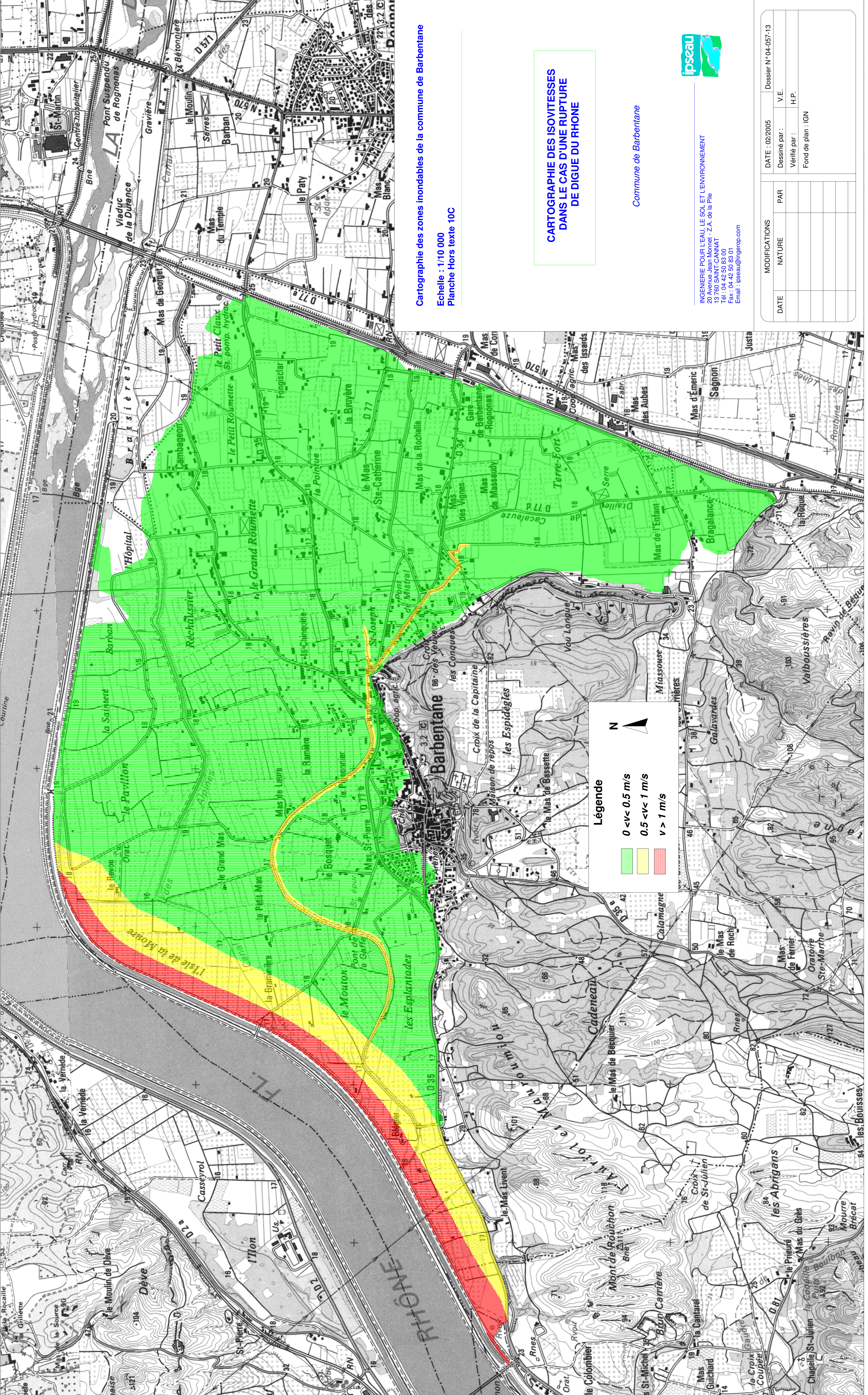
Commune de Barbentane



INGENIERIE POUR L'EAU, LE SOL ET L'ENVIRONNEMENT  
20 Avenue Jean Monnet - Z.A. de la Pile  
13 780 SAINT-CANNAT  
Tél : 04 42 50 83 00  
Fax : 04 42 50 83 01  
Email : ipseau@ingerop.com

| MODIFICATIONS |        | DATE : 02/2005 | Dossier N° 04-057-13 |
|---------------|--------|----------------|----------------------|
| DATE          | NATURE | PAR            | V.E.                 |
|               |        |                | H.P.                 |
|               |        |                | Fond de plan : IGN   |





Cartographie des zones inondables de la commune de Barbentane

Echelle : 1/10 000  
Planche Hors texte 10C

CARTOGRAPHIE DES ISOVITESSES  
DANS LE CAS D'UNE RUPTURE  
DE DIGUE DU RHONE

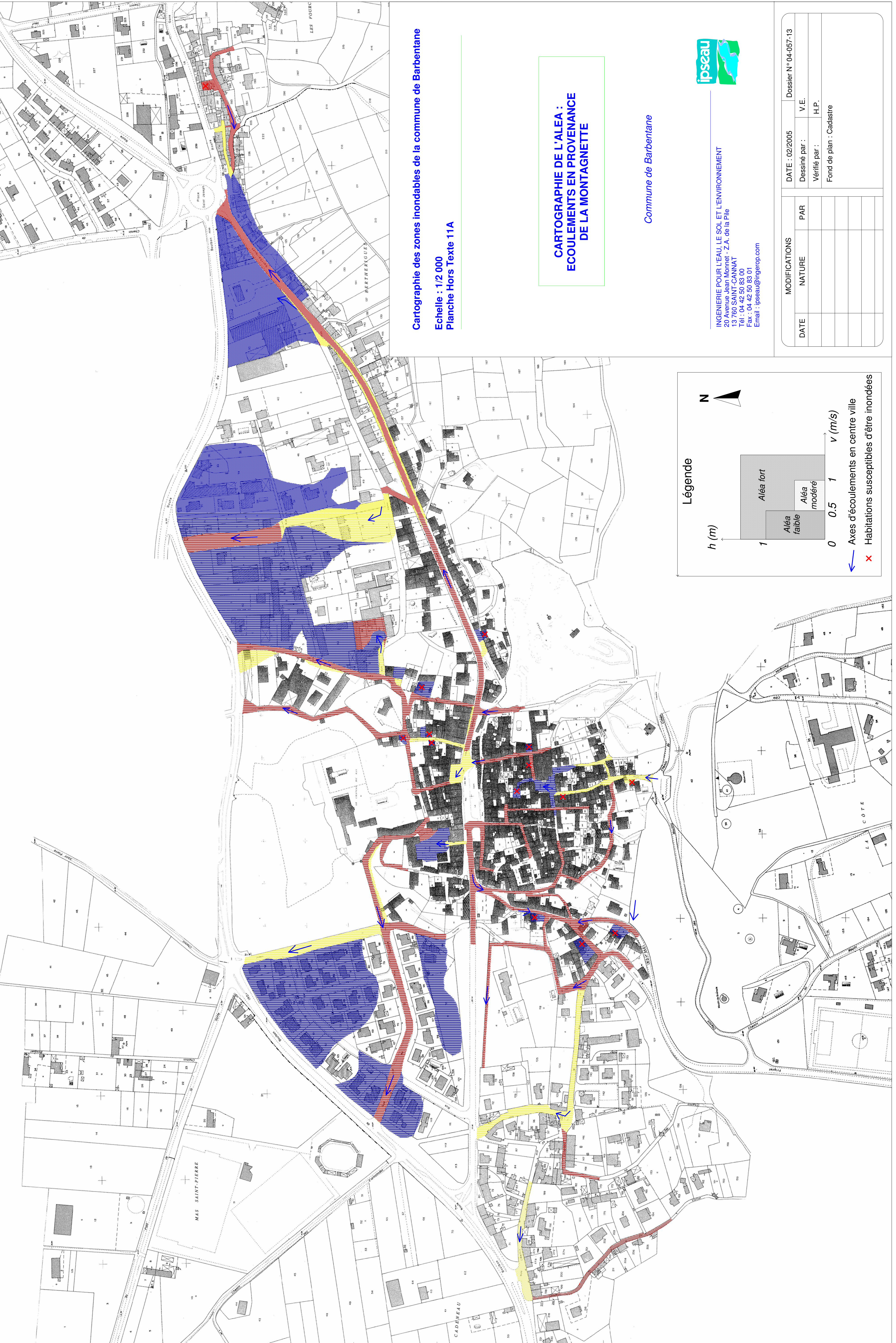
Commune de Barbentane



INGENIERIE POUR L'EAU LE SOL ET L'ENVIRONNEMENT  
20 Avenue Jean Monnet - Z.A. de la Pile  
13 780 SAINT-CANNAT  
Tél : 04 42 50 83 00  
Fax : 04 42 50 83 01  
Email : ipseau@ingerop.com

| MODIFICATIONS |        | DATE : 02/2005 | Dossier N° 04-057-13 |
|---------------|--------|----------------|----------------------|
| DATE          | NATURE | PAR            | V.E.                 |
|               |        |                | H.P.                 |
|               |        |                | Fond de plan : IGN   |





**Légende**

$h$  (m)  $v$  (m/s)

|             |     |     |
|-------------|-----|-----|
| Aléa fort   | 1   | 1   |
| Aléa faible | 0   | 0.5 |
| Aléa modéré | 0.5 | 1   |

— Axes d'écoulements en centre ville

× Habitations susceptibles d'être inondées



INGENIERIE POUR L'EAU, LE SOL ET L'ENVIRONNEMENT  
20 Avenue Jean Monnet - Z.A. de la Pile  
13 760 SAINT-CANNAT  
Tel : 04 42 50 83 00  
Fax : 04 42 50 83 01  
Email : ipseau@ingerop.com

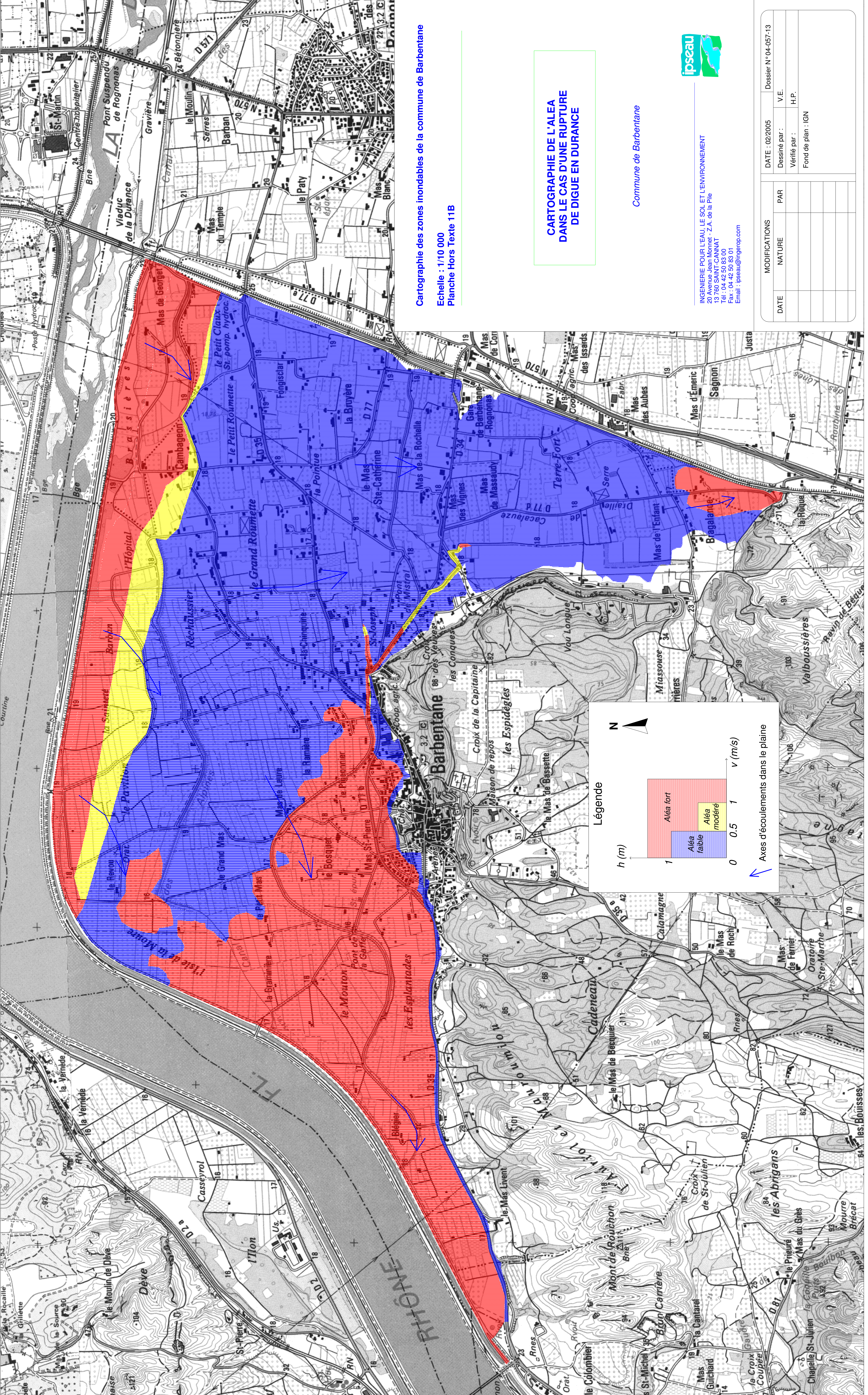
Commune de Barbentane

CARTOGRAPHIE DE L'ALEA :  
ECOULEMENTS EN PROVENANCE  
DE LA MONTAGNETTE

Cartographie des zones inondables de la commune de Barbentane  
Echelle : 1/2 000  
Planche Hors Texte 11A

| MODIFICATIONS |        | DATE : 02/2005 |                         | Dossier N° 04-057-13 |  |
|---------------|--------|----------------|-------------------------|----------------------|--|
| DATE          | NATURE | PAR            | Dessiné par :           | V.E.                 |  |
|               |        |                | Vérifié par :           | H.P.                 |  |
|               |        |                | Fond de plan : Cadastre |                      |  |
|               |        |                |                         |                      |  |
|               |        |                |                         |                      |  |
|               |        |                |                         |                      |  |





Cartographie des zones inondables de la commune de Barbentane

Echelle : 1/10 000  
Planche Hors Texte 11B

CARTOGRAPHIE DE L'ALEA  
DANS LE CAS D'UNE RUPTURE  
DE DIGUE EN DURANCE

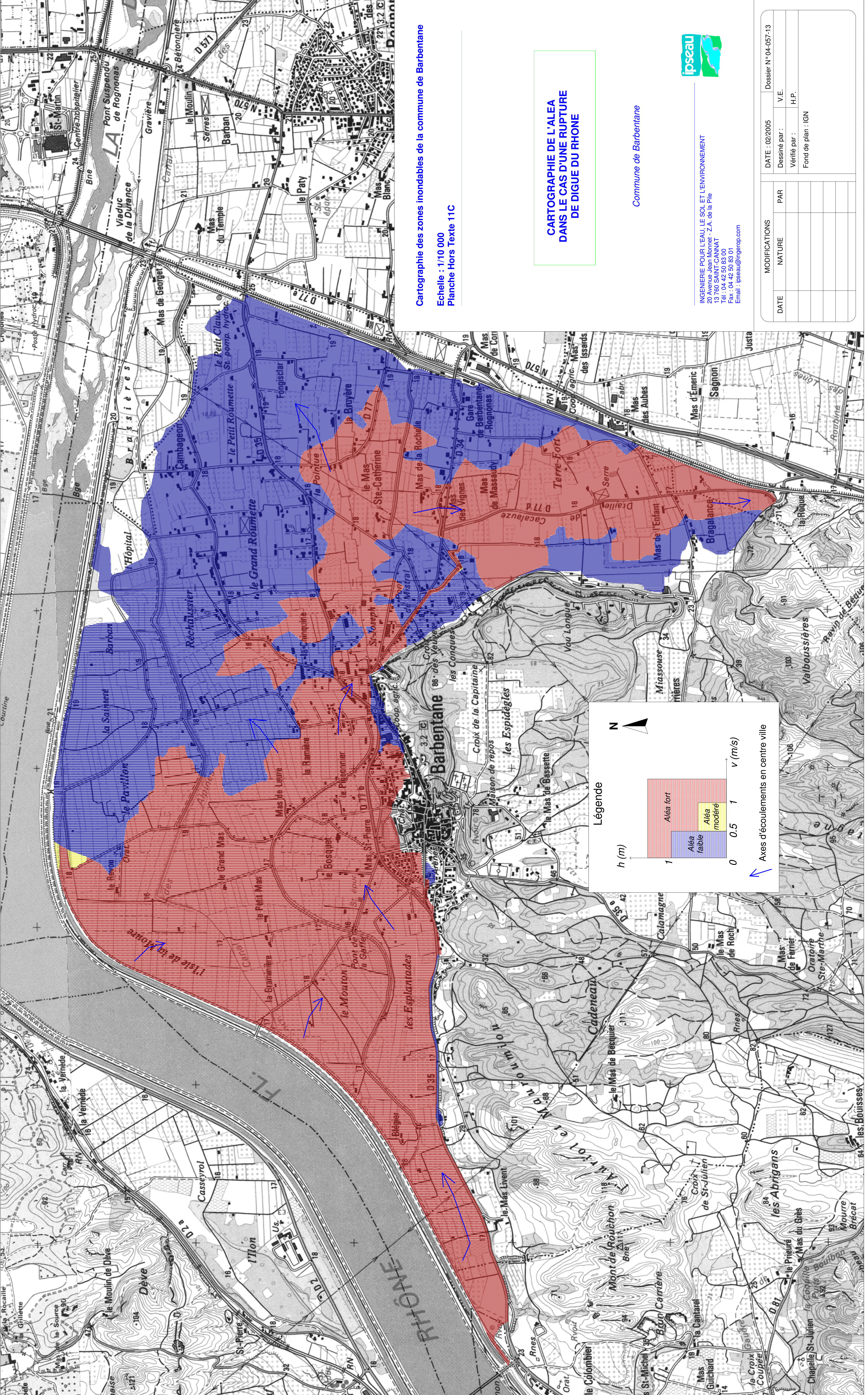
Commune de Barbentane



INGENIERIE POUR L'EAU, LE SOL ET L'ENVIRONNEMENT  
20 Avenue Jean Monnet - Z.A. de la Pile  
13 780 SAINT-CANNAT  
Tél : 04 42 50 83 00  
Fax : 04 42 50 83 01  
Email : ipseau@ingerop.com

| MODIFICATIONS |        | DATE : 02/2005 | Dossier N° 04-057-13 |
|---------------|--------|----------------|----------------------|
| DATE          | NATURE | PAR            | V.E.                 |
|               |        |                | H.P.                 |
|               |        |                | Fond de plan : IGN   |





Cartographie des zones inondables de la commune de Barbentane

Echelle : 1/10 000  
Planche Hors Texte 11C

CARTOGRAPHIE DE L'ALEA  
DANS LE CAS D'UNE RUPTURE  
DE DIGUE DU RHONE

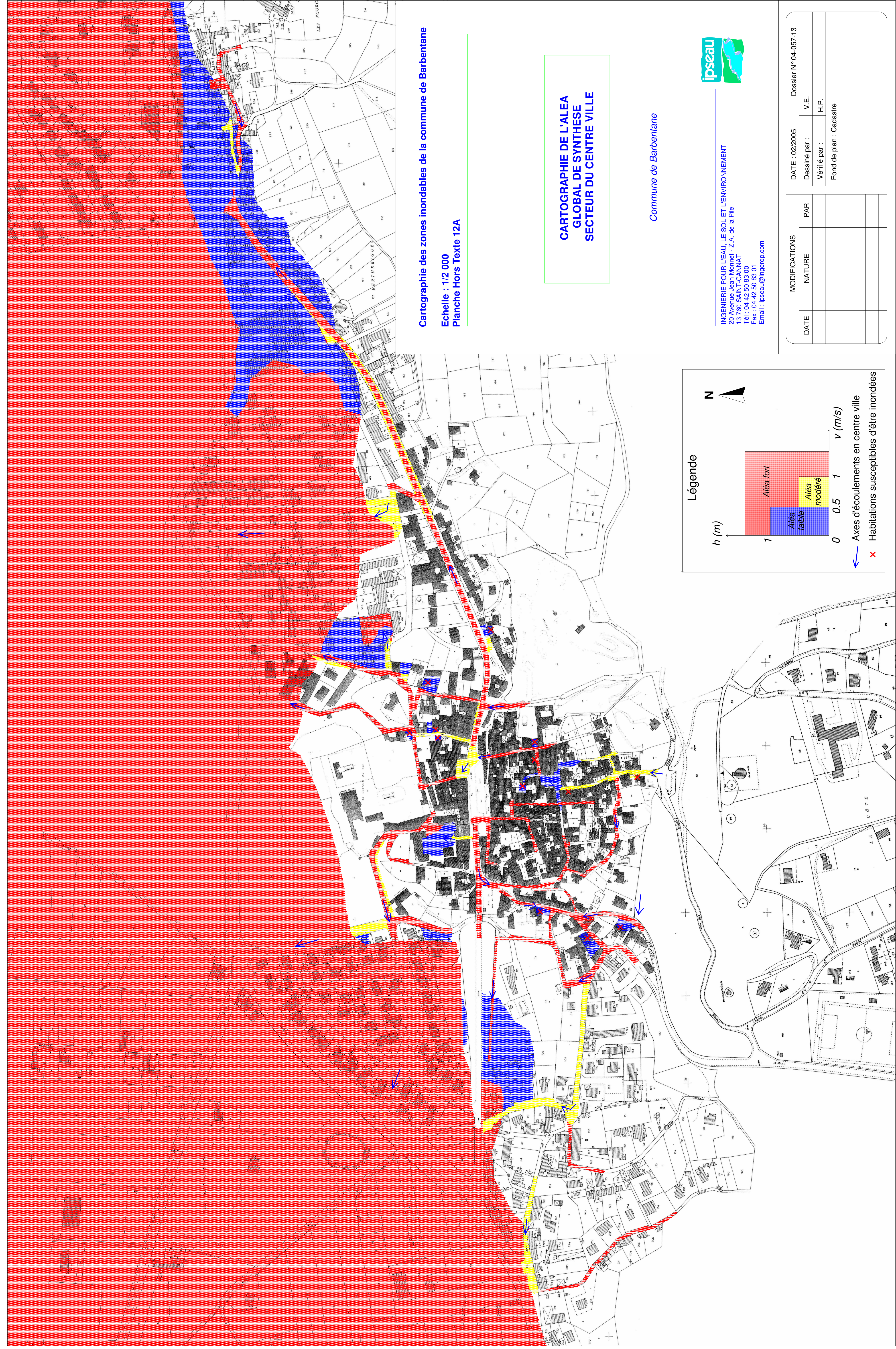
Commune de Barbentane



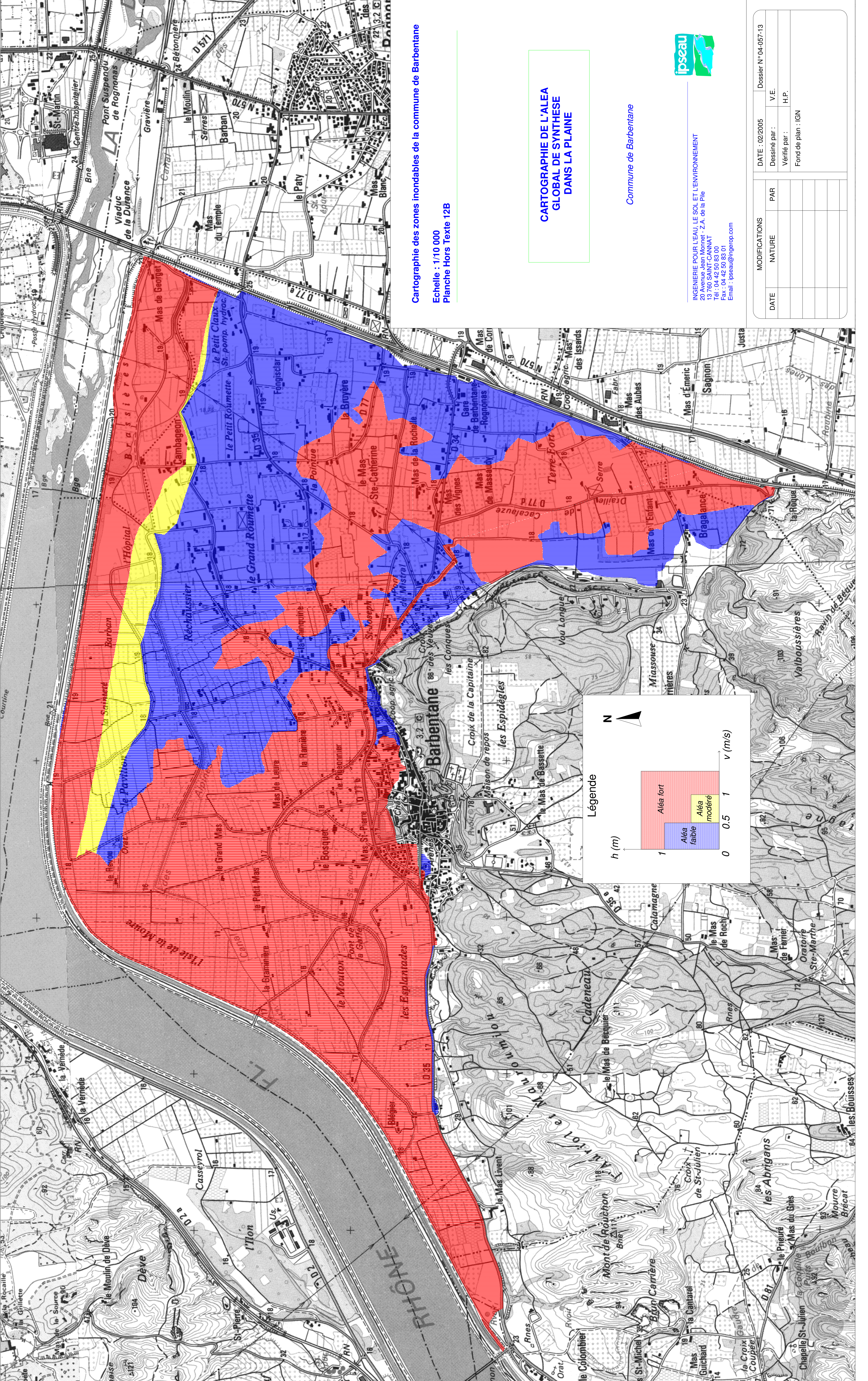
INGENIERIE POUR L'EAU, LE SOL ET L'ENVIRONNEMENT  
20 Avenue Jean Monnet - Z.A. de la Pile  
13 780 SAINT-CANNAT  
Tél : 04 42 50 83 00  
Fax : 04 42 50 83 01  
Email : ipseau@ingerop.com

| MODIFICATIONS |        | DATE : 02/2005 | Dossier N° 04-057-13 |
|---------------|--------|----------------|----------------------|
| DATE          | NATURE | PAR            | V.E.                 |
|               |        |                | H.P.                 |
|               |        |                | Fond de plan : IGN   |









Cartographie des zones inondables de la commune de Barbentane

Echelle : 1/10 000  
Planche Hors Texte 12B

CARTOGRAPHIE DE L'ALEA  
GLOBAL DE SYNTHESE  
DANS LA PLAINE

Commune de Barbentane



INGENIERIE POUR L'EAU, LE SOL ET L'ENVIRONNEMENT  
20 Avenue Jean Monnet - Z.A. de la Pile  
13 780 SAINT-CANNAT  
Tél : 04 42 50 83 00  
Fax : 04 42 50 83 01  
Email : ipseau@ingerop.com

| MODIFICATIONS |        | DATE : 02/2005 | Dossier N° 04-057-13 |
|---------------|--------|----------------|----------------------|
| DATE          | NATURE | PAR            | V.E.                 |
|               |        |                | H.P.                 |
|               |        |                | Fond de plan : IGN   |