

Janvier 2017

MM3496

## Définition de l'aléa inondation sur les communes de Cabriès, Bouc-Bel-Air et Simiane-Collongue



## IDENTIFICATION

---



### INGÉROP Conseil et Ingénierie

Agence de Aix-en-Provence - Domaine du Petit Arbois - Pavillon Laënnec - Hall B - BP 20056 - F-13545 Aix-en-Provence cedex 4  
Tél. : (33)4 42 50 83 00 - N° Siret 489 626 135 00250 - [ingerop.aix@ingerop.com](mailto:ingerop.aix@ingerop.com) - [ingerop.fr](http://ingerop.fr)  
Siège Social : 18 rue des deux gares - CS 70081 - F-92563 Rueil-Malmaison Cedex  
S.A.S. au capital de 5 800 000 € - R.C.S. Nanterre B 489 626 135 - APE 7112B - Code TVA n° FR 454 896 261 35



## GESTION DE LA QUALITE

---

Version	Date	Intitulé	Rédaction	Lecture	Validation
1	01/2017	EH	MC	JF	JF

### Observations sur l'utilisation du rapport :

***Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations d'INGÉROP ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.***

***La société INGEROP n'est pas responsable de la vérification de la véracité des informations transmises, à l'exception de celles normalement décelables par l'homme de l'art, et celles pour lesquelles le Client a exigé une analyse spécifique.***





## SOMMAIRE

---

<b>1</b>	<b>OBJET DE L'ETUDE</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>ENQUETES DE TERRAIN ET PHENOMENES D'INONDATION PASSES</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>COMMUNE DE SIMIANE-COLLONGUE</b>	<b>13</b>
3.1.1	Les crues historiques	14
3.1.2	Les dysfonctionnements propres à chaque cours d'eau	15
3.1.3	Les Secteurs à Enjeux	16
<b>3.2</b>	<b>COMMUNE DE BOUC-BEL-AIR</b>	<b>17</b>
3.2.1	Les crues historiques	17
3.2.2	Les dysfonctionnements propres à chaque cours d'eau	17
3.2.3	Les Secteurs à Enjeux	19
<b>3.3</b>	<b>COMMUNE DE CABRIES</b>	<b>20</b>
3.3.1	Les crues historiques	20
3.3.2	Les dysfonctionnements propres à chaque cours d'eau	20
3.3.3	Les Secteurs à Enjeux	24
<b>3.4</b>	<b>CONCLUSION SUR LES ENQUETES DE TERRAIN</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>ANALYSE HYDROLOGIQUE</b>	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>CLIMATOLOGIE – PLUVIOMETRIE</b>	<b>26</b>
4.1.1	Caractéristiques climatiques générales	26
4.1.2	Précipitations intenses	27
<b>4.2</b>	<b>MODELISATION PLUIE-DEBIT</b>	<b>28</b>
4.2.1	Méthodologie	28
4.2.2	Les paramètres hydrologiques	33
4.2.2.1	Caractéristiques géométriques des sous bassins versants	33
4.2.2.2	Curve Number (indice de ruissellement)	33
4.2.2.3	Absorption initiale	35

4.2.2.4 Temps de concentration	36
4.2.2.5 Temps de transfert et coefficients d'amortissement sur le Grand Vallat	37
4.2.3 Débits de projet et débits de référence	38
<b>4.3 COHERENCE DES RESULTATS</b>	<b>40</b>
<b>4.4 ETUDE COMPLEMENTAIRE SUR CABRIES</b>	<b>41</b>
<b>5 MODELISATION DES ECOULEMENTS</b>	<b>48</b>
<b>5.1 PRESENTATION DES MODELES</b>	<b>48</b>
<b>5.2 TOPOGRAPHIE</b>	<b>53</b>
5.2.1 Modèles numériques de terrain	53
5.2.2 Levés terrestres	53
5.2.3 Profils en travers	54
<b>5.3 MODELISATION DES LITS MINEURS</b>	<b>54</b>
5.3.1 Géométrie des cours d'eau	54
5.3.2 Profils en travers et ouvrages	55
5.3.3 Coefficients de rugosité	56
<b>5.4 MODELISATION DU LIT MAJEUR</b>	<b>56</b>
5.4.1 Emprises des modèles et maillages	56
5.4.2 Coefficients de rugosité	57
<b>5.5 COUPLAGE LIT MINEUR / LIT MAJEUR</b>	<b>58</b>
<b>5.6 CONDITIONS AUX LIMITES</b>	<b>58</b>
5.6.1 Conditions aux limites amont	58
5.6.2 Conditions aux limites aval	59
<b>5.7 MODELISATION DE L'EVENEMENT DE REFERENCE</b>	<b>60</b>
5.7.1 Résultats cartographiques	60
5.7.2 Analyse du fonctionnement en crue de l'évènement de référence	81
5.7.2.1 Simiane-Collongue	81
5.7.2.2 Bouc-Bel-Air	85
5.7.2.3 Cabriès	88
5.7.2.4 Aix-La-Durance	95
<b>6 CARTOGRAPHIE DE L'ALEA</b>	<b>97</b>



<b>6.1</b>	<b>PRESENTATION GENERALE</b>	<b>97</b>
<b>6.2</b>	<b>HYPOTHESES RETENUES</b>	<b>98</b>
<b>6.3</b>	<b>CARTOGRAPHIES DE SYNTHESE</b>	<b>103</b>



## TABLEAUX

---

Tableau 1 : Liste des cours d'eau étudiés.....	10
Tableau 2 : Quantiles de pluie en mm pour la station météorologique d'Aix-Les-Milles.....	27
Tableau 3 : Caractéristiques géométriques des sous bassins versants .....	33
Tableau 4 : Définition du Curve Number (indice de ruissellement du sol) .....	34
Tableau 5 : Curve Number pour chaque BV .....	34
Tableau 6 : Absorption initiale (mm).....	36
Tableau 7 : Définition des temps de concentration .....	36
Tableau 8 : Calage des temps de transfert et coefficients d'amortissement sur le Grand Vallat pour un évènement décennal .....	37
Tableau 9 : Débit obtenu à la confluence avec l'Arc pour les occurrences 2, 5, 50 ans et pluie de 1993 .....	38
Tableau 10 : Débits de pointe des sous bassins versants .....	40
Tableau 11 : Comparaison des débits pseudo-spécifiques .....	41
Tableau 12 : Caractéristiques géométriques et hydrologiques des sous bassins versants sur la commune de Cabriès .....	45
Tableau 13 : Débits de référence pour les sous bassins versants redécoupés sur la commune de Cabriès .....	46
Tableau 14 : Débits obtenus pour le bassin versant du Grand Torrent (ou Baume Baragne).....	47
Tableau 15 : Linéaire des cours d'eau modélisés .....	54
Tableau 16 : Coefficients de rugosité retenus en lit mineur .....	56
Tableau 17 : Coefficients de rugosité retenus en lit majeur .....	57
Tableau 18 : Conditions aval – Modèle Cabriès.....	60

## FIGURES

---

Figure 1 : Réseau hydrographique et bassins versants étudiés .....	11
Figure 2 : Modèle Pluie-Débit .....	29
Figure 3 : Illustration des temps de transfert et coefficient d'amortissement sur le Grand Vallat .....	29
Figure 4 : Modèle Pluie-Débit – Découpage en sous bassins versants.....	31
Figure 5 : Occupation du sol.....	35
Figure 6 : Pluie de septembre 1993 .....	39
Figure 7 : Hydrogrammes de crue de la Petite Jouïne au niveau de la RD9 (Données SAFEGE) .....	39
Figure 8 : Redécoupage en sous bassins versants pour l'étude complémentaire sur la commune de Cabriès (réalisée en 2016) .....	43
Figure 9 : Modèles hydrauliques utilisés pour cartographier l'aléa inondation .....	51
Figure 10 : Données topographiques .....	53
Figure 11 : Extrait du modèle unidimensionnel (SABA 2012) .....	56
Figure 12 : Extrait des modèles 2D – Topographie.....	57
Figure 13 : Coefficients de rugosité – Secteur vallats de Pibou et Babol à Bouc-Bel-Air .....	58
Figure 14 : Conditions aux limites amont – Modèle Cabriès.....	59
Figure 15 : Hauteurs maximales – Evènement de référence – Secteur Simiane-Collongue.....	61
Figure 16 : Vitesses maximales – Evènement de référence – Secteur Simiane-Collongue.....	63
Figure 17 : Hauteurs maximales – Evènement de référence – Secteur Bouc-Bel-Air .....	65
Figure 18 : Vitesses maximales – Evènement de référence – Secteur Bouc-Bel-Air .....	67
Figure 19 : Hauteurs maximales – Evènement de référence – Secteur Cabriès Grand Vallat.....	69
Figure 20 : Vitesses maximales – Evènement de référence – Secteur Cabriès Grand Vallat.....	71
Figure 21 : Hauteurs maximales – Evènement de référence – Secteur Cabriès Ouest .....	73
Figure 22 : Vitesses maximales – Evènement de référence – Secteur Cabriès Ouest .....	75
Figure 23 : Hauteurs maximales – Evènement de référence – Secteur Aix-la-Durance .....	77
Figure 24 : Vitesses maximales – Evènement de référence – Secteur Aix-la-Durance .....	79
Figure 25 : Premiers débordements sur le vallat des Mourgues à Simiane-Collongue .....	81
Figure 26 : Zone de stockage en amont de l'axe voie ferrée / RD6.....	82
Figure 27 : Photographies des ouvrages sous l'axe VF / RD6 .....	83
Figure 28 : Vallats de Rajol et des Tilleuls – Fonctionnement en crue .....	84
Figure 29 : Vallats de Babol et de Pibou – Fonctionnement en crue .....	85
Figure 30 : Vallat des Tilleuls – Fonctionnement en crue .....	86
Figure 31 : Vallat de Violési et Grand Vallat – Fonctionnement en crue .....	87
Figure 32 : Grand Vallat – Surverse par-dessus l'A51 .....	87
Figure 33 : Du vallat de la Mule au vallat de Rans – Fonctionnement en crue.....	88
Figure 34 : Grand Vallat de la confluence avec le vallat de Rans jusqu'à la RD60 – Fonctionnement en crue.....	90



Figure 35 : Grand Vallat de la RD60 à Lagremeuse – Fonctionnement en crue .....	91
Figure 36 : Vallat de la Cluée – Fonctionnement en crue .....	92
Figure 37 : Vallat de Rans amont – Fonctionnement en crue .....	92
Figure 38 : Vallat de Calas amont – Fonctionnement en crue .....	93
Figure 39 : Vallat de Calas et de Champfleury – Fonctionnement en crue .....	94
Figure 40 : Grand Vallat de Lagremeuse à la Duranne – Fonctionnement en crue .....	95
Figure 41 : Grand Vallat de la Duranne à la confluence avec l’Arc – Fonctionnement en crue .....	96
Figure 42 : Grille d’aléa (Source : DDTM 13) .....	97
Figure 43 : Exemple cartographie aléa brut / aléa lissé .....	98
Figure 44 : Cartographie de l’aléa – Hypothèse sur les lits mineurs .....	99
Figure 45 : Cartographie de l’aléa – Hypothèse sur l’enveloppe de la zone inondable .....	99
Figure 46 : Cartographie de l’aléa – Hypothèse sur les axes d’écoulement .....	99
Figure 47 : Cartographie de l’aléa – Hypothèse sur les zones d’ombre .....	100
Figure 48 : Cartographie de l’aléa – Hypothèse sur le vallat de Rans .....	101

## 1 OBJET DE L'ETUDE

---

La Jouïne (issue de la confluence entre le Grand Vallat et la Petite Jouïne) est un affluent de l'Arc. Le Grand Vallat et ses affluents traversent de nombreux secteurs habités sur les communes de Simiane-Collongue, Bouc-Bel-Air, Cabriès et Aix-en-Provence la Duranne. La Petite Jouïne, sur la commune d'Aix-en-Provence uniquement, conflue avec le Grand Vallat à l'aval de la RD9 après son passage dans la zone d'activités des Milles. La superficie du bassin versant de la Jouïne est de 75 km<sup>2</sup>.

Ce secteur connaît, comme beaucoup de communes de l'arc méditerranéen, de nombreux problèmes d'inondation liés à des phénomènes pluvieux intenses sur des sols de plus en plus imperméabilisés du fait de la croissance incessante de l'urbanisation.

Plusieurs études antérieures ont permis d'affiner la connaissance du risque inondation sur ce territoire. La plus récente, l'« *Etude pour la réduction de l'aléa inondation au droit des lieux habités en tenant compte du fonctionnement naturel des cours d'eau* », a été réalisée par INGEROP en 2012 pour le Syndicat d'Aménagement du Bassin versant de l'Arc (SABA). Cette étude a permis, entre autres, de déterminer les hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement pour plusieurs occurrences de pluie, notamment pour l'évènement de référence (type 1993). Le croisement hauteur/vitesse permettant de définir les classes d'aléa n'a pas été réalisé.

En revanche, l'étude « *Synthèse et mise en cohérence des études existantes relatives à l'inondabilité des communes de Bouc-Bel-Air, Cabriès et Simiane-Collongue* » réalisée par IPSEAU INGEROP en 2006 pour la DDE des Bouches-du-Rhône, avait abouti sur la cartographie de l'aléa inondation sur le secteur. L'aléa était issu de modélisations unidimensionnelles, moins précises que celles qui ont été réalisées pour le SABA en 2012.

La Direction Départementale des Territoires et de la Mer des Bouches-du-Rhône souhaite homogénéiser la connaissance de l'aléa inondation sur le bassin versant de l'Arc. Dans la continuité de cette démarche, elle souhaite disposer de cartographies décrivant l'aléa inondation sur le bassin versant du Grand Vallat.

La présente mission a pour objectif de réaliser les cartes d'aléa sur le bassin versant du Grand Vallat et de la Petite Jouïne (secteur Aix la Duranne), en vue de la création d'un Porter-à-Connaissance par le Préfet.

## 2 PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE

Les bassins versants du Grand Vallat et de la Petite Jouïne couvrent respectivement une superficie de 60 km<sup>2</sup> et 15 km<sup>2</sup> environ. La confluence des deux cours d'eau donne naissance à la Jouïne, qui se jette, quelques centaines de mètres en aval, dans l'Arc, en amont du pont de Saint-Pons.

Le tableau et la figure ci-après présentent le réseau hydrographique ainsi que les bassins versants étudiés.

**Tableau 1 : Liste des cours d'eau étudiés**

Nom des cours d'eau	Parcours reconnu et nom des lieux dits	Longueur (km)	Surface du bassin versant (km <sup>2</sup> )	Communes traversées
<b>Grand Vallat</b>	De la confluence entre le Vallat de Babol et le Vallat de Pibou à la confluence avec la Petite Jouïne	9.1	59.2	<b>Bouc Bel Air Cabriès Aix-en-Provence</b>
<b>Vallat de Babol</b>	De la source de Roque à la confluence avec le Grand Vallat et le Vallat de Pibou	5.4	11.9	<b>Simiane-Collongue Bouc Bel Air</b>
<b>Vallat des Mourgues</b>	De la Fontaine de Venel à la confluence avec le Vallat de Babol	4.2	3.8	<b>Simiane-Collongue</b>
<b>Vallat de Rajol</b>	De Simiane – Collongue (village) à la confluence avec le Vallat des Tilleuls	1.3	1.4	<b>Simiane–Collongue Bouc Bel Air</b>
<b>Vallat des Tilleuls</b>	De la sortie du vallon de l'Oasis à la confluence avec le Grand Vallat	2.7	10.2	<b>Simiane–Collongue Bouc Bel Air</b>
<b>Vallat de Pibou</b>	De la Sèbe à la confluence avec le Grand Vallat et le Vallat de Babol	2.9	3.5	<b>Bouc Bel Air</b>
<b>Vallat de Violési</b>	De l'ancien Oppidum à la confluence avec le Grand Vallat	2.7	6.6	<b>Bouc Bel Air</b>
<b>Vallat de la Mule</b>	De la Mule (autoroute A51) à la confluence avec le Grand Vallat	1.5	2.6	<b>Bouc Bel Air</b>
<b>Vallat de la Cluée (ou Violet)</b>	De Cabriès (centre-ville) à la confluence avec le Grand Vallat	2	1.5	<b>Cabriès</b>
<b>Vallat de Rans</b>	De la Malle (amont RD6) à la confluence avec le Grand Vallat	3.9	4.4	<b>Cabriès</b>
<b>Vallat de Calas (ou Petit Vallat ou ruisseau de Fontaube)</b>	De la Foraine à la confluence avec le Grand Vallat (Lagremeuse)	5.2	9.5	<b>Cabriès</b>
<b>Vallat de Champfleury (ou de Thouin)</b>	Du vallon de Thouin à la confluence avec le Vallat de Calas	2	2.5	<b>Cabriès (Calas)</b>
<b>Petite Jouïne</b>	<b>De la Mounine (amont A51) à la confluence avec le Grand Vallat</b>	<b>4.5</b>	<b>15</b>	<b>Aix-en-Provence</b>

Décembre 2016

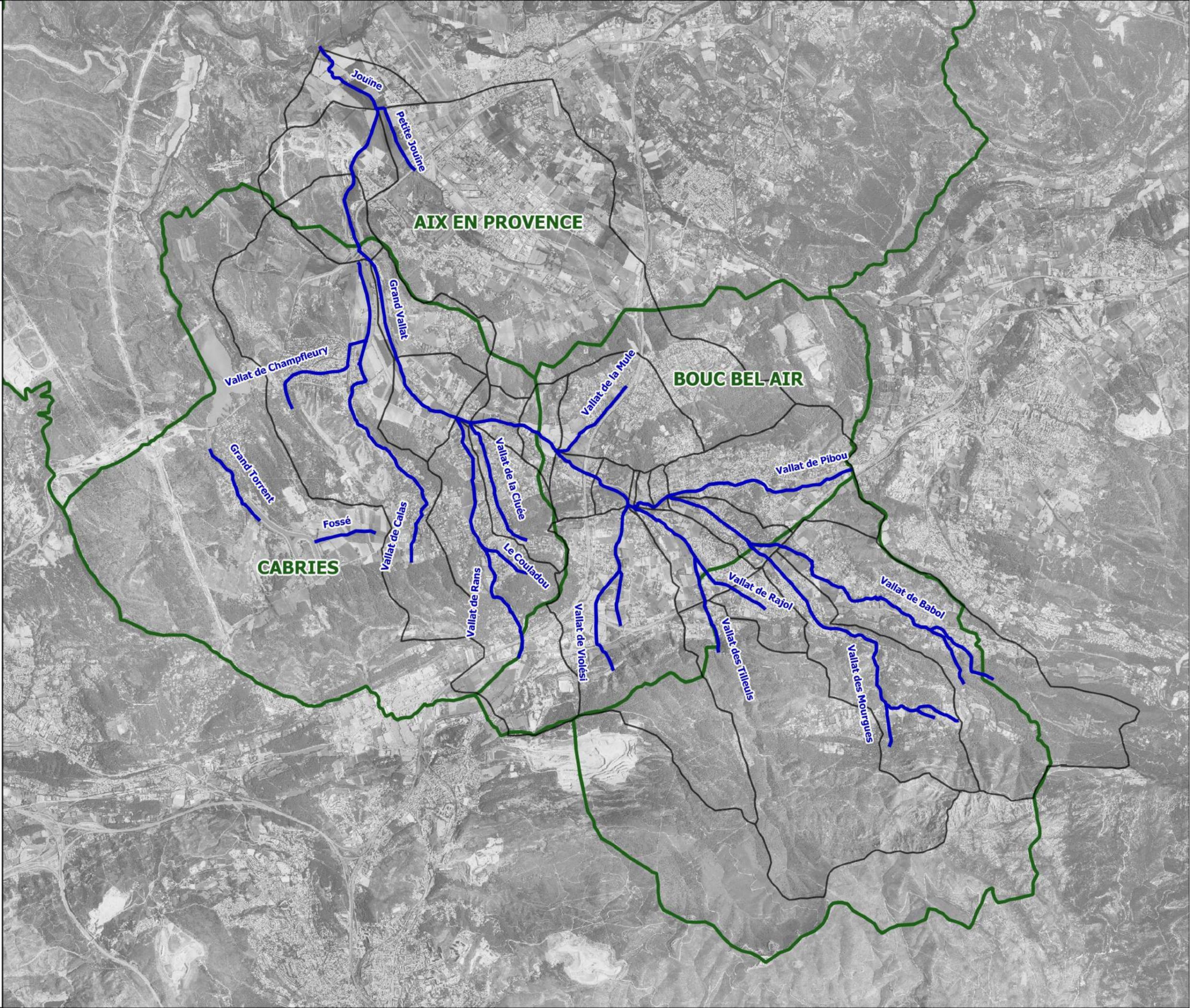
Cartographie de l'aléa inondation sur le  
bassin du Grand Vallat

Figure 1 : Réseau hydrographique et  
bassins versants étudiés

MM3496 - Ind A

Légende :

- Réseau hydrographique
- Bassins versants
- Limite communale



**AIX EN PROVENCE**

**BOUC BEL-AIR**

**CABRIES**

Echelle : 1 / 50 000 e





### 3 ENQUETES DE TERRAIN ET PHENOMENES D'INONDATION PASSES

---

Dans le cadre de l'étude missionnée par le SABA, des enquêtes de terrain ont été réalisées sur les communes de Simiane-Collongue, Bouc-Bel-Air et Cabriès. Ces enquêtes portaient notamment sur la connaissance des inondations passées et des phénomènes de débordements observés par les riverains et les services concernés des communes. Bien qu'il est peu probable d'observer de mémoire d'homme des inondations provoquées par une crue d'occurrence centennale, l'analyse des débordements pour les crues plus modestes permet de comprendre les mécanismes de débordement et d'identifier les secteurs inondés fréquemment. Généralement, mais cependant de façon non systématique, ce sont ces secteurs qui seront le plus susceptibles de voir un aléa fort en cas d'événement centennal.

Les paragraphes ci-dessous présentent les crues historiques ainsi que les phénomènes de débordements observés par les riverains. Ces informations sont issues des enquêtes de terrain réalisées en 2012 (pour le SABA) et en 2006 (pour la DDE). Notons que l'évènement de référence sur le bassin versant du Grand Vallat est du type 1993. En réalité, lors des fortes pluies de 1993, seule la partie aval du bassin versant a réagi, de Cabriès à l'Arc. Bouc-Bel-Air et Simiane-Collongue n'ont pas connu de fort dommage. L'évènement de 1993 reste néanmoins le plus fort connu sur le secteur. La crue exceptionnelle sur le Grand Vallat correspond à la crue générée par la plus forte pluie mesurée en 1993 appliquée sur l'ensemble du bassin versant du Grand Vallat.

#### 3.1 COMMUNE DE SIMIANE-COLLONGUE

La commune de Simiane-Collongue a été principalement touchée par 4 événements importants :

- 1976 : Déversement d'un très fort débit depuis le canal du Verdon vers le vallon de Babol provoquant ainsi de fortes inondations à l'aval dans le quartier des Migraniers à l'amont de la voie de chemin de fer.
- Janvier 1994 : Fortes pluies entraînant des inondations et des coulées de boues et ayant donné lieu à un arrêté de catastrophe naturelle.
- Aout 1996 : Orage très important sur la chaîne de l'étoile entraînant des inondations et des coulées de boues et ayant donné lieu à un arrêté de catastrophe naturelle.
- Décembre 2003 : Fortes pluies entraînant des inondations et des coulées de boues et ayant donné lieu à un arrêté de catastrophe naturelle.



### 3.1.1 LES CRUES HISTORIQUES

- **Evènement de 1976**

L'évènement de 1976 est très particulier puisqu'il ne correspond pas à un évènement dit « naturel » : c'est-à-dire lié à de fortes pluies. Suite à une avarie sur le barrage du Bimont, le niveau de canal du Verdon est monté très fortement. De nombreux déversoirs d'orage, vers le vallon de Babol notamment, ont fonctionné de façon très importante. Ce brusque apport de débit a provoqué de larges inondations sur le vallon de Babol dans le quartier de Cavailarde.

- **Evènement de Janvier 1994**

Les évènements pluvieux de 1994 ont provoqué des coulées de boue qui ont coupé un certain nombre de routes dans la partie amont de la commune (chemin des Marres, Mimet, chemin Jean le Maître, chemin des Frères, chemin des Putis, Chemin de Roque, chemin Croix de Fer, chemin de Gadie, chemin des Vignes, route de Siege). Des débordements du vallon de Babol au droit du quartier de Cournières ont été également observés.

- **Evènement de 1996**

L'évènement de 1996 correspond à un orage localisé sur la chaîne de l'étoile de très forte intensité. Cet orage a engendré des débits très importants sur le vallon des Mourgues. A l'entrée du village où le vallon devient souterrain, un embâcle a obstrué la galerie. Très vite, le vallon a débordé inondant ainsi le centre-ville. De nombreux axes d'écoulement se sont formés le long des rues longitudinales à la pente du terrain naturel. Les fortes vitesses ont entraîné de nombreuses voitures. Sur certains secteurs, les hauteurs d'eau ont dépassé localement 1 mètre même si en moyenne elles n'étaient pas supérieures à 50 cm. A l'aval du centre-ville, les écoulements se sont étalés dans la plaine entre le vallon des Mourgues (fossé à nouveau à ciel ouvert) et le vallon de Babol. Dans le lotissement des Migraniers les hauteurs d'eau ont atteint 10 à 20 cm sans vitesse. Les nombreux murs de clôture ont formé des micros rétention. Lors de cet évènement, le vallon de Babol a également débordé au niveau des Cournières en amont du pont de franchissement sous le vallon. Les débordements ont touché préférentiellement la rive gauche, 10 à 20 cm d'eau ont été observés.

- **Evènement de 2003**

Les évènements de décembre 2003 ont provoqué des inondations sur le vallon de Babol et le vallon des Mourgues à l'aval du centre-ville. Sur le vallon de Babol, des débordements similaires à 1996 se sont passés au niveau des Cournières où le manque d'entretien du vallon a provoqué des larges inondations en rive gauche. En bordure de vallon, 50 cm d'eau ont été observés dans une habitation. Ces



écoulements débordants se sont ensuite étalés et ont franchis le chemin en aval pour retourner progressivement dans le lit du cours d'eau. Juste en amont du franchissement les hauteurs d'eau observées sont de l'ordre de 20 cm en moyenne. A l'aval, les franchissements des vallons de Babol et des Mourgues sous la RD6 (4 voies) sont largement sous dimensionnés. Ceci a provoqué une inondation du secteur situé entre les deux vallons juste en amont de la voie de chemin de fer (30 à 50 cm de hauteur d'eau observée). La RD6, formant une cuvette, a été également submergée pendant plusieurs heures.

### 3.1.2 LES DYSFONCTIONNEMENTS PROPRES A CHAQUE COURS D'EAU

Hormis les crues historiques, la commune a émis des commentaires quant aux dysfonctionnements des cours d'eau sur leur commune. Ce paragraphe a ainsi pour objectif de retranscrire ses remarques.

- **Vallat de Rajol**

Le vallat de Rajol prend naissance dans le quartier du même nom, dont la configuration topographique présente un point bas en son centre. A l'amont de la RD6, le vallat passe dans un premier bassin de rétention, qui passe en charge très rapidement. La surverse de ce bassin débouche dans un second bassin de rétention, situé entre la RD6 et la voie ferrée. L'ouvrage de fuite de ce bassin étant bouchée, la surverse passe tout de suite en fonctionnement, orientant les eaux de surverse sur un point bas de la RD6, en direction du garage Peugeot. Des terre-pleins centraux, situés sur la RD6, font obstacle aux écoulements.

L'ouvrage de franchissement de la RD8 sous le vallat de Rajol est une zone où confluent plusieurs axes de ruissellement : le vallat ainsi que deux autres fossés longeant la RD8 vers l'ouvrage. Cette zone de confluence semble problématique car la capacité de l'ouvrage n'est pas suffisante. A l'aval de cet ouvrage, il existe un petit bassin de rétention, qui selon la commune, est complètement inutile. Au niveau de cette confluence, une centaine de cochons et une dizaine de poules sont morts lors des inondations de 2003.

- **Vallat des Tilleuls**

Sur le vallat des Tilleuls, l'ouvrage permettant le franchissement de la RD6 ne concentre pas correctement les écoulements.

- **Vallat des Mourgues**

A l'entrée du village, le vallat passe en souterrain. Une grille a été installée pour éviter l'entrée de flottants. En 1996, l'entrée dans le réseau souterrain a été obstruée par un matelas, entraînant le



passage en charge de l'ouvrage. L'eau s'est alors étalée dans les rues, qui constituent divers axes d'écoulement.

Au niveau du quartier des Migraniers, le cours d'eau est à nouveau à ciel ouvert, et déborde préférentiellement en rive droite, inondant le quartier. Dans ce lotissement, de nombreux murs font obstacle aux écoulements et provoquent la rétention d'eau. Au niveau du passage sous la RD6, l'eau est stockée dans la plaine située en amont de la route départementale. Cette zone constitue une zone potentielle d'expansion de crue intéressante.

- **Vallat de Babol**

Le vallat de Babol est constitué de nombreux ouvrages sous dimensionnés. Le passage en charge de ces ouvrages entraîne des débordements particulièrement en rive gauche, vers le quartier des Migraniers.

La commune a également abordé les problèmes de communication sur le risque inondation. Elle souhaiterait avoir un système d'alerte fiable permettant en cas de crue, de mobiliser rapidement l'équipe des services techniques.

### **3.1.3 LES SECTEURS A ENJEUX**

Il existe un certain nombre de bâtiments sensibles accueillant du public, potentiellement inondables. Il s'agit :

- des écoles primaires et maternelles situées en centre-ville à proximité du vallon des Mourgues,
- du récent collège situé en rive gauche du vallat de Babol au lieu-dit le Mûrier,
- le gymnase et la maison de retraite, situés entre le vallat des Mourgues et le vallat de Babol,
- la Mairie, située en rive gauche du vallat des Mourgues.

Concernant les projets d'urbanisation future, la commune avait en projet, lors des enquêtes réalisées en 2012, la réalisation d'un éco-quartier entre le vallat des Mourgues et le vallat de Babol en aval de la RD8.

## 3.2 COMMUNE DE BOUC-BEL-AIR

### 3.2.1 LES CRUES HISTORIQUES

La commune de Bouc Bel a été touchée par 4 événements pluvieux principaux :

- Septembre 1993
- Janvier 1994
- Aout 1996 : Orage localisé sur la chaîne de l'étoile
- Décembre 2003.

Selon les secteurs de la commune, ce ne sont pas les mêmes événements qui ont été les plus importants. C'est pourquoi ont été listés, sur chaque vallon, les secteurs où des débordements s'étaient déjà produits.

### 3.2.2 LES DYSFONCTIONNEMENTS PROPRES A CHAQUE COURS D'EAU

- **Vallat de Babol**

En 1993 et Août 1996, la plupart des ponts sur la vallat de Babol ont été submergés. Une hauteur d'eau de 10 cm a été observée sur la rue Honore Daumier, provoquant ainsi une inondation du quartier situé en amont par remous. A l'aval, les écoles primaire et maternelle n'ont cependant jamais été inondées de mémoire d'homme.

Plus en aval, 20 cm d'eau ont été observés en 1996 au droit des habitations situées en amont du franchissement sous l'avenue Alphonse Daudet. Là encore l'ouvrage limitant semble être la cause directe de ces inondations.

Jute en amont de la confluence entre les vallats de Babol et Pibou, l'ouvrage de franchissement est sous dimensionné, c'est le pont de Chateaubriand. Celui-ci provoque en crue, une inondation par refoulement du quartier du Cougnaou situé en rive droite essentiellement.

- **Vallat de Pibou**

Sur le vallat de Pibou, la plupart des ouvrages de franchissement sont sous dimensionnés, provoquant généralement des inondations sur les secteurs amont (chemin lei morts, rue du petit lac, etc.). Le principal quartier inondé est le secteur de Platanes qui est touché par les débordements du vallat mais également par le ruissellement pluvial en provenance des coteaux. Sur ce secteur, les hauteurs d'eau varient entre 5 à 20 cm.

A l'aval de l'ouvrage de franchissement sous le chemin Joseph Roumanille, le vallat passe en souterrain. L'ouvrage reçoit le vallat, mais également les ruissellements amont en provenance



notamment de la Salle. Pour éviter ce goulot d'étranglement, il a été fait le choix de mettre en place des bassins de rétention en amont, dans le cadre du schéma directeur d'assainissement pluvial. La confluence entre le vallat de Pibou et le vallat de Babol est une zone sensible. Lors de la reconnaissance de terrain, des pierres s'étaient écroulées à l'aval de l'ouvrage.

- **Vallat de Violési**

Aucun problème d'inondation majeure n'a été signalé sur le vallat de Violési, excepté dans le secteur de confluence aval. La commune signale cependant un ruissellement pluvial en provenance du collège et du quartier de Montaury sud très important. Ce ruissellement emprunte des petits talwegs naturels pour rejoindre le secteur de Babol Sud.

- **Vallat des Tilleuls**

En décembre 2003, le vallat des Tilleuls a débordé en de nombreux endroits, inondant ainsi certains quartiers. Dans le secteur amont, la RD8 a été submergée par 30 cm d'eau. Le complexe sportif (gymnase et piscine) situé en aval n'a cependant jamais été inondé. En aval du complexe, le vallat a débordé en rive gauche en créant plusieurs chenaux secondaires d'écoulement (de profondeur pouvant atteindre 1.5 m). Ces axes d'écoulement secondaires ont rejoint à l'aval la rue du Pilon du Roi, dans le quartier de Vaunière, qui a été inondé lors des pluies importantes de 1996 et 2003. En 2003, environ 20 cm d'eau y ont été observés.

L'inondation de ce quartier est provoquée principalement par le refoulement du réseau pluvial se rejetant dans le vallat des Tilleuls. Les grilles du réseau pluvial sont en effet situées sur les trois branches de route situées de part et d'autre de l'ouvrage situé sous la rue Sainte Victoire. De ce fait, lorsque le vallat remonte dans le réseau, avant même d'avoir surversé par-dessus l'ouvrage sous dimensionné, l'eau s'écoule dans les rues via le réseau pluvial.

**Cette inondabilité est également accentuée par la présence de merlons en rives droite et gauche du vallat. La berge gauche étant plus basse, les débordements ont lieu préférentiellement sur cette rive, alors que les champs en rive droite, qui constituent une zone d'expansion de crue intéressante, ne sont pas inondés.**

Le tronçon en amont de l'ouvrage sous la rue Sainte Victoire connaît d'importants problèmes d'érosion et d'instabilité de berges. Les matériaux érodés se déposent en aval de l'ouvrage, au niveau du coude. Le dépôt de matériaux a pour effet de rehausser la ligne d'eau. Ce coude est une aberration hydraulique qui ne concentre pas correctement les écoulements et qui entraîne le dépôt des matières érodées. Deux grosses pierres ont été posées en amont de l'ouvrage pour permettre de stopper les matériaux érodés à l'amont.

Le tronçon en aval du quartier de Vaunière présente également des problèmes d'érosion et l'ouvrage sous le chemin de Sauvecanne est sous dimensionné.



Dans le cadre de l'étude menée par le SABA, une attention particulière a été portée sur le quartier de Vaunière. Des bassins de rétention, la suppression des merlons ainsi que la suppression du coude font partis des aménagements qui ont été proposés.

- **Grand Vallat**

Certaines habitations du quartier de San Baquis Sud, situé en rive gauche de Grand vallat à l'aval de l'A51, ont été inondées de façon très importante en 1993 où 80 cm à 1 m d'eau ont été observés. Ce phénomène d'inondation semble lié à la fois aux débordements du Grand Vallat mais également au ruissellement pluvial du secteur. En effet, certaines habitations sont situées dans un talweg naturel. En amont de l'A51, le Grand Vallat est très encaissé, aucune habitation ne semble avoir été touchée. La confluence entre le Grand Vallat et la Vallat de Violési est un secteur fréquemment inondé, formant un lac en cas de forte pluie (décembre 2003 notamment).

- **Vallat de la Mule**

Sur le vallat de la mule, la partie basse du quartier des Amandiers est inondée fréquemment par le ruissellement pluvial issu des coteaux amont. En 2003, les franchissements du vallat sous la RD60 ainsi que sous la voie d'accès au lotissement « le Clôt des Pins » ont été également submergés coupant ainsi les routes.

Au droit de son franchissement sous la RD60, l'A51 présente un point bas marqué. Sur ce secteur les eaux de ruissellement issues de la colline n'ont pas d'exutoire, elles sont donc drainées par les fossés de l'A51 et débordent au point bas. Cette surverse, associée aux débordements du vallat de la mule entraîne des inondations importantes du secteur du terrain de sport situé entre la vallat et l'A31. En 2003, jusqu'à 80 cm d'eau y ont été observé.

### **3.2.3 LES SECTEURS A ENJEUX**

Il existe un certain nombre de bâtiments sensibles accueillant du public, potentiellement inondables. Il s'agit :

- des écoles primaires et maternelles ainsi que du centre commercial situé sur le vallat de Babol,
- du complexe gymnase-piscine situé sur le vallat des Tilleuls,
- du collège Montaury,
- des services techniques, situés en rive droite du vallat de Violési,
- du terrain de sport sur la vallat de la Mule.
- 

Concernant l'urbanisation future, la commune avait en projet, lors des enquêtes de 2012, de se développer sur l'espace situé entre le vallat de Violési et le vallat des Tilleuls en aval de la RD6.

### 3.3 COMMUNE DE CABRIES

#### 3.3.1 LES CRUES HISTORIQUES

La commune de Cabriès a été touchée par 4 principaux événements pluvieux récents :

- 1978
- 1993
- Décembre 2003
- Septembre 2005.

La crue de 1978 a touché principalement l'Arc, mais certains secteurs sur la commune de Cabriès ont été sévèrement touchés. La RD60 a été bloquée pendant plusieurs jours et une personne a péri, entraînée par une voiture, au niveau de Lagremeuse.

L'événement de 1993 est le plus important que la commune semble avoir connu. Celui-ci est qualifié d'événement « centennal ». Les événements de 2003 et 2005, plus modestes, se rapprocheraient eux d'un événement dit « décennal ».

Afin d'analyser les événements pluvieux ayant provoqué des débordements sur la commune, les dysfonctionnements observés sur chaque vallon sont décrits ci-dessous.

#### 3.3.2 LES DYSFONCTIONNEMENTS PROPRES A CHAQUE COURS D'EAU

- Vallat de Rans

Le vallat de Rans correspond au cours d'eau prenant naissance en amont de l'autoroute A51, longeant le centre-ville de Cabriès, et se rejetant dans le Grand Vallat dans le lieu-dit « La Planque ».

De l'amont vers l'aval, les principaux dysfonctionnements observés sont les suivants.

A l'aval de l'A51, lors de son franchissement dans le lotissement « Le Verger », le ruisseau longeant la RD60d déborde préférentiellement en rive droite du fait d'ouvrages de franchissement limitants. Une habitation a déjà été inondée en 1993 par plus de 80 cm d'eau. Cette hauteur d'eau importante est liée à la présence d'un mur en aval bloquant les écoulements. Par ailleurs, le secteur reçoit également un important ruissellement pluvial en provenance de la colline (Le Bolles). De plus, à l'aval de l'A51, l'ouvrage de franchissement de la RD60 présente un coude ainsi qu'une capacité insuffisante qui est problématique car l'ouvrage ne concentre pas correctement les écoulements. De ce fait, les habitations aval sont inondées fréquemment, quand il pleut en continu.



Plus à l'aval, les débordements reviennent dans le lit, même si le second passage sous la RD60 est obstrué par une canalisation de la Société du Canal de Provence, ce qui a pour effet d'exhausser la ligne d'eau.

Plus généralement, le lotissement « Le Verger » présente d'importants problèmes d'assainissement pluvial. Les rues en forte pente drainent majoritairement les écoulements qui s'accumulent dans les parties basses le long de la RD60d.

Plus à l'aval, les habitations situées entre le vallat et la RD60d sont régulièrement inondées par le ruissellement pluvial d'un talweg amont et l'insuffisance du réseau pluvial de la RD60d. La RD60d a déjà été coupée par les débordements du ruisseau du Couladou (affluent du Vallat de Rans) à l'entrée du centre-ville de Cabriès, ainsi que la RD60e, située plus à l'aval.

Le lieu-dit « Les Patelles » forme une cuvette naturelle au fond de laquelle coule le vallat de Rans. Lors des derniers événements de 2003 et 2005, le vallat n'a pas débordé sur ce secteur, mais de nombreux apports liés au ruissellement des coteaux amont ont été observés. Ceux-ci ont inondé partiellement une habitation située entre la route de Bélandière et la rive droite du vallat. L'ouvrage de franchissement aval du vallat sous la route de Bélandière a été submergé en 1993 mais pas en 2003, ni en 2005.

A l'aval, le secteur de confluence avec le Grand Vallat est le siège d'inondations répétées mais les hauteurs d'eau restent faibles.

- **Vallat de la Cluée**

Le vallat de la Cluée est situé parallèlement au vallat de Rans et se rejette également directement dans le Grand Vallat. Ce vallat prend le nom de fossé des Violettes en amont du village de Cabriès. En 2003, le pont sur la RD60a a été submergé. Plus à l'aval, une habitation située allée des Lilas a été touchée lors des derniers événements de septembre 2005 du fait d'un embâcle sous un ponceau d'accès.

A l'amont de l'ouvrage permettant le franchissement de la RD60a, un piège à embâcles a été installé pour éviter des débordements à l'aval.

A l'aval, il y a des transferts d'eau entre le vallat de la Cluée et le vallat de Rans, inondant ainsi les bâtiments situés entre les deux.

Le vallat de la Cluée collecte de nombreux fossés d'assainissement pluvial provenant notamment des lotissements en rive droite.

- **Vallat de Calas**

Le vallat de Calas prend sa source au lieu-dit « La Foraine » dans le quartier de Fontaube. A l'aval il traverse le hameau de Calas où il est partiellement canalisé pour rejoindre le vallat de Champfleury.



Les premiers dysfonctionnements sont observés au niveau du hameau du Boulard. Le ruissellement en provenance des coteaux est important et le ruissellement pluvial est essentiellement drainé par les rues. Certaines habitations en fond de talweg sont assez fréquemment inondées. En 2003, 30 à 40 cm d'eau ont été observés localement en point bas dans les axes d'écoulement. Par ailleurs, le réseau pluvial souvent saturé a tendance à refouler dans les points bas.

En aval, l'ouvrage de franchissement sous la route reliant la RD8 et la RD543 a été également submergé en 2003. En amont du hameau de Calas, dans le secteur de plaine, le vallat déborde relativement régulièrement mais sans inonder la RD543. Certains accès privés sont momentanément coupés mais les habitations, toutes relativement éloignées du cours d'eau, ne sont pas touchées.

A l'entrée du hameau de Calas, le vallat devient canalisé ( $\Phi 1000$ ). Sa section sous dimensionnée pour des événements courants, provoque des débordements en amont dans les habitations situées en rive droite : 30 à 40 cm d'eau ont été observées localement en 2003 et 2005.

Dans le hameau de Calas, et notamment dans la partie basse du quartier de Champfleury, de nombreux secteurs ont été inondés lors des derniers événements de 2003 et 2005. Ces débordements sont liés à la fois à l'insuffisance du vallat de Calas mais également aux débordements du vallat de Champfleury.

- **Vallat de Champfleury**

Le vallat de Champfleury prend naissance dans le vallon du Thouin et traverse d'Ouest en Est le hameau de Calas. Au droit de son franchissement sous la RD543, un nouveau collecteur pluvial a été mis en place afin de délester l'ouvrage canalisé principal passant dans le quartier de Champfleury. Ce collecteur, dimensionné pour une période de retour supérieure à 50 ans, longe la RD543 vers le nord puis la franchit en sortie du hameau de Calas pour rejoindre le fossé du vallat dans plaine.

Les premiers débordements du vallat apparaissent dans le vallon de Thouin. Le fossé pluvial présente une capacité hydraulique importante, mais celui-ci est localement obstrué par des murs de clôture barrant le fossé pluvial. Ces obstacles forment des rétentions mais qui ne touchent généralement pas les habitations.

A l'aval, la RD9b (Av Jean Moulin) est régulièrement inondée du fait de l'insuffisance de l'ouvrage de franchissement du vallon mais également de l'insuffisance propre de l'assainissement pluvial de la route elle-même. En amont de l'avenue du Pont de Vallat, le cours d'eau est busé ( $\Phi 800$ ). La capacité hydraulique étant faible, l'ouvrage passe en charge du fait de la présence d'un mur à l'amont du busage. Cette mise en charge provoque l'inondation d'habitations situées en amont. Par ailleurs, l'excédent de débit contourne également le busage pour rejoindre la vallat au droit de l'avenue Sainte Victoire.

Plus en aval, au droit du franchissement sous l'avenue de l'Etoile, l'ouvrage est insuffisant, la route est ainsi régulièrement coupée. Les écoulements débordant viennent alors se stocker au fond de l'impasse des Genets où 1 m d'eau localement a été observé en 1993 et 30 à 40 cm en 2003 et 2005.

Les hauteurs d'eau importantes sont expliquées par le phénomène de stockage lié aux murs de clôture. Le ruissellement du secteur provient également des apports de l'avenue de l'étoile (qui ne possède pas de réseau pluvial) et de la rue Edgar.



Le lotissement du « Petit Lac » est également régulièrement inondé, à la fois par les débordements du vallat mais également par l'insuffisance de l'assainissement pluvial du secteur. En 1993, 10 à 20 cm ont été observés localement.

En aval de la RD543, la création du nouveau collecteur pluvial a permis d'éviter les débordements du vallat lors des événements de septembre 2005. Cependant, le quartier de Champfleury a été inondé par les débordements du vallat de Calas.

En 1993 (le nouveau collecteur pluvial était alors non construit), 15 cm d'eau ont été observés dans les habitations juste en aval de la RD543 et plus de 1 m dans le square des Bleuets.

Il est important de noter que le quartier de Champfleury, régulièrement inondé par les vallats de Calas et Champfleury, n'a jamais été touché, semble-t-il, par les inondations de plaine du Grand Vallat. En effet, le lit mineur des vallats affluents est bordé par des merlons qui ont, jusqu'à présent, limiter le champ d'inondation du Grand Vallat et protégeant ainsi les lotissements.

Dans le hameau de Calas, les habitations situées en contre bas de l'avenue Jean Moulin sont également régulièrement inondées par le ruissellement pluvial en provenance de la colline. En effet, le réseau pluvial de l'avenue Jean Moulin est largement sous dimensionné.

Les habitations de la rue Van Gogh sont également inondées par le ruissellement en provenance du lotissement du Réaltor.

- **Grand Vallat**

Les débordements du Grand Vallat sur la commune de Cabriès sont relativement fréquents. A l'aval, l'ouvrage de franchissement limitant sous la RD9 a provoqué un bouchon hydraulique en 1993 provoquant ainsi une inondation de la plaine amont par remous hydraulique. Depuis 1993, l'ouvrage a été repris.

En 1996, il a plu pendant près de 3 semaines, la RD60 a été coupée pendant 4 jours.

L'aval du lieu-dit Saint Pierre (Aquarium) est également régulièrement inondé du fait du ruissellement pluvial en provenance des coteaux. Ce ruissellement s'accumule le long de la RD543 située légèrement en remblai.

A l'aval de la RD60, les rares habitations situées dans la plaine n'ont jamais été inondées.

Au droit du Hameau de Calas 10 à 15 cm d'eau ont été observés dans la plaine en 1993.

La RD60 est inondée de part et d'autre de l'ouvrage de franchissement au niveau des points bas à chaque événement important (1993, 2003 et 2005). Les points bas de la RD60 se situent en effet de part et d'autre de l'ouvrage de franchissement. Ces points constituent l'exutoire de deux axes secondaires d'écoulement qui collectent les ruissellements provenant des bassins versants situés de part et d'autre du Grand Vallat. C'est d'ailleurs pour cette raison que les riverains ont pour coutume de dire qu'il existe non pas un mais bien trois vallats. Le pont sous la RD60 est de plus souvent bouché



par des flottants, ce qui crée des embâcles. La capacité du lit mineur à l'aval du pont est quasiment deux fois plus petite qu'en amont.

Le Grand Vallat est bordé par des merlons hétérogènes qui se sont créés au fil du temps, suite à des opérations de curage. Les habitants situés à proximité des berges ont connu, lors de la crue de 2003, des ruptures de ces merlons, en rive droite et en rive gauche, ce qui a eu pour effet d'inonder les plaines de part et d'autre du vallat. Une douzaine de personnes ont été touchées par des débordements du Grand Vallat par les brèches.

L'exhaussement de la ligne d'eau est plus lié à l'endiguement du vallat qu'à la section insuffisante de l'ouvrage sous la RD60. En amont du pont de la RD60, les ponts de Césarde et Mirabelle sont très larges et profonds et présentent une bonne capacité.

En 2006, le lit du Grand Vallat a entièrement été nettoyé par le SABA entre la RD60 et le pont de la Césarde, mais pas à l'aval de la RD60.

Concernant le nettoyage du lit, les riverains se doivent de nettoyer leur propre parcelle. Des problèmes de communication et de sensibilisation des populations ont été soulevés par la commune. Malgré de nombreux essais à l'initiative de la commune et du SABA, certains riverains s'entêtent à ne pas nettoyer leur parcelle, le lit du vallat peut donc être localement encombré.

Récemment, en 2012, une pluie de longue durée (de l'ordre de quelques jours) a augmenté le niveau d'eau dans le Grand Vallat mais ce dernier n'a pas débordé.

Les plaines situées de part et d'autre du Grand Vallat en amont du pont de la RD60 ainsi que les plaines en rive droite à l'aval du Pont de la Césarde constituent des zones d'expansion de crue intéressantes.

### 3.3.3 LES SECTEURS A ENJEUX

Il existe plusieurs bâtiments sensibles accueillant du public, potentiellement inondables. Il s'agit :

- d'une école située dans le quartier de Champfleury,
- d'une école située dans le centre de Calas,
- de la maison des associations située dans la plaine du Grand Vallat au lieu-dit la Trébillane.

La station d'épuration est également située dans la plaine inondable du Grand Vallat en amont de la RD9. Concernant l'urbanisation future, la commune avait en projet, lors des enquêtes de 2012, la réalisation d'un groupe scolaire dans le centre-ville de Cabriès.

### 3.4 CONCLUSION SUR LES ENQUETES DE TERRAIN

Cette première phase a permis de mieux connaître les sentiments des communes face aux problèmes d'inondation récurrents qu'elles subissent, de cerner correctement les principaux dysfonctionnements et d'en dégager des priorités.

Une des principales difficultés rencontrées lors de ces enquêtes de terrain est l'absence générale de laisses de crue, connues par les services communaux. Dans ce contexte, les quartiers ainsi que les routes inondés ont été bien repérés mais les hauteurs d'eau observées restent relativement approximatives. Ces hauteurs d'eau ne correspondent d'ailleurs généralement pas à événement centennal. Sur les secteurs de plaine non bâtis, il n'existe aucune mémoire ni mesure des hauteurs d'eau observées. Par ailleurs, les hauteurs d'eau observées sur les vallons affluents (hameau de Calas notamment) sont souvent très locales et dépendent fortement de paramètres anthropiques comme la présence de murs de clôture créant des petites rétentions. Elles ne pourront pas servir d'étalonnage précis mais donnent surtout un ordre de grandeur. Les informations collectées sur les mécanismes et axes d'écoulement sont par contre très précieuses.

Ces enquêtes de terrain ont mis en évidence des secteurs problématiques tels que :

- la zone de stockage d'eau au niveau du quartier des Migraniers sur Simiane-Collongue,
- la zone de confluence entre le vallon de Babol, le vallon de Pibou, le vallon de Violési ainsi que le Grand Vallat sur Bouc Bel Air (quartier de Vaunière),
- la zone de stockage potentielle en amont de la RD60, sur Cabriès,
- la confluence de la Jouïne avec l'Arc.

Afin de représenter finement les écoulements et d'en extraire des cartographiques de l'aléa inondation sur le secteur, un modèle hydraulique unique a été construit, dans le cadre de l'étude menée par le SABA, sur le Grand Vallat et certains de ses affluents, allant de Simiane-Collongue à la confluence entre la Jouïne et l'Arc.

Concernant l'hydrologie, un modèle pluie-débit a été mis en place. Il constitue un outil intéressant pour déterminer en chaque nœud du réseau hydrographique les hydrogrammes de crues dans les conditions actuelles des écoulements.



## 4 ANALYSE HYDROLOGIQUE

---

La connaissance des débits de crues et hydrogrammes associés est nécessaire à la quantification des désordres. L' « *Etude pour la réduction de l'aléa inondation au droit des lieux habités en tenant compte du fonctionnement naturel des cours d'eau* » réalisée pour le SABA a permis de définir les débits de référence en plusieurs nœuds du réseau hydrographique et en cohérence avec les débits antérieurement évalués (issus, entre autres, de la « *Synthèse et mise en cohérence des études existantes relatives à l'inondabilité des communes de Cabriès, Simiane-Collongue et Bouc-Bel-Air* », réalisée par IPSEAU en 2006).

Les débits ont été évalués grâce à la mise en place d'un modèle pluie-débit. Ce modèle hydrologique a permis de préciser les débits en chaque nœud de calcul pour différentes occurrences de crue (2, 5, 10, 50 et 100 ans) grâce à une analyse détaillée de l'occupation des sols et le couplage avec le modèle hydraulique bidimensionnel.

Tenant compte des temps de transfert d'un point à un autre du bassin versant et de la concomitance ou pas des débits de chaque affluent, ce modèle pluie-débit constitue un outil intéressant pour déterminer en chaque nœud du réseau hydrographique les hydrogrammes de crue dans les conditions actuelles d'écoulement.

### 4.1 CLIMATOLOGIE – PLUVIOMETRIE

#### 4.1.1 CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES GENERALES

Le secteur d'étude est situé dans une région dont le climat est méditerranéen. Les fréquentes sécheresses estivales et les orages très violents en sont les traits les plus connus. En région méditerranéenne, la présence de la mer et des massifs montagneux proches, associée à la circulation générale des masses d'air d'Europe du Nord, sont à l'origine de situations météorologiques spécifiques, génératrices de champs pluvieux à très fort potentiel de précipitation.

Les pluies, au regard de la lame d'eau annuellement précipitée, sont de l'ordre de 630 mm en moyenne (Station Météo France d'Aix les Milles). Elles sont très irrégulières, tant d'un mois à l'autre que d'une année à l'autre.

Plus particulièrement, 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.

## 4.1.2 PRECIPITATIONS INTENSES

Les principaux apports proviennent de violentes averses dans le courant de l'automne ; certains en début d'hiver présentent également des précipitations importantes dues à du mauvais temps persistant parfois plusieurs jours. Les dépressions océaniques jouent quelquefois un rôle essentiel dans le comportement des pluies de printemps.

Les précipitations maximales journalières sur des courtes durées (pas de temps inférieurs à la journée) constituent des données fondamentales lorsqu'il s'agit de prévoir le comportement de petits bassins versants (à fortiori s'ils sont urbanisés) sensibles aux précipitations orageuses très intenses, mais de courte durée.

Ces données ne sont disponibles qu'en de très rares postes d'observation, équipés de pluviographes ou de stations automatiques. Parmi le réseau de mesure équipant la région et permettant de disposer d'informations sur un pas de temps inférieur à la journée, on peut retenir notamment la station d'Aix-en-Provence, à Aix-Les-Milles.

Les valeurs des quantiles de pluie pour différentes durées observées à la station météorologique d'Aix-Les-Milles, sur la période d'observation 1993 – 2008, sont présentées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2 : Quantiles de pluie en mm pour la station météorologique d'Aix-Les-Milles**

<Durée	Période de retour						
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans
6 min	10.81*	11.47	12.55	13.42	13.91	14.38	14.91
15 min	18.35*	20.98	24.22	27.35	29.27	31.56	34.64
30 min	27.39*	33.12	39.80	46.86	51.39	57.21	65.54
1 h	40.86*	52.30	65.43	80.30	90.23	103.69	124.02
2 h	45.22*	59.75	75.91	95.37	108.33	126.49	155.54
3 h	49.86*	65.27	82.38	102.84	116.34	135.13	164.96
6 h	58.93*	75.92	94.77	117.00	131.44	151.29	182.40
12 h	69.65*	88.30	109.01	133.10	148.49	169.39	201.68
24 h	82.31*	102.70	125.39	151.41	167.76	189.65	223.01

\* Les valeurs suivies d'un astérisque ont été extrapolées.



## 4.2 MODELISATION PLUIE-DEBIT

### 4.2.1 METHODOLOGIE

Le modèle pluie-débit a été réalisé sur la base du logiciel « HEC-HMS », conçu aux Etats-Unis, adapté et développé par le Laboratoire d'Hydraulique de Montpellier.

Cette méthode, relativement précise, permet de déterminer un hydrogramme de crue en réponse à une pluie de projet. Ce modèle résulte de combinaisons d'effets élémentaires : la prise en compte de pluies de projet, le calcul des pertes au ruissellement pour la détermination de la pluie efficace, sa transformation en hydrogramme de crue, la propagation de ce dernier dans le réseau hydrographique et la sommation des hydrogrammes aux différents nœuds en tenant compte des décalages du à leur propagation le long du réseau.

Plusieurs méthodes de transformation sont disponibles en fonction des caractéristiques du bassin versant et du cours d'eau.

Pour construire un tel modèle, le secteur d'étude a été découpé en plusieurs sous bassins versants autour du Grand Vallat, lui-même représenté par une quinzaine de tronçons. Chaque sous BV a été défini par certains paramètres hydrologiques :

- un coefficient de ruissellement appelé Curve Number, défini selon l'occupation du sol, qui caractérise le ruissellement,
- l'absorption initiale,
- un temps de concentration.

Les tronçons du Grand Vallat ont été définis par :

- un temps de transfert de débit du nœud amont vers le nœud aval du tronçon,
- un coefficient d'amortissement de la pointe de débit le long du tronçon.

Les figures suivantes illustrent les différentes entités renseignées dans le modèle pluie-débit ainsi que le découpage en sous bassins versants et l'implantation de chaque nœud de calcul.

Figure 2 : Modèle Pluie-Débit

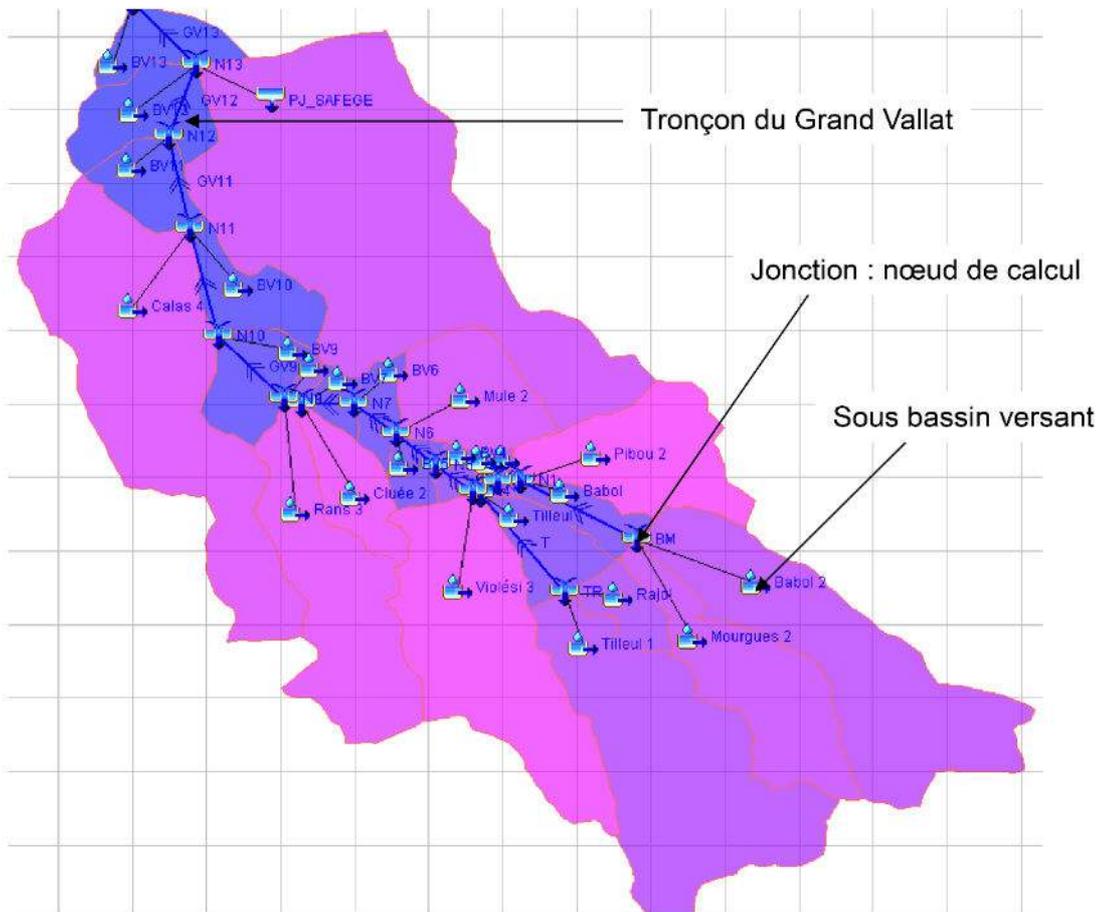
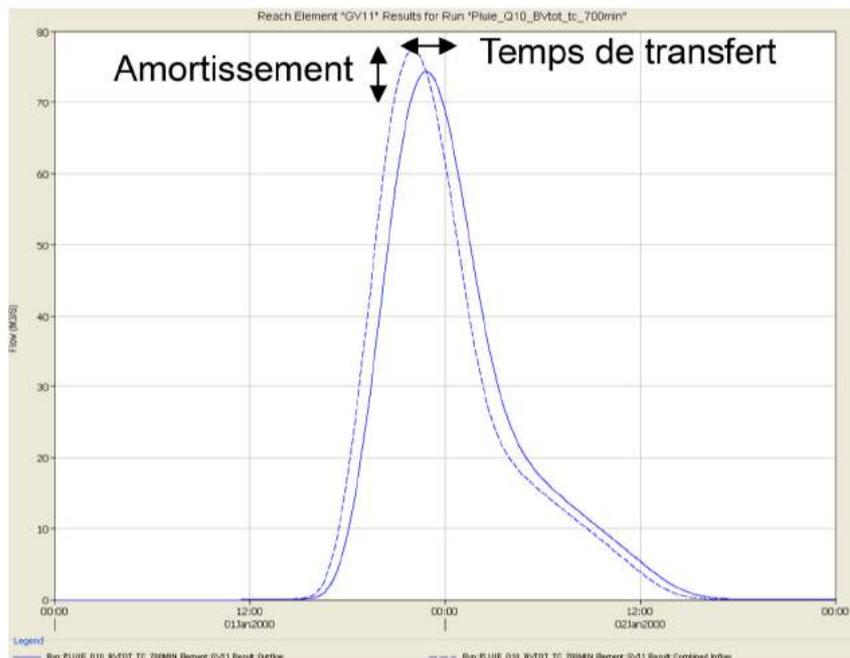


Figure 3 : Illustration des temps de transfert et coefficient d'amortissement sur le Grand Vallat





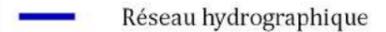
Décembre 2016

Cartographie de l'aléa inondation sur le bassin du Grand Vallat

Figure 4 : Modèle Pluie-Débit -  
Découpage en sous bassins versants

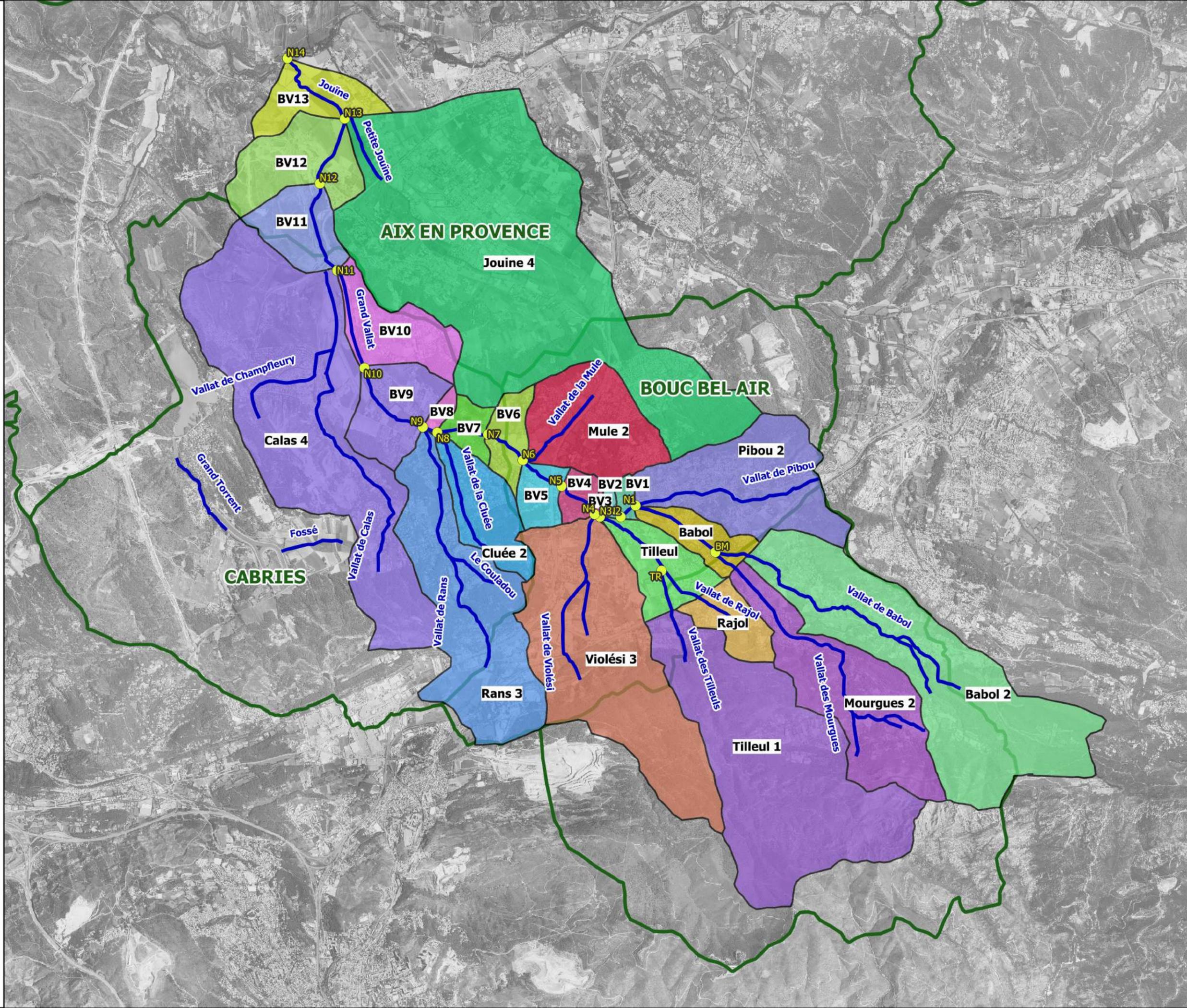
MM3496 - Ind A

Légende :

-  Réseau hydrographique
-  Limite communale
-  Noeud de calcul du débit

Sous bassins versants :

-  Babol
-  Babol 2
-  BV3
-  Cluée 2
- etc.



Echelle : 1 / 50 000 e





## 4.2.2 LES PARAMETRES HYDROLOGIQUES

### 4.2.2.1 Caractéristiques géométriques des sous bassins versants

Les caractéristiques géométriques de chaque sous bassin versant sont :

- la superficie S,
- la longueur du plus long chemin hydraulique L (du point le plus haut du bassin versant jusqu'à son exutoire),
- la pente pondérée lpond.

Elles sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 3 : Caractéristiques géométriques des sous bassins versants**

Cours d'eau	sous BV	S (km <sup>2</sup> )	L (km)	lpond (%)
<b>Vallat de Pibou</b>	Pibou 2	3.52	3.89	2
<b>Vallat de Babol</b>	Babol 2	7.19	5.64	4
<b>Vallat des Mourgues</b>	Mourgues 2	3.82	5.12	5
<b>Vallat des Tilleuls</b>	Tilleul 1	7.99	6.58	4.9
<b>Vallat de Rajol</b>	Rajol	0.88	1.51	6
<b>Vallat de Violési</b>	Violési 3	6.64	5.69	2.9
<b>Vallat de la Cluée</b>	Cluée 2	1.49	2.91	1.7
<b>Vallat de Rans</b>	Rans 3	4.93	5.16	2.3
<b>Vallat de Calas</b>	Calas 4	9.55	6.86	2.1
<b>Vallat de la Mule</b>	Mule 2	2.58	2.69	1.7
<b>La Petite Jouïne</b>	Jouïne 4	14.72	7.94	1.2

#### 4.2.2.2 Curve Number (indice de ruissellement)

Afin d'affecter à chaque sous BV un indice de ruissellement CN, le secteur d'étude a été découpé en plusieurs zones homogènes en termes d'occupation du sol, à l'aide de photographies aériennes.

Les surfaces définies et leur Curve Number associé sont indiquées dans le tableau ci-dessous. Le CN tient compte des caractéristiques et des conditions d'humidité du sol.

**Tableau 4 : Définition du Curve Number (indice de ruissellement du sol)**

Occupation du sol	CN
surface boisée	55
Surface urbanisée dense lots 0.05 ha ou moins	85
Surface urbanisée peu dense lots 0.1 ha	75
Surface urbanisée peu dense lots 0.13 ha	72
Surface urbanisée peu dense lots 0.2 ha	70
Surface urbanisée peu dense lots 0.3 ha	69
Champs ou prairie	58
Secteur industriel	88

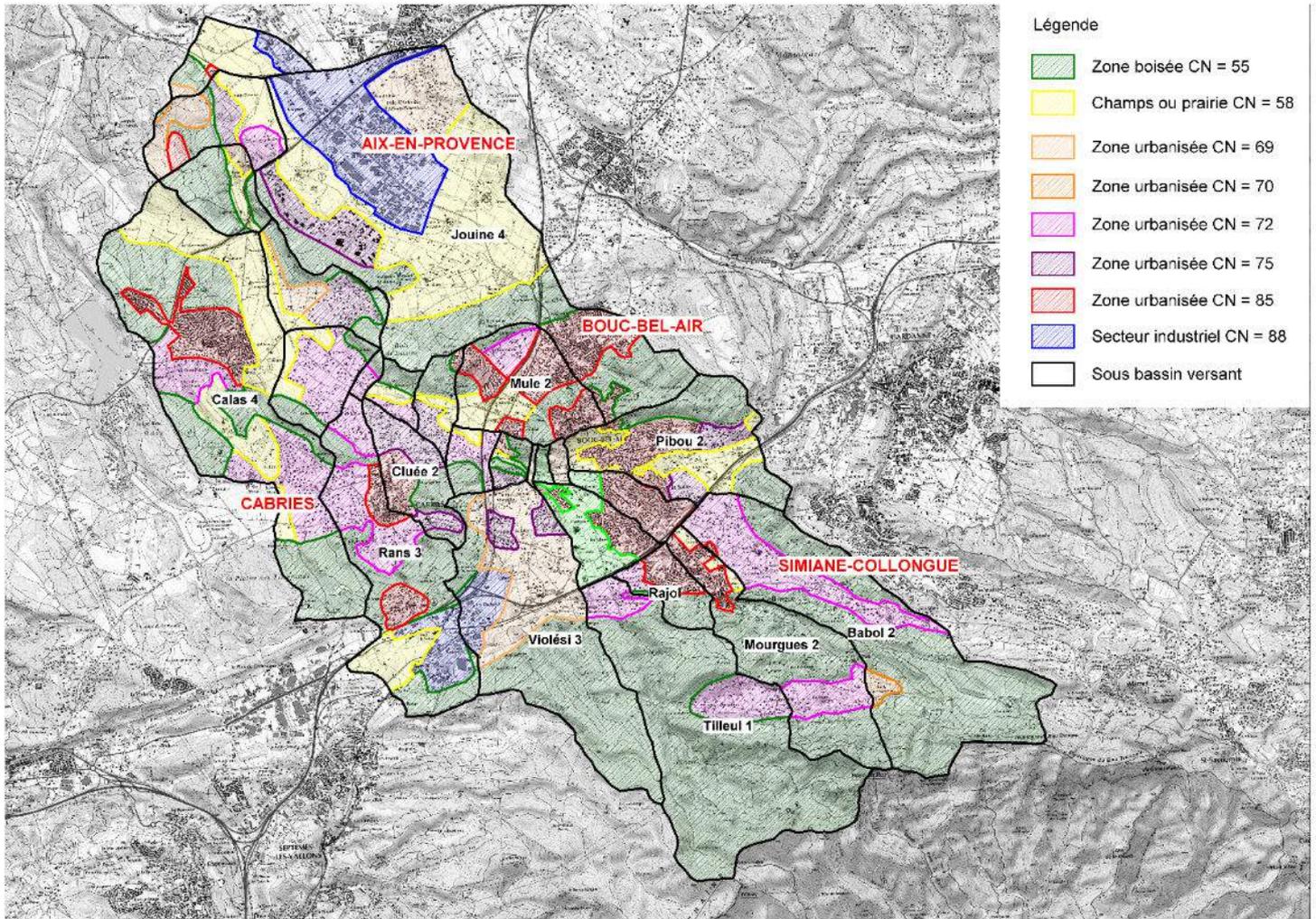
Ces coefficients ont été définis pour un groupe hydrologique du sol type « sols de vitesses d'infiltration intermédiaires » et pour des conditions antécédentes d'humidité moyennes (tableau adapté de Chow et al. (1988), Rivard, 2005).

Ainsi, la répartition de l'occupation du sol est illustrée par la figure ci-après. Les CN moyens calculés pour chaque sous BV figurent dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 5 : Curve Number pour chaque BV**

Sous BV	CN
Pibou 2	66.5
Babol 2	59.4
Mourgues 2	60.7
Tilleul 1	57.4
Rajol	70.3
Violési 3	59.8
Cluée 2	64.0
Rans 3	66.8
Calas 4	62.3
Mule 2	71.4

Figure 5 : Occupation du sol



#### 4.2.2.3 Absorption initiale

L'infiltration initiale (avant que les sols ne commencent à ruisseler) est représentée dans le modèle pluie-débit par un paramètre  $I_a$ , exprimé en mm, représentant les pertes initiales par interception du sol. La méthode SCS permet de définir le paramètre  $I_a$  d'après la relation suivante :

$$I_a = 0.25 \times S$$

$S$ , exprimé en mm, correspond à la capacité de stockage du sol et du paramètre de ruissellement CN, il est défini par :

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

**Tableau 6 : Absorption initiale (mm)**

Sous BV	I <sub>a</sub>
Pibou 2	32.0
Babol 2	43.4
Mourgues 2	41.1
Tilleul 1	47.1
Rajol	26.8
Violési 3	42.7
Cluée 2	35.7
Rans 3	31.6
Calas 4	38.4
Mule 2	25.4

#### 4.2.2.4 Temps de concentration

Il correspond au temps que met une goutte d'eau pour traverser le bassin versant de son point le plus haut à son exutoire.

Les temps de concentration ont été définis par plusieurs méthodes de calcul hydrologiques :

- la formulation de Ventura,
- la formulation de Passini,
- la méthode du guide du Setra (consistant à diviser le chemin hydraulique du bassin versant en des tronçons de pente homogène et à calculer un temps d'écoulement sur chaque tronçon par une relation entre la pente et la vitesse, différente selon si les écoulements sont diffus ou concentrés).

Ces trois méthodes ont permis de définir dans un premier temps un intervalle de validité. Les temps ont ensuite été définis précisément de manière à ce que pour une pluie décennale de période intense égale au temps de concentration du sous bassin versant, le débit obtenu à l'exutoire soit cohérent avec les études antérieures.

**Tableau 7 : Définition des temps de concentration**

Sous BV	Tc (min)	Pic Q10 obtenu (m <sup>3</sup> /s)	Pic Q10 – 2006 (m <sup>3</sup> /s)
Pibou 2	60	12.1	12.7
Babol 2	100	10.6	10.3
Mourgues 2	73	7.1	7.1
Tilleul 1	67	10.1	10.0
Rajol	30	4.7	4.0
Violési 3	147	9.0	8.9
Cluée 2	91	3.5	2.7
Rans 3	138	11.8	11.5
Calas 4	180	14.7	-
Mule 2	95	10.1	9.1
Jouïne 4	281	21.2	-

Notons que le temps de concentration total bassin versant de la Jouïne a été estimé à 700 min.

#### 4.2.2.5 Temps de transfert et coefficients d'amortissement sur le Grand Vallat

Dans le modèle pluie-débit, le Grand Vallat est représenté par une quinzaine de tronçons, chacun défini par un temps de transfert et un coefficient d'amortissement des hydrogrammes de crue (cf. *Figure 2 : Modèle Pluie-Débit*). Ces paramètres ont été calés pour que les débits obtenus en chaque nœud de calcul du Grand Vallat correspondent aux débits obtenus par la modélisation hydraulique bidimensionnelle d'un **évènement pluvieux décennal** (présentée en §5).

Le tableau ci-après présente les similitudes entre les deux modèles pour un évènement décennal.

**Tableau 8 : Calage des temps de transfert et coefficients d'amortissement sur le Grand Vallat pour un évènement décennal**

Nœud de calcul	Modèle hydrologique	Modèle hydraulique
	Pluie-Débit Qmax (m3/s)	2D Qmax (m3/s)
BM	14.2	15.2
B	15.8	15.3
TR	10.8	10.7
T	13.7	12.5
N1	21.7	21.7
N3	36	36
N4	44	45
N6	50	48
N8	53	52
N9	62	54
N10	63	63
N11	78	78
N12	76	72
N13	76	74
N14	77	77

Notons que les coefficients étant calés sur un évènement décennal, les débits obtenus avec le modèle pluie-débit à l'exutoire du bassin versant sont légèrement sous-estimés pour des occurrences supérieures. En effet, plus la crue est rare, plus les coefficients de transfert et d'amortissement diminuent. Le tableau ci-dessous présente les débits obtenus à l'exutoire (confluence avec l'Arc) avec le modèle pluie-débit et avec le modèle hydraulique bidimensionnel pour plusieurs occurrences de crue. Pour la crue de référence, le modèle hydraulique représente mieux les temps de transfert dans le Grand Vallat et nous retiendrons un débit à l'exutoire de **368 m<sup>3</sup>/s**.

Tableau 9 : Débit obtenu à la confluence avec l'Arc pour les occurrences 2, 5, 50 ans et pluie de 1993

Débit à la confluence avec l'Arc	Modèle Pluie-Débit	Modèle 2D
Q2 (m <sup>3</sup> /s)	26.8	27.7
Q5 (m <sup>3</sup> /s)	48.4	50.4
Q50 (m <sup>3</sup> /s)	188.7	228.8
Q93 (m <sup>3</sup> /s)	292	368

#### 4.2.3 DEBITS DE PROJET ET DEBITS DE REFERENCE

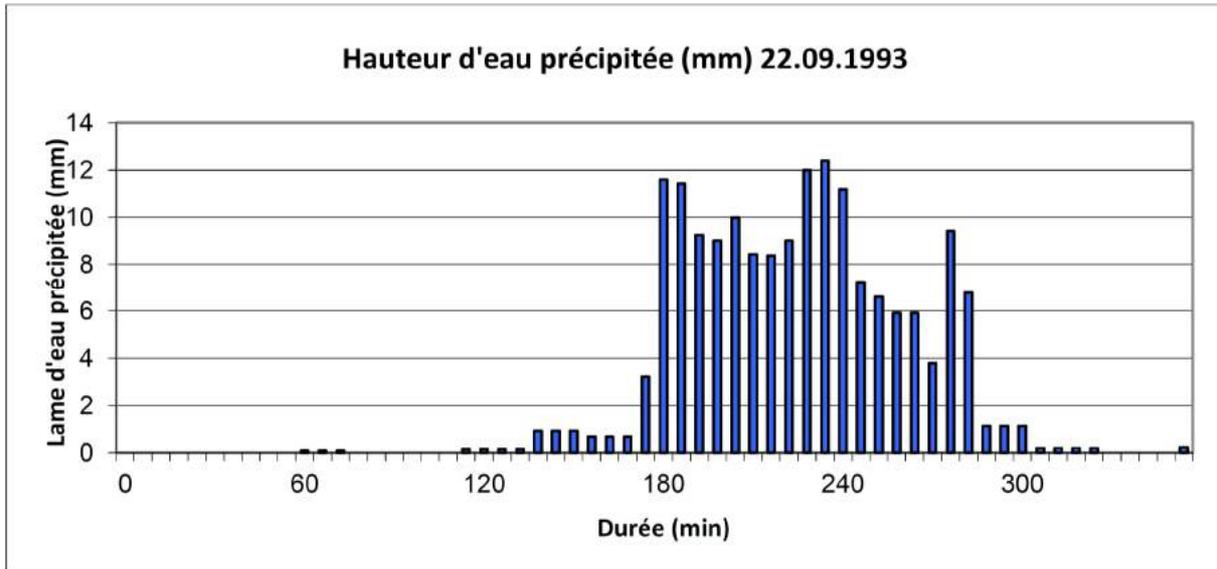
Notons que dans le cadre de la présente analyse visant à cartographier l'aléa inondation, seuls les débits de référence de l'évènement de 1993 ont été utilisés. Les débits de pointe pour des occurrences de crue plus faibles (2, 5, 10 et 50 ans) sont néanmoins présentés.

Les débits de pointe pour les occurrences 2, 5, 10 et 50 ans ont été obtenus en réponse à des pluies de projet, renseignées en entrée du modèle pluie-débit, et définies par utilisation de la station pluviométrique d'Aix-les-Milles (cf. *Tableau 2 : Quantiles de pluie en mm pour la station météorologique d'Aix-Les-Milles*). Ce sont des pluies double-triangle dont la période intense est égale au temps de concentration du bassin versant du Grand Vallat et dont la période totale est égale à trois fois ce temps de concentration. Le temps de concentration du Grand Vallat a été pris égal à 700 min (soit environ 11h).

L'évènement de référence correspond à l'évènement le plus fort entre la plus forte crue connue et la crue centennale. Sur le bassin versant du Grand Vallat, **l'évènement pluvieux de référence est l'évènement de 1993**, plus fort qu'un évènement centennal. La pluie retenue pour obtenir les débits de référence de l'évènement de sur chaque sous bassin versant est présentée ci-dessous. Il s'agit de la pluie enregistrée en septembre 1993 sur la station Aix-les-Milles.

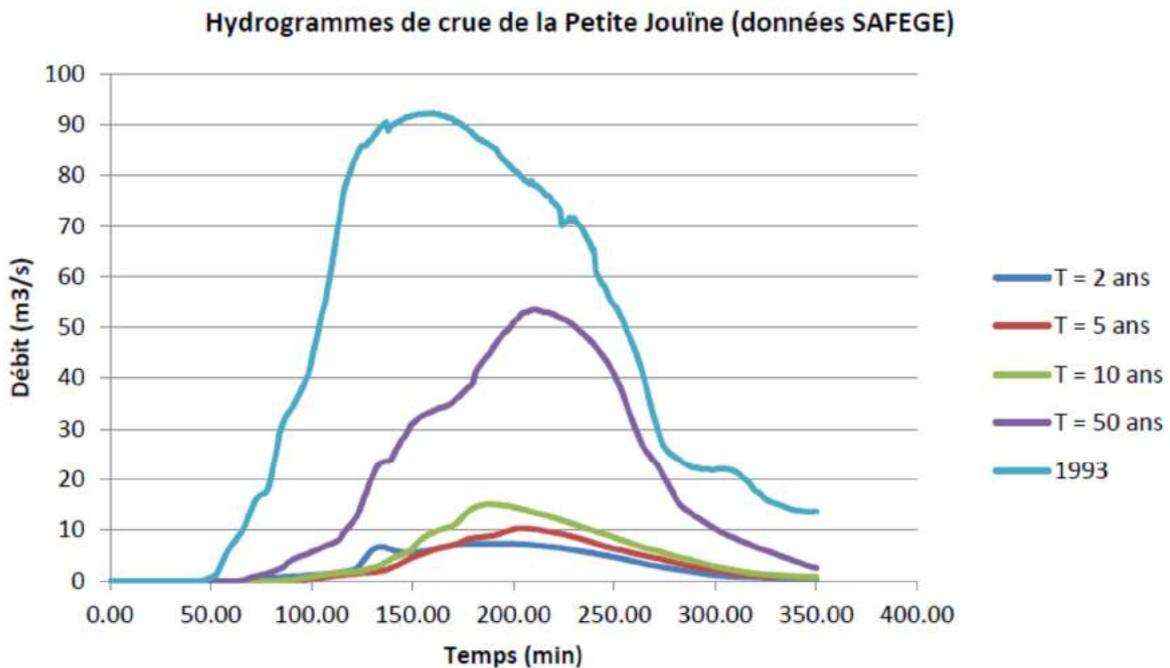
**Notons que l'évènement de référence sur le bassin versant du Grand Vallat ne correspond pas à la pluie qui est réellement tombée sur ce territoire en 1993. Il correspond à la pluie la plus forte enregistrée en 1993 dans les environs (station Aix-les-Milles) appliquée au bassin versant du Grand Vallat.**

Figure 6 : Pluie de septembre 1993



**N.B :** La Petite Jouïne en amont de la RD9 a été renseignée dans le modèle pluie-débit directement par les hydrogrammes de crue fournis par le bureau SAFEGE et obtenus au niveau de la RD9 grâce à une modélisation hydraulique (modèle réalisé par SAFEGE dans le cadre du schéma d'aménagement d'Aix-en-Provence). Ils sont illustrés dans la figure ci-dessous.

Figure 7 : Hydrogrammes de crue de la Petite Jouïne au niveau de la RD9 (Données SAFEGE)



Le tableau suivant présente les débits de pointe obtenus aux exutoires de chaque sous bassin.

**Tableau 10 : Débits de pointe des sous bassins versants**

Sous bassin versant	Superficie (km <sup>2</sup> )	Pic Q2 (m <sup>3</sup> /s)	Pic Q5 (m <sup>3</sup> /s)	Pic Q10 (m <sup>3</sup> /s)	Pic Q50 (m <sup>3</sup> /s)	Pic Q93 (m <sup>3</sup> /s)
Pibou 2	3.52	2.5	4.3	6.5	14.3	46.2
Babol 2	7.19	2.7	5.5	9.0	22.4	61.2
Mourgues 2	3.82	1.7	3.3	5.3	12.8	38.9
Tilleul 1	7.99	2.5	5.4	9.1	23.7	73.1
Rajol	0.88	0.8	1.3	1.9	4.1	16.2
Violési 3	6.64	2.5	5.0	8.2	20.1	45.0
Cluée 2	1.49	0.9	1.5	2.4	5.5	15.8
Rans 3	4.93	3.3	5.8	8.7	18.9	45.5
Calas 4	9.55	4.3	8.2	13.0	30.5	61.5
Mule 2	2.58	2.4	3.9	5.7	11.6	33.6
Petite Jouïne (SAFEGE)	14.72	7.3	10.4	15.1	53.5	92.3

Par ailleurs, rappelons que le modèle pluie-débit a tendance à légèrement sous-estimer les débits de pointe pour des événements d'occurrence supérieure à la décennale. Si le modèle hydrologique indique un débit total à l'exutoire du bassin versant de la Jouïne (au droit de la confluence avec l'Arc) pour l'évènement de référence de 292 m<sup>3</sup>/s, le modèle hydraulique, lui, indique 368 m<sup>3</sup>/s (cf. *Tableau 9 : Débit obtenu à la confluence avec l'Arc pour les occurrences 2, 5, 50 ans et pluie de 1993*).

### 4.3 COHERENCE DES RESULTATS

Les analyses réalisées antérieurement ainsi que la comparaison des débits pseudo-spécifiques constituent des outils intéressants pour la vérification de la cohérence des résultats obtenus.

- **Débit pseudo-spécifique**

Le débit pseudo-spécifique, donné par la formule ci-après, permet de comparer des débits générés par des bassins versants similaires, mais de taille différente.

$$Q_{ps} = \frac{Q}{S^{0.8}}$$

Avec Q le débit exprimé en m<sup>3</sup>/s et S la superficie du bassin versant en km<sup>2</sup>.

Dans le tableau ci-dessous, figurent le débit pseudo-spécifique généré par une pluie type 1993 sur les bassins versants de la Jouïne et du Grand Vallat (résultats du modèle pluie-débit), la Petite Jouïne (données SAFEGE) et la Luynes (données issues d'une étude réalisée par SCE en 2012).

**Tableau 11 : Comparaison des débits pseudo-spécifiques**

Bassin versant	Grand Vallat	Jouïne		Petite Jouïne (SAFEGE)	Luynes (SCE)
	Modèle QP	modèle QP	modèle 2D		
<b>Superficie (km<sup>2</sup>)</b>	59.6	75.5	75.5	14.7	55
<b>Q93 (m<sup>3</sup>/s)</b>	249.00	292	368	92.4	271
<b>Qps (m<sup>3</sup>/s/km<sup>1.6</sup>)</b>	9.5	9.2	11.6	10.8	11

Le débit pseudo-spécifique sur la Luynes et la Petite Jouïne est d'environ 11 m<sup>3</sup>/s/km<sup>1.6</sup>. Sur la Jouïne, le débit pseudo-spécifique varie entre 9.2 et 11.6, les valeurs diffèrent entre le modèle hydrologique et le modèle hydraulique. Le débit pseudo-spécifique à l'exutoire de la Jouïne issu du modèle hydraulique est plus en accord avec les valeurs de débit pseudo-spécifique de la Luynes et de la Petite Jouïne. **Ainsi, le débit de référence de 368 m<sup>3</sup>/s à l'exutoire de la Jouïne est tout à fait cohérent.**

#### 4.4 ETUDE COMPLEMENTAIRE SUR CABRIES

Afin de cartographier l'aléa inondation sur son territoire, la commune de Cabriès a mandaté INGEROP en 2016 pour réaliser une étude hydraulique sur leur territoire. Certains affluents du Grand Vallat n'avaient pas été modélisés en 2012, il était donc nécessaire de réaliser des modélisations complémentaires afin que l'aléa inondation soit cartographié sur l'ensemble des vallats situés sur la commune de Cabriès.

L'analyse hydrologique réalisée en 2012 a donc été affinée sur la commune de Cabriès afin d'obtenir les débits de référence de chaque affluent. En effet, en 2012, le débit de référence du bassin versant « Calas 4 » était calculé à la confluence entre le vallat de Champfleury et le vallat de Calas. En 2016, de nouveaux points de calcul ont été ajoutés afin de connaître la répartition du débit sur chacun de ces deux vallats, mais également sur le Grand Torrent, sur le vallon intitulé « Fossé », sur le Couladou et sur l'amont du vallat de Rans.

Ce secteur a donc été redécoupé plus finement comme l'illustre la figure ci-après.



Décembre 2016

Cartographie de l'aléa inondation sur le bassin du Grand Vallat

Figure 8 : Redécoupage en sous bassins versants pour l'étude complémentaire sur la commune de Cabriès (réalisée en 2016)

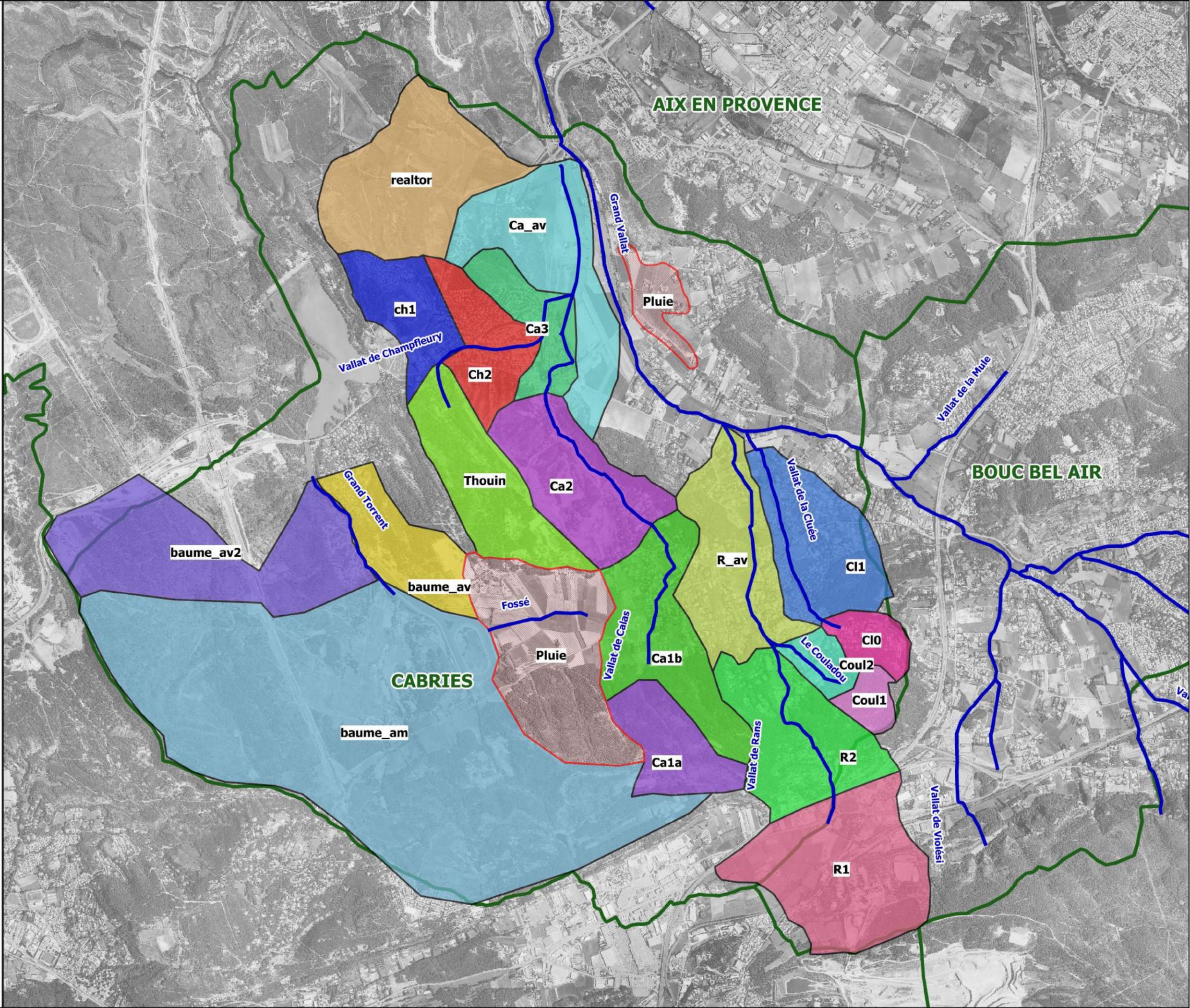
MM3496 - Ind A

**Légende :**

-  Réseau hydrographique
-  Limite communale

Sous bassins versants sur la commune de Cabriès :

-  Thouin
-  reator
-  R1
-  Pluie (bassins versants sur lesquels une pluie est appliquée)



Echelle : 1 / 30 000 e





Les hypothèses retenues pour obtenir les débits de référence sur chaque sous bassin versant sont identiques à celles de l'étude réalisée pour le SABA en 2012 et les paramètres ont été calés afin d'obtenir des hydrogrammes cohérents avec l'étude pour le SABA et d'éviter une augmentation préjudiciable des débits à l'aval.

Sur deux sous bassins versants, il a été choisi d'y appliquer directement une pluie dans le modèle hydraulique (en l'occurrence, la pluie de 1993 pour l'évènement de référence), ils sont intitulés « Pluie » dans la figure précédent. Ces deux bassins versants n'ont donc pas fait l'objet d'un calcul du débit de référence.

Les figures suivantes illustrent toutes les caractéristiques retenues sur chaque sous bassin versant.

**Tableau 12 : Caractéristiques géométriques et hydrologiques des sous bassins versants sur la commune de Cabriès**

	sous BV	S (km <sup>2</sup> )	L (km)	lpond (%)	Sous BV	Tc (min)
Cluée	Cl0	0.3	1.4	4.7	ba_av2	42.00
	cl1	1.12	1.8	4.31.8	ba_av	66.00
Calas	ca3	0.6	1.0	1.5	ba_am	133.00
	ca1a	0.7	1.5	3.7	ca3	60.00
	ch1	0.7	1.4	2.6	ca1a	20.00
	ch2	0.71	1.4	3.0	ch1	30.00
	ca2	1.25	1.7	2.9	ch2	30.00
	ca1b	1.34	2.4	3.4	ca2	20.00
	realtor	1.45	1.9	3.8	ca1b	20.00
	ca_av	1.65	2.5	1.6	realtor	60.00
Rans	R2	1.3	1.8	4.8	ca_av	60.00
	R1	1.8	1.7	4.0	Cl0	22.75
	coul1	0.2	0.5	8.0	cl1b	68.25
	coul2	0.25	0.8	1.8	coul1	35.00
	Rav	1.39	2.3	4.1	coul2	35.00
Baume Baragne	baume_aval	2.08	1.7	2.7	R2	40.00
	baume_amont	7.9	4.3	1.8	Rav	66.67
	baume_aval2	0.8	3.6	1.7	R1	30.00

Sous BV	CN	la
ba_av2	60	12
ba_av	65	30
ba_am	60	36
ca3	68	29,9
ca1a	61	40,6
ch1	65	34,2
ch2	68	29,9
ca2	61	40,6
ca1b	61	40,6
realtor	58	46
ca_av	61	40,6
Cl0	64	35,72
cl1b	64	35,72
coul1	61	37,8
coul2	64	34,8
R2	64	34,8
Rav	73	23,5
R1	70	27

Le tableau suivant présente les débits obtenus pour l'évènement de référence type 1993 grâce au modèle pluie-débit redécoupé sur la base des mêmes hypothèses que celui réalisé pour le SABA.

**Tableau 13 : Débits de référence pour les sous bassins versants redécoupés sur la commune de Cabriès**

Sous BV	Pic Q93 (m <sup>3</sup> /s)
ba_av2	8
ba_av	20.6
ba_am	50.3
ca3	8.3
ca1a	10.2
ch1	10.8
ch2	12.2
ca2	18.3
ca1b	19.6
realtor	13.9
ca_av	17.8
Cl0	4.8
cl1b	13.1
coul1	2.6
coul2	3.6
R2	17.9
Rav	21.5
R1	32.8

- **Cas particulier du bassin versant du Grand Torrent (ou Baume Baragne)**

Le bassin de Baume de Baragne n'ayant pas été modélisé dans les études antérieures, il n'a pas été possible de caler le modèle hydrologique sur des débits existants. Afin de vérifier la cohérence des résultats, une pluie centennale a été modélisée, ainsi que l'évènement type 1993.

La pluie de projet, renseignée en entrée du modèle pluie-débit, a été définie par utilisation de la station pluviométrique d'Aix-les-Milles. C'est une pluie double-triangle dont la période intense est égale au temps de concentration du bassin versant de Baume de Baragne et dont la période totale est égale à trois fois ce temps de concentration. Le temps de concentration de Baume de Baragne a été pris égal à 140 min (soit environ 2h20).

Le tableau ci-après présente les débits obtenus pour ces deux évènements.

**Tableau 14 : Débits obtenus pour le bassin versant du Grand Torrent (ou Baume Baragne)**

Sous BV	Pic Q93 (m <sup>3</sup> /s)	Pic Q100 (m <sup>3</sup> /s)
ba_av2	8	12.5
ba_av	20.6	29
ba_am	50.3	64

Il apparaît, contrairement aux autres bassins versants étudiés, que le pic de crue pour un évènement centennale est supérieur au pic de crue pour un évènement type 1993. Ce bassin versant étant plus naturel et son temps de réponse plus court, l'évènement centennal est ici l'évènement de référence.



## 5 MODELISATION DES ECOULEMENTS

---

L'objectif de cette partie est de modéliser en situation actuelle la crue de référence afin d'en extraire l'aléa inondation. Pour cela, un modèle numérique bidimensionnel, réalisé dans le cadre de l'étude menée par le SABA, a permis de représenter les écoulements et de définir pour chaque cours d'eau les débits de premiers débordements en rive droite et en rive gauche.

### 5.1 PRESENTATION DES MODELES

MIKE FLOOD est le logiciel utilisé pour la modélisation des écoulements. Il est développé par la société DHI (Danish Hydraulic Institute). MIKE FLOOD permet le couplage d'une modélisation unidimensionnelle du lit mineur du cours d'eau (représenté par des profils en travers grâce au logiciel MIKE 11) avec une modélisation bidimensionnelle du lit majeur (représenté sous forme de MNT grâce au logiciel MIKE 21). Les logiciels MIKE 11 et MIKE 21 résolvent les équations de Barré Saint-Venant à une et deux dimensions.

Le modèle unidimensionnel représente le lit mineur par son profil en long et par des profils en travers, et prend en considération l'ensemble des ouvrages hydrauliques. Il permet de connaître à chaque instant de la simulation la ligne d'eau et le débit dans les cours d'eau.

Le modèle bidimensionnel se compose d'un découpage fin du secteur d'étude, à l'aide d'un maillage rectangulaire, permettant de connaître à chaque instant de la simulation les hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement en chaque maille du modèle.

**Le modèle mis en œuvre permet donc d'obtenir une description précise du champ de vitesses et des axes d'écoulement. Autrement dit, il est possible de simuler les crues en temps réel, les vitesses, les directions d'écoulement et les hauteurs d'eau étant connues en tout point et à chaque instant.**

Les résultats sont fournis sous forme de cartographies :

- des hauteurs d'eau maximales,
- des vitesses maximales d'écoulement,
- des mécanismes d'écoulement au pic de crue (direction et intensité des écoulements représentés par des vecteurs vitesse).

Des animations des crues simulées permettent de visualiser la dynamique des écoulements et la chronologie des phénomènes.



Dans le cadre de l'étude menée par le SABA, un modèle hydraulique a été construit sur le bassin versant du Grand Vallat. Il avait été retenu, lors de sa réalisation, une limite du modèle hydraulique allant jusqu'à la confluence avec l'Arc, intégrant la Petite Jouïne à partir de la RD9 et partant de la commune de Simiane-Collongue, en amont des vallats de Babol et Mourgues. L'emprise du modèle bidimensionnel représente une superficie de 11.7 km<sup>2</sup>.

En 2016, la commune de Cabriès, souhaitant compléter la connaissance du risque inondation sur son territoire, a missionné INGEROP pour la modélisation d'affluents annexes qui n'avait pas été modélisés dans l'étude pour le SABA.

Dans le cadre de la présente étude visant à cartographier l'aléa inondation sur l'ensemble des trois communes Cabriès, Bouc-Bel-Air et Simiane-Collongue, ces deux modèles hydrauliques ont été utilisés. La figure ci-après présente les linéaires modélisés.



Décembre 2016

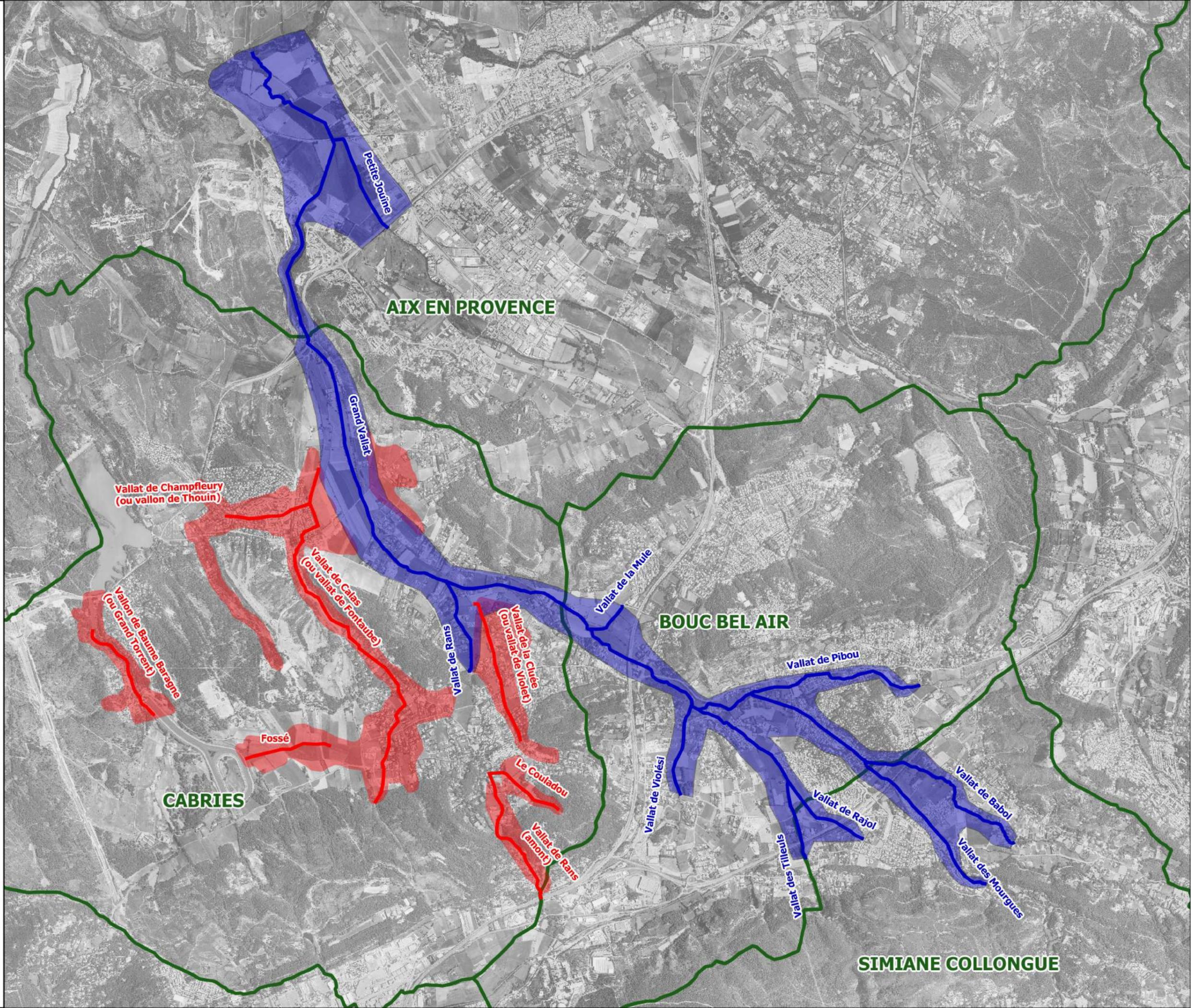
Cartographie de l'aléa inondation sur le bassin du Grand Vallat

Figure 9 : Modèles hydrauliques utilisés pour cartographier l'aléa inondation

MM3496 - Ind A

**Légende :**

-  Réseau hydraulique modélisé dans le cadre de l'étude menée par le SABA en 2012
-  Réseau hydraulique modélisé dans le cadre de l'étude pour la commune de Cabriès en 2016
-  Emprise du modèle 2D (étude 2012)
-  Emprise du modèle 2D (étude 2016)
-  Limite communale



Echelle : 1 / 35 000 e





## 5.2 TOPOGRAPHIE

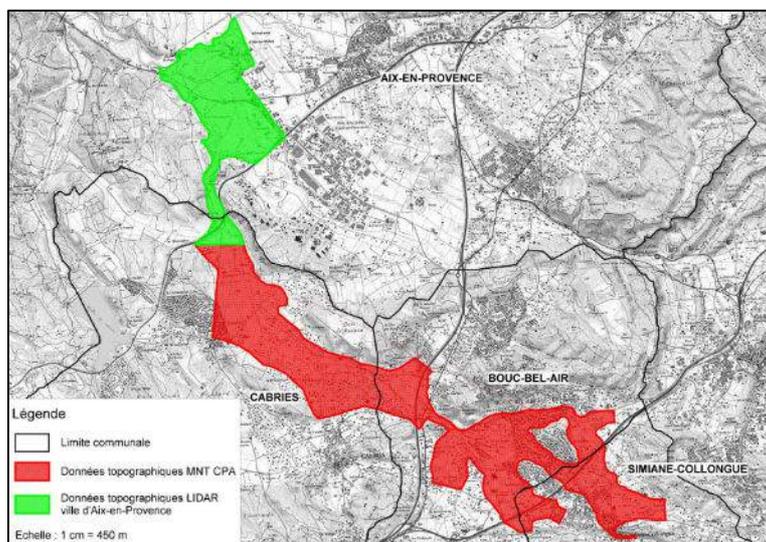
### 5.2.1 MODELES NUMERIQUES DE TERRAIN

Plusieurs données topographiques ont été utilisées :

- de l'amont du bassin versant jusqu'au giratoire de Lagremeuse : extrait du MNT fourni par la CPA donnant un point topographique tous les 5 m avec une précision altimétrique de 15 cm.
- de Lagremeuse jusqu'à la confluence avec l'Arc : extrait du LIDAR de la commune d'Aix-en-Provence réalisé en 2009 et fourni par le service SIG de la commune. L'espacement des points topographiques est de 1 m et la précision altimétrique est de l'ordre de 20 cm.

La figure ci-après illustre la délimitation des données topographiques.

**Figure 10 : Données topographiques**



NB : L'étude réalisée pour la commune de Cabriès est également basée sur les données topographiques MNT CPA.

### 5.2.2 LEVES TERRESTRES

Les levés terrestres des ouvrages hydrauliques sont issus pour la plupart de « *l'Etude générale sur le bassin versant de la Jouïne et du Grand Vallat* », réalisée par la Société du Canal de Provence en 1999. Certains levés avaient été complétés lors de la « *Synthèse et mise en cohérence des études existantes relatives à l'inondabilité des communes de Simiane, Bouc-Bel-Air et Cabriès* », réalisée par IPSEAU en 2006. Certains ouvrages ont nécessité une réactualisation de leurs levés terrestres, effectués lors des

reconnaitances de terrain. Par ailleurs, de nouveaux levés ont été réalisés entre Lagremeuse et la confluence avec l'Arc, en 2012, lors de l'étude menée par le SABA.

### 5.2.3 PROFILS EN TRAVERS

La plupart des profils en travers datent de l'étude de la SCP en 1999. Des compléments avaient été effectués en 2006, notamment sur le Vallat de Babol. De nouveaux levés de profils en travers ont été réalisés à l'aval du modèle en 2012, entre Lagremeuse et la confluence avec l'Arc, afin d'affiner ce secteur.

Par ailleurs, sur la commune de Cabriès, des levés terrestres des profils en travers du lit mineur et des ouvrages ont été réalisés en février 2016.

## 5.3 MODELISATION DES LITS MINEURS

### 5.3.1 GEOMETRIE DES COURS D'EAU

- **Modèle SABA**

Le modèle unidimensionnel a été établi sous le logiciel MIKE 11. La géométrie des cours d'eau est définie par leur profil en long, les différents profils en travers ainsi que les ouvrages hydrauliques. Le tableau suivant résume les différents cours d'eau modélisés et le linéaire associé.

**Tableau 15 : Linéaire des cours d'eau modélisés**

Cours d'eau	Description	Linéaire modélisé (m)
Vallat de Babol	De l'amont de Cournière vers la confluence avec le Grand Vallat	3670
Vallat des Mourgues	De l'amont du village de Simiane vers confluence avec le vallat de Babol	1950
Vallat de Pibou	Du chemin Joseph Roumanille vers la confluence avec le Grand Vallat	2305
Vallat de Rajol	De l'amont de la voie ferrée vers la confluence avec le vallat des Tilleuls	820
Vallat des Tilleuls	De l'amont de la voie ferrée vers la confluence avec le Grand Vallat	2210
Vallat de Violési	De la RD8 vers la confluence avec le Grand Vallat	945
Vallat de la Mule	De l'amont du lotissement vers la confluence avec le Grand Vallat	755
Vallat de Rans	Du chemin de Bélantière vers la confluence avec le Grand Vallat	1045
Petite Jouïne	De la RD9 vers la confluence avec le Grand Vallat	1060
Grand Vallat	Jusqu'à la confluence avec l'Arc	10700



Par ailleurs, l'Arc a été modélisé sur environ 3 km afin d'intégrer une condition aval du modèle. Les fossés situés de part et d'autre du Grand Vallat à l'aval de la RD60 ont également été intégrés au modèle car ils participent au ressuyage des terres. La partie aval du Vallat de Calas, en sortie du village, a été intégrée pour les mêmes raisons.

Sans tenir compte des fossés servant au drainage des écoulements entre la RD60 et Lagremeuse (intégrés au modèle unidimensionnel), **un linéaire total de 25.5 km a été modélisé dont environ 10.7 km sur le Grand Vallat.**

- **Modèle Cabriès**

Sur la commune de Cabriès, dans le cadre de l'étude réalisée en 2016, sept cours d'eau ont été modélisés :

- Le vallat de Fontaube (4.5km)
- Le vallat de Rans (1.6km)
- Le Couladou (0.7km)
- Le vallat de la Cluée (1.6km)
- Le vallat de Champfleury (2.1km)
- Le vallon de Baume Baragne (1.1km)
- Un fossé en amont du vallon de Baume Baragne (0.9km).

### **5.3.2 PROFILS EN TRAVERS ET OUVRAGES**

- **Modèle SABA**

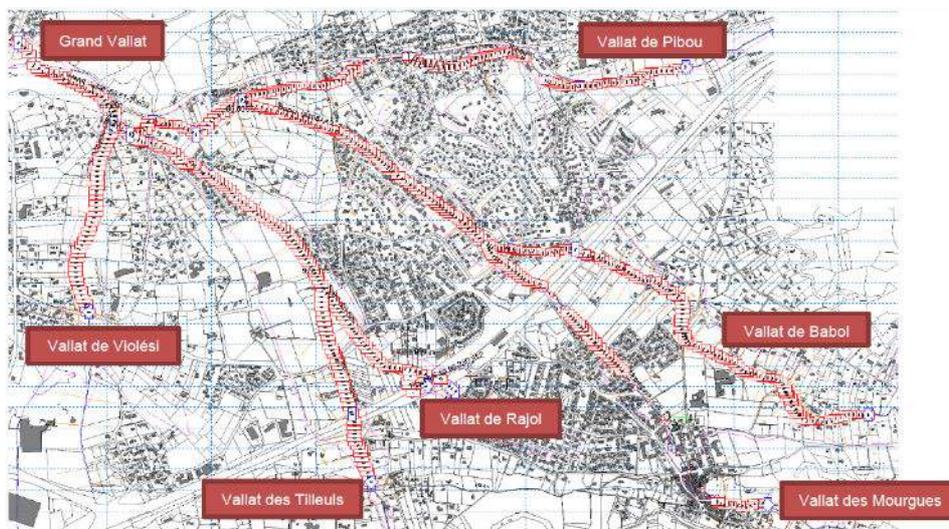
Sur le modèle hydraulique du SABA, afin d'améliorer la précision du calcul, les profils en travers ont été interpolés à partir des profils réels de manière à ce que sur chaque cours d'eau, il y ait un profil tous les 25 m environ. 70 ouvrages hydrauliques sont représentés.

- **Modèle Cabriès**

Le modèle hydraulique réalisé pour la commune de Cabriès est constitué de 111 profils en travers et 360 profils interpolés pour une interdistance moyenne entre les profils de 35 m environ. Le linéaire total modélisé est de 12.5 km, 60 ouvrages hydrauliques (ponts, seuils, buses, etc.) ont été intégrés au modèle.

La figure ci-après présente une vue en plan du modèle 1D réalisé pour le SABA.

Figure 11 : Extrait du modèle unidimensionnel (SABA 2012)



### 5.3.3 COEFFICIENTS DE RUGOSITE

Les coefficients de rugosité retenus dans les lits mineurs sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 16 : Coefficients de rugosité retenus en lit mineur

Type de surface	Coefficient de rugosité
Lit	20
Berge	15
Ouvrage	50

## 5.4 MODELISATION DU LIT MAJEUR

### 5.4.1 EMPRISES DES MODELES ET MAILLAGES

- **Modèle SABA**

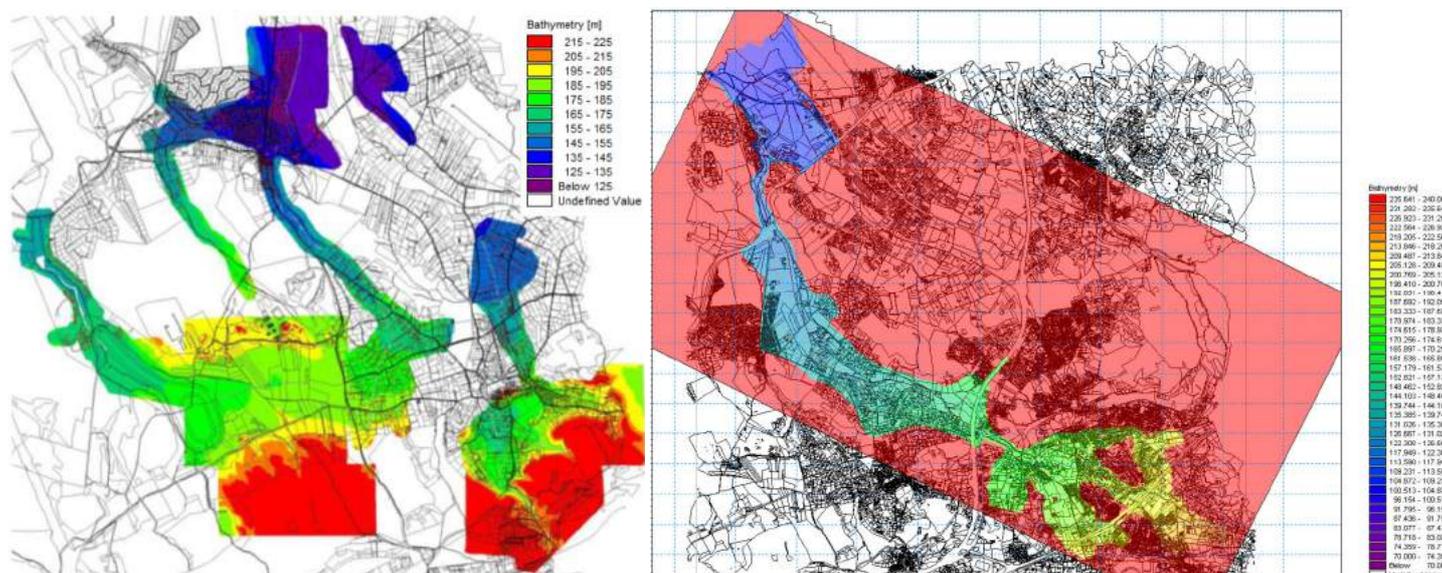
Le modèle réalisé pour le SABA couvre l'étendu de la zone inondable du Grand Vallat. Cela représente une superficie de 11.7 km<sup>2</sup>. Un maillage carré régulier de 5 m x 5 m quadrille cette emprise. Cela représente environ 473 000 mailles de calcul.

- **Modèle Cabriès**

Le modèle réalisé pour la commune de Cabriès couvre une superficie de 9.3 km<sup>2</sup>. Les mailles carrées sont également de 5 m x 5 m, soit un nombre total de mailles égal à 373 000.

En chacun de ces points de calcul est affectée une cote topographique. **Ces maillages intègrent les singularités de la topographie du site : l'ensemble des merlons, remblais ou digues, des bâtiments et obstacles (murs) et des infrastructures, sont représentés.**

**Figure 12 : Extrait des modèles 2D – Topographie**



## 5.4.2 COEFFICIENTS DE RUGOSITE

Un coefficient de rugosité a été attribué à chaque maille en fonction de l'occupation du sol. Les coefficients de rugosité retenus pour chaque type d'occupation du sol sont donnés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 17 : Coefficients de rugosité retenus en lit majeur**

Occupation du sol	Coefficient de rugosité
Zones boisées	10
Lotissements	12
Champs type friche ou jardin	20
Champs type culture	30
Stabilisé	45
Routes	55

La figure ci-après présente un extrait de la vue en plan des coefficients de rugosité appliqués selon l'occupation du sol de la zone d'étude.

**Figure 13 : Coefficients de rugosité – Secteur vallats de Pibou et Babol à Bouc-Bel-Air**



## 5.5 COUPLAGE LIT MINEUR / LIT MAJEUR

Le couplage entre le modèle unidimensionnel des lits mineurs et le modèle bidimensionnel représentant le lit majeur est réalisé sous l'interface MIKE FLOOD. Des liens de déversement latéraux permettent des échanges entre les lits mineurs et le lit majeur pendant toute la durée de la simulation.

## 5.6 CONDITIONS AUX LIMITES

### 5.6.1 CONDITIONS AUX LIMITES AMONT

- **Modèle SABA**

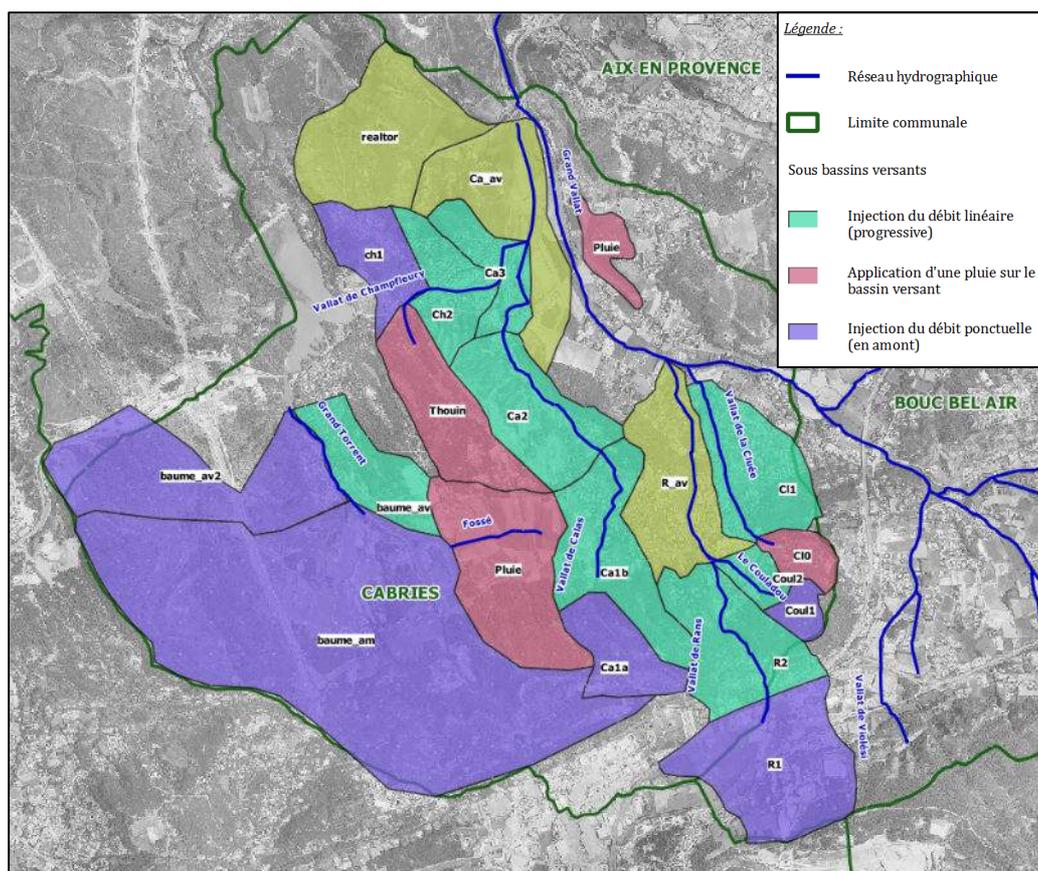
Sur le modèle du Grand Vallat, les hydrogrammes calculés dans l'analyse hydrologique par le modèle pluie-débit ont été injectés en limite amont du modèle, en amont de chaque cours d'eau pour les différentes crues étudiées.

Pour l'Arc, un débit faible constant de 20 m<sup>3</sup>/s a été choisi arbitrairement de manière à ce qu'il n'y ait aucune influence aval.

- **Modèle Cabriès**

Sur le modèle des cours d'eau de Cabriès, les injections de débit se font ponctuellement ou progressivement (réparties sur le linéaire du cours d'eau). Le type d'injection a été défini à partir du réseau hydrographique et des reconnaissances de terrains. Pour certains bassins versants ne possédant pas de thalweg marqué, la pluie a été appliquée directement dans le modèle 2D, en injectant la pluie nette ruisselée sur l'ensemble de ces bassins versants. L'implantation des nœuds d'injection ponctuels ou progressifs de débit est présentée sur la figure suivante.

**Figure 14 : Conditions aux limites amont – Modèle Cabriès**



## 5.6.2 CONDITIONS AUX LIMITES AVAL

- **Modèle SABA**

En limite aval du modèle, c'est-à-dire au droit du dernier profil de l'Arc, une loi hauteur – débit est calculée en fonction de la géométrie de ce profil et de la pente du tronçon aval. Elle correspond à une condition libre d'écoulement des eaux.

- **Modèle Cabriès**

Par souci de cohérence avec les études antérieures les niveaux d'eau aval de ces études ont été conservés. Pour les cours d'eau n'ayant pas été modélisé dans les études précédentes, une loi hauteur/débit est calculée en fonction de la géométrie de ce profil et de la pente du tronçon aval. Elle correspond à une condition libre d'écoulement des eaux.

L'étude réalisée pour le SABA donne le niveau aval du vallon de Fontaube. L'étude de « *Synthèse et mise en cohérence des études existantes relatives à l'inondabilité des communes de Cabriès, Simiane-Collongue et Bouc-Bel-Air* » de 2006 indique le niveau aval du Vallat de Rans et de la Cluée.

Le tableau ci-dessous récapitule les différentes conditions aval.

**Tableau 18 : Conditions aval – Modèle Cabriès**

Cours d'eau	Condition aval
Fontaube	126.66 mNGF
Culée	146.36 mNGF
Rans	169.83 mNGF
Baume Baragne	Libre écoulement
Fossé	Libre écoulement

## 5.7 MODELISATION DE L'EVENEMENT DE REFERENCE

### 5.7.1 RESULTATS CARTOGRAPHIQUES

Les cartographies des hauteurs d'eau maximales ainsi que des vitesses d'écoulement maximales obtenues pour l'évènement de référence sont présentées sur les figures suivantes.



Figure 15 : Hauteurs maximales – Evènement de référence – Secteur Simiane-Collongue

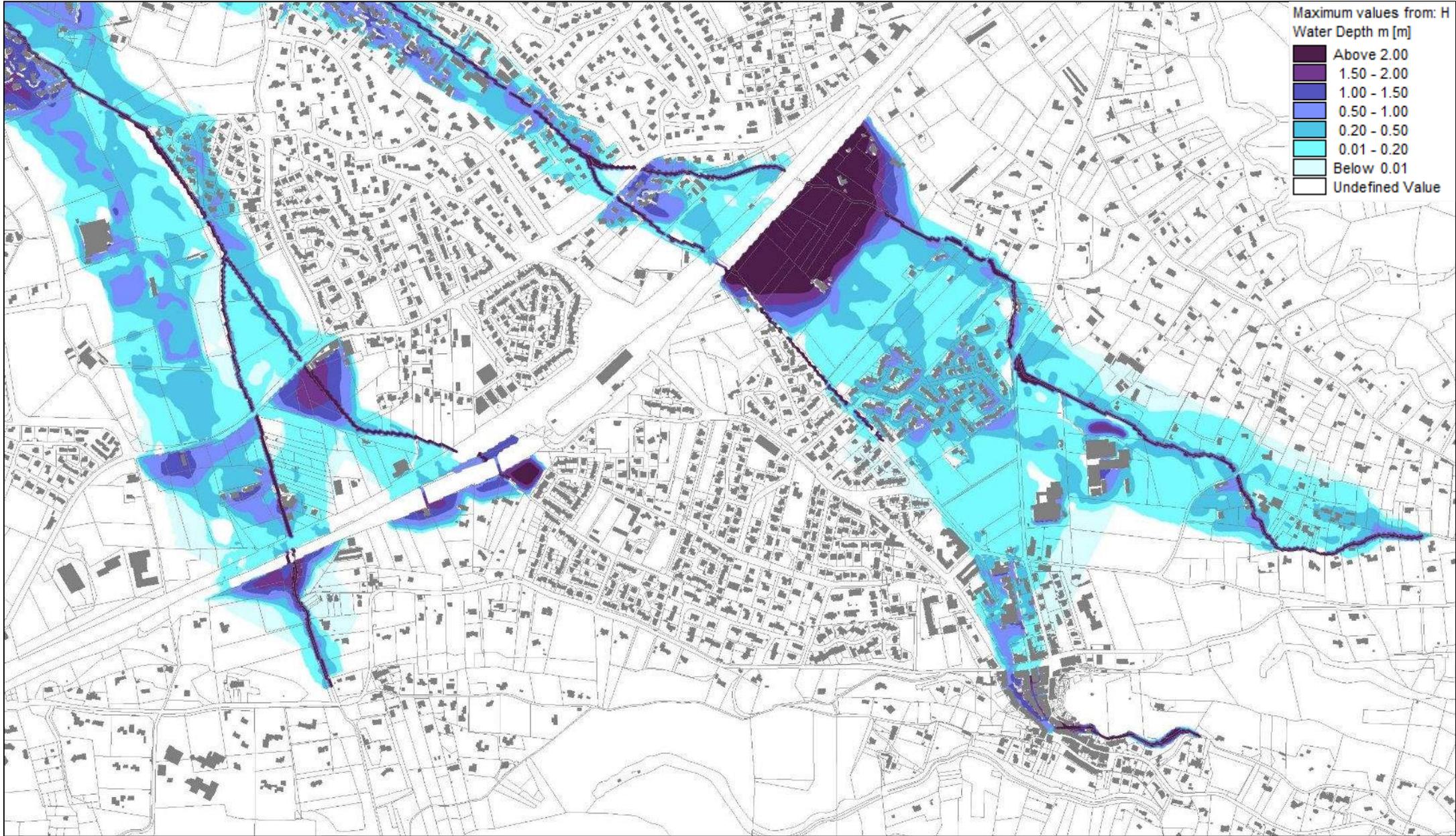






Figure 16 : Vitesses maximales – Evènement de référence – Secteur Simiane-Collongue

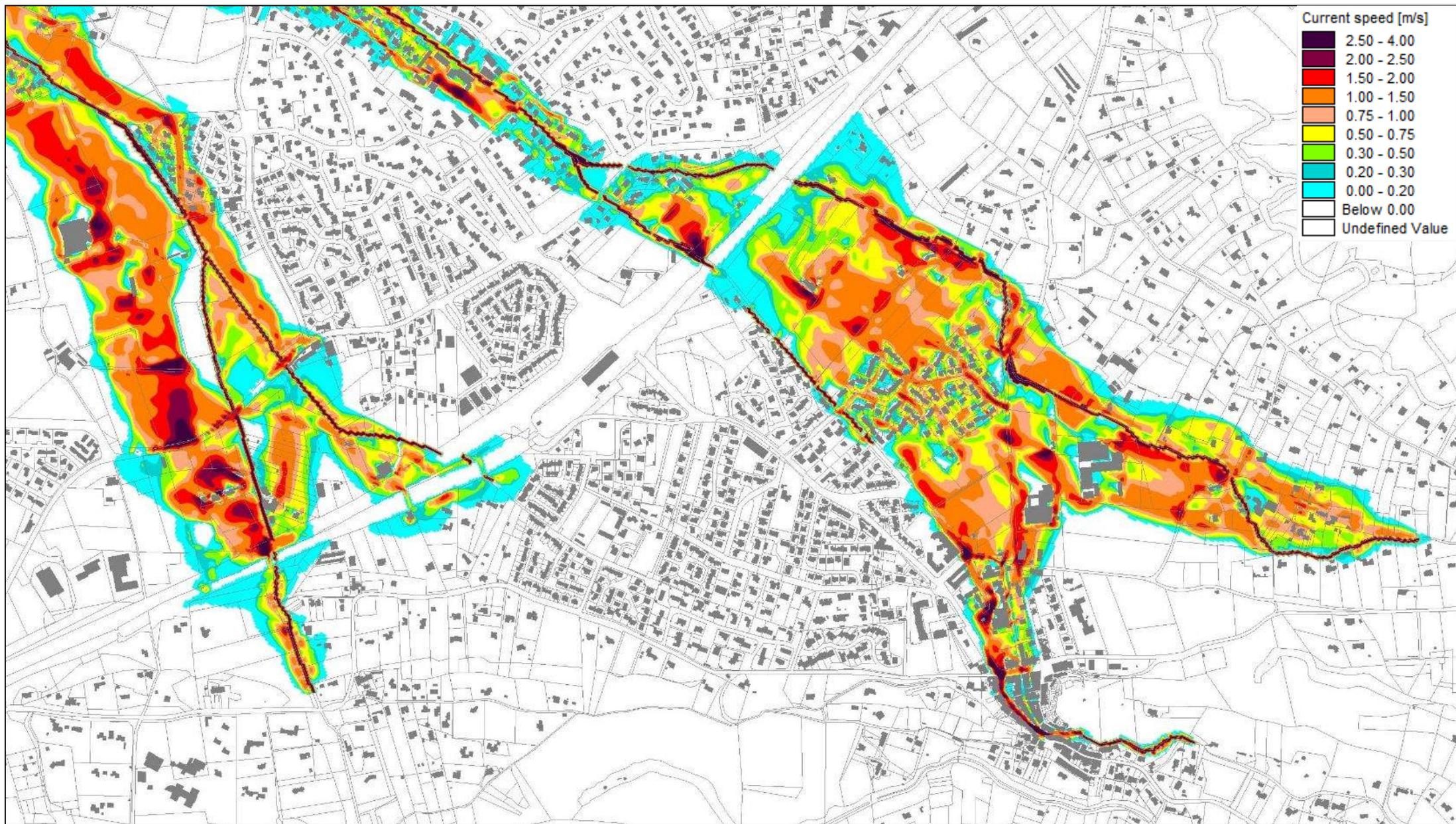




Figure 17 : Hauteurs maximales – Evènement de référence – Secteur Bouc-Bel-Air

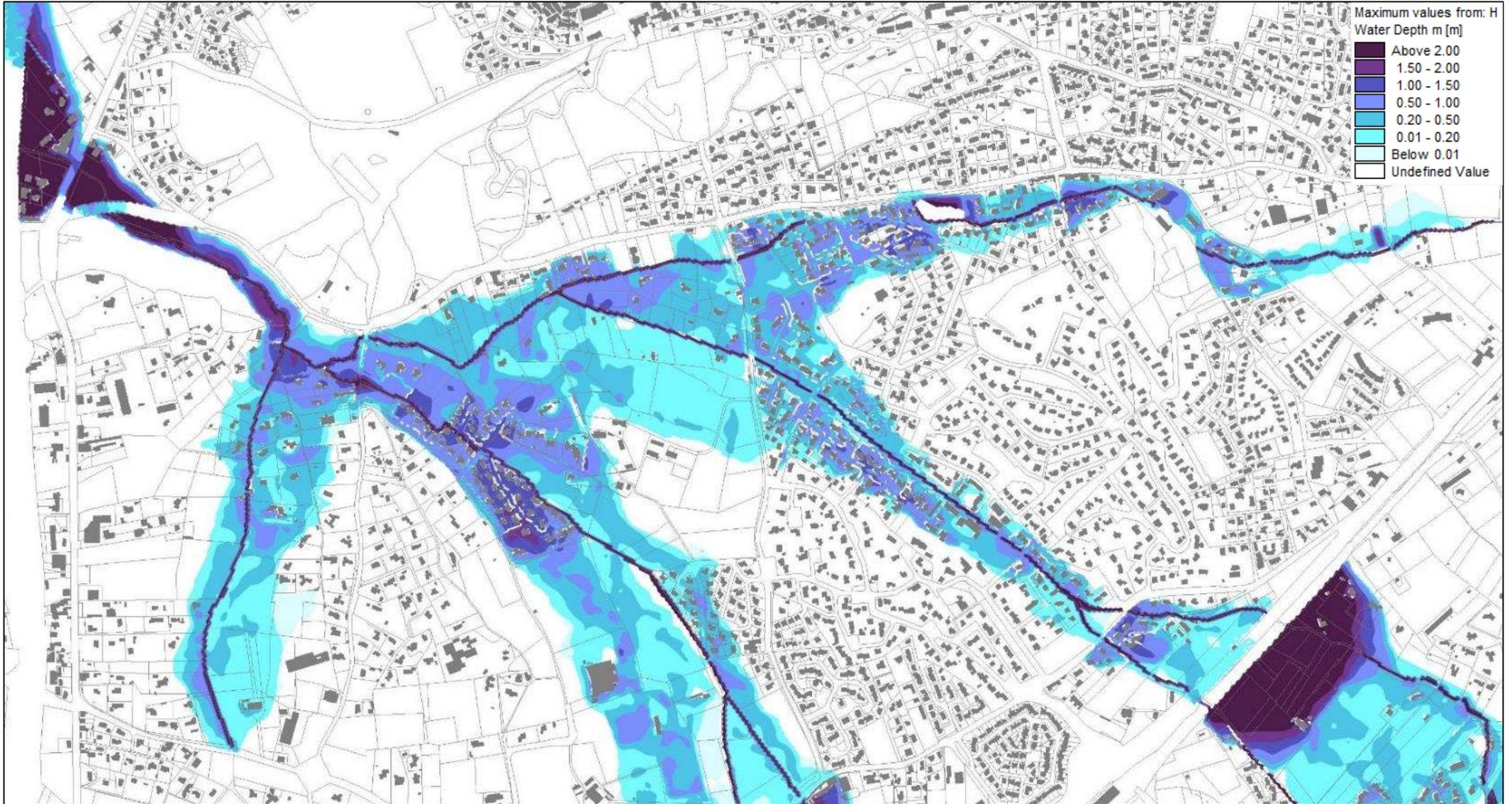




Figure 18 : Vitesses maximales – Evènement de référence – Secteur Bouc-Bel-Air

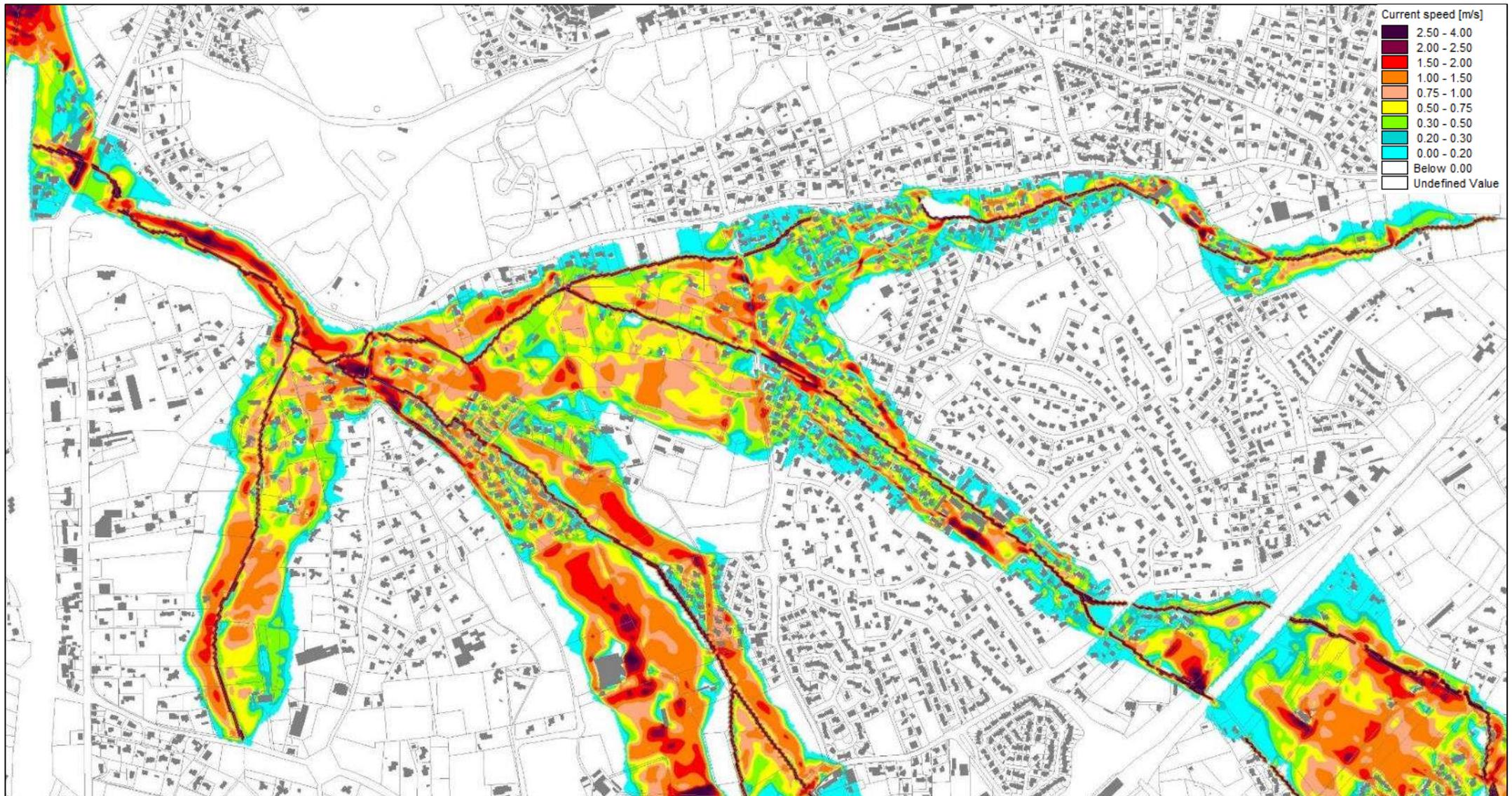






Figure 19 : Hauteurs maximales – Evènement de référence – Secteur Cabriès Grand Vallat

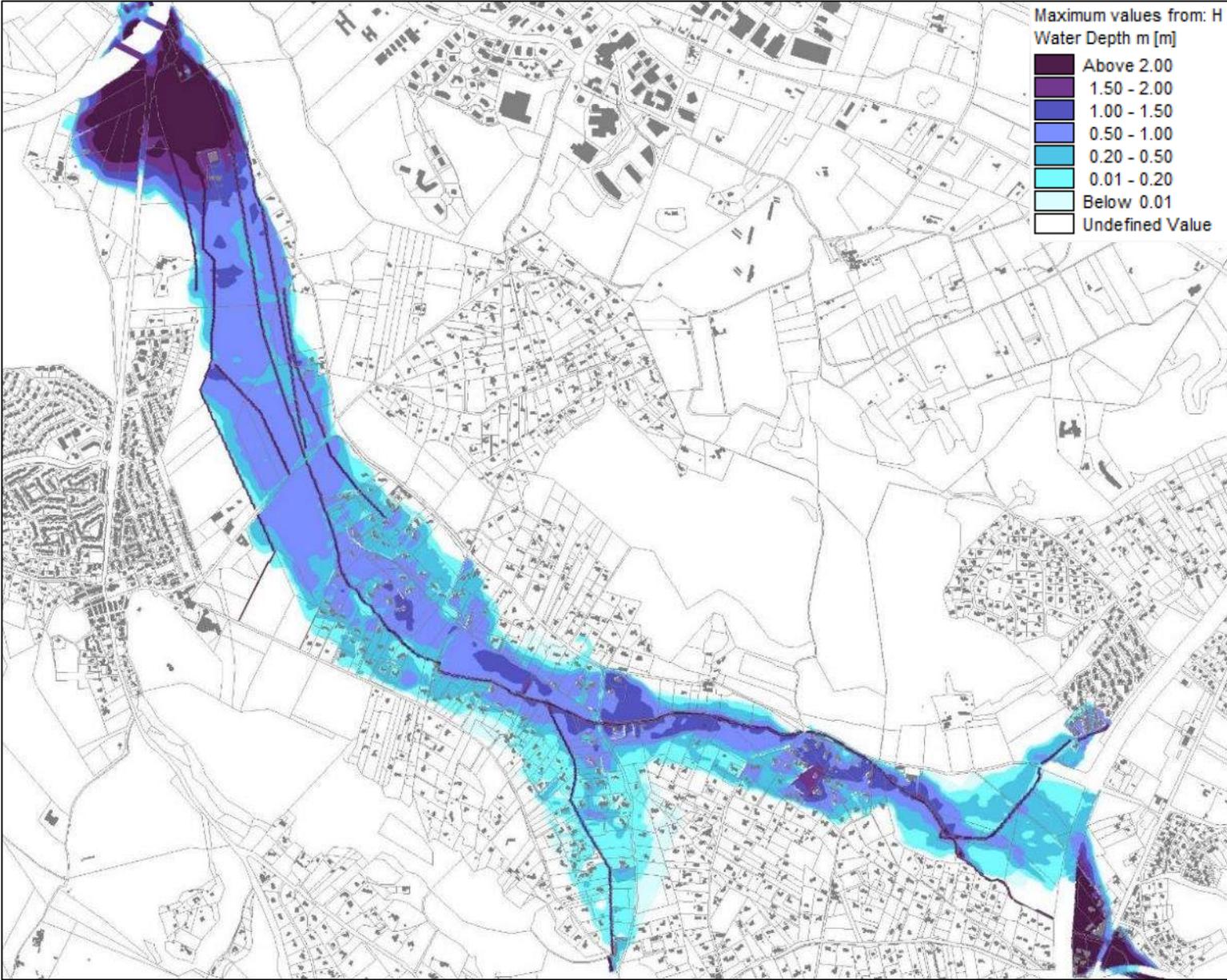






Figure 20 : Vitesses maximales – Evènement de référence – Secteur Cabriès Grand Vallat

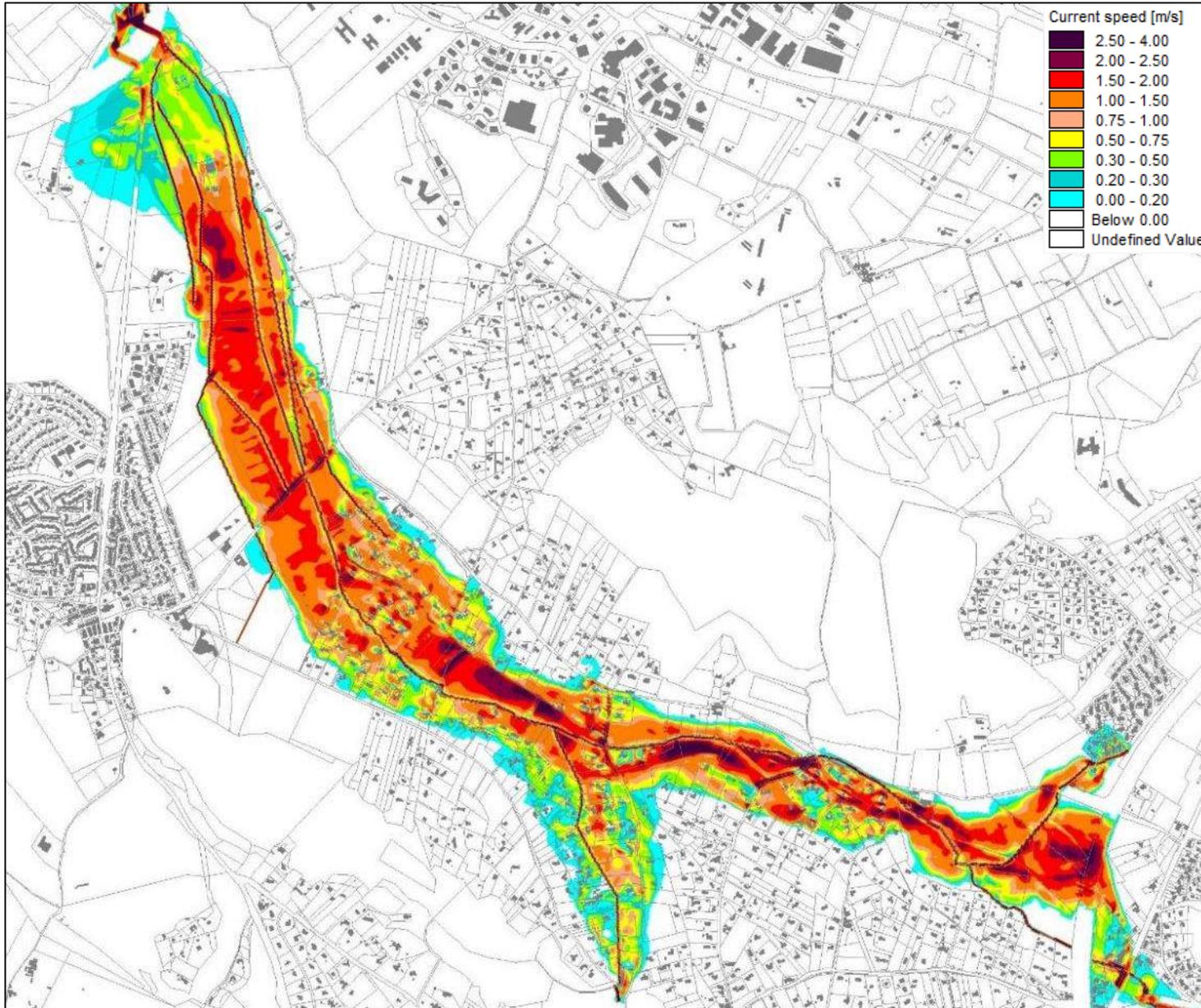






Figure 21 : Hauteurs maximales – Evènement de référence – Secteur Cabriès Ouest

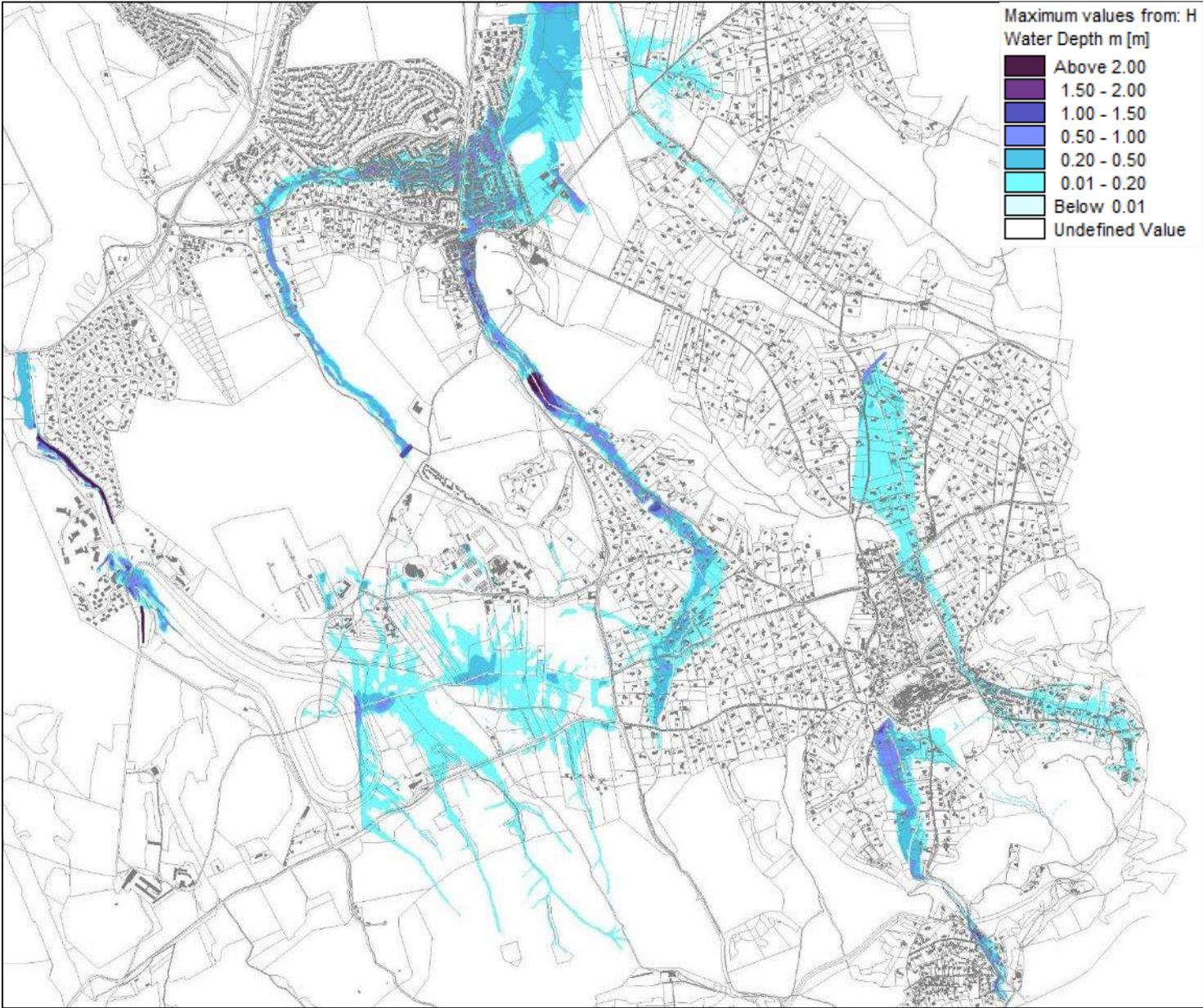






Figure 22 : Vitesses maximales – Evènement de référence – Secteur Cabriès Ouest

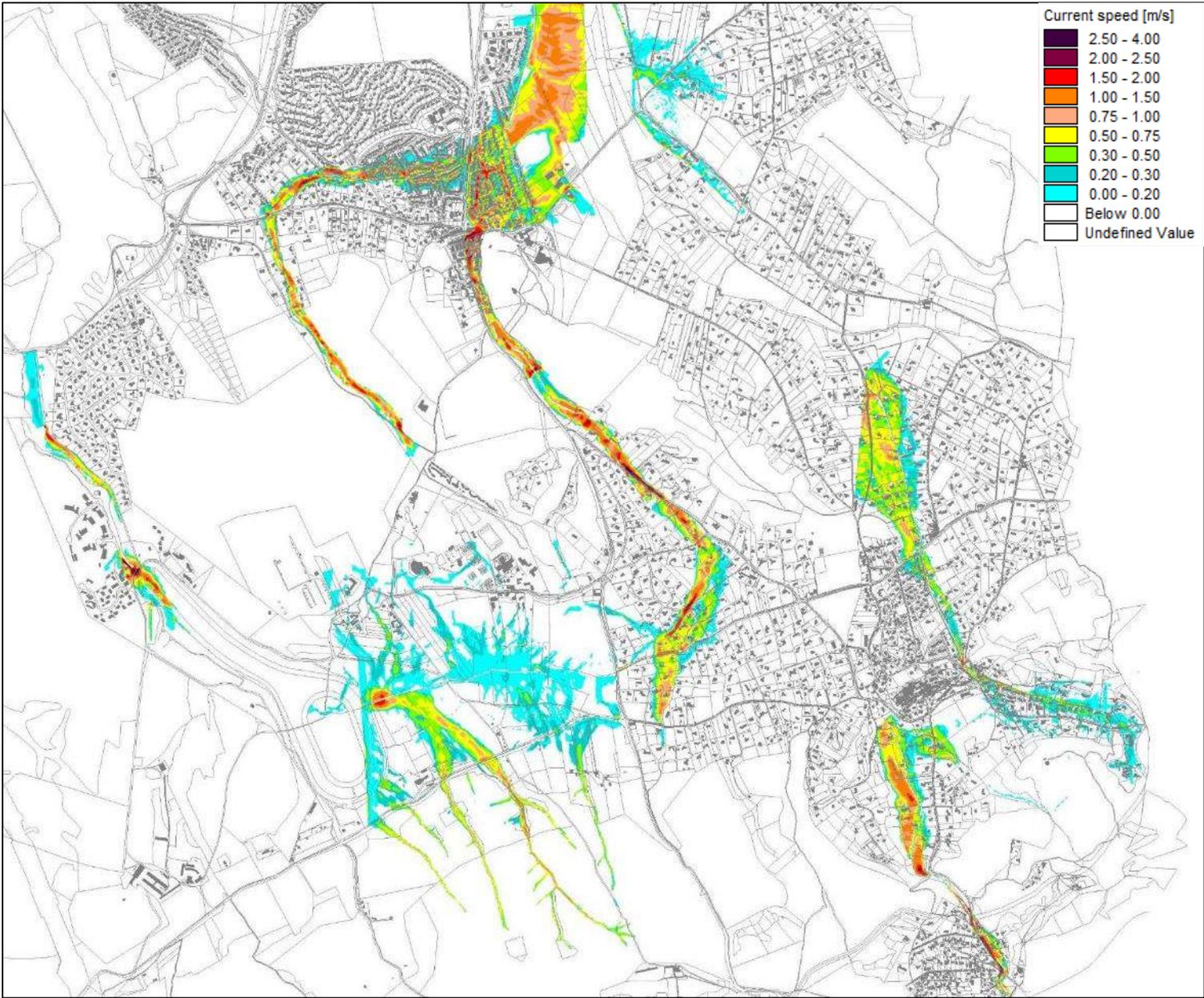




Figure 23 : Hauteurs maximales – Evènement de référence – Secteur Aix-la-Durance

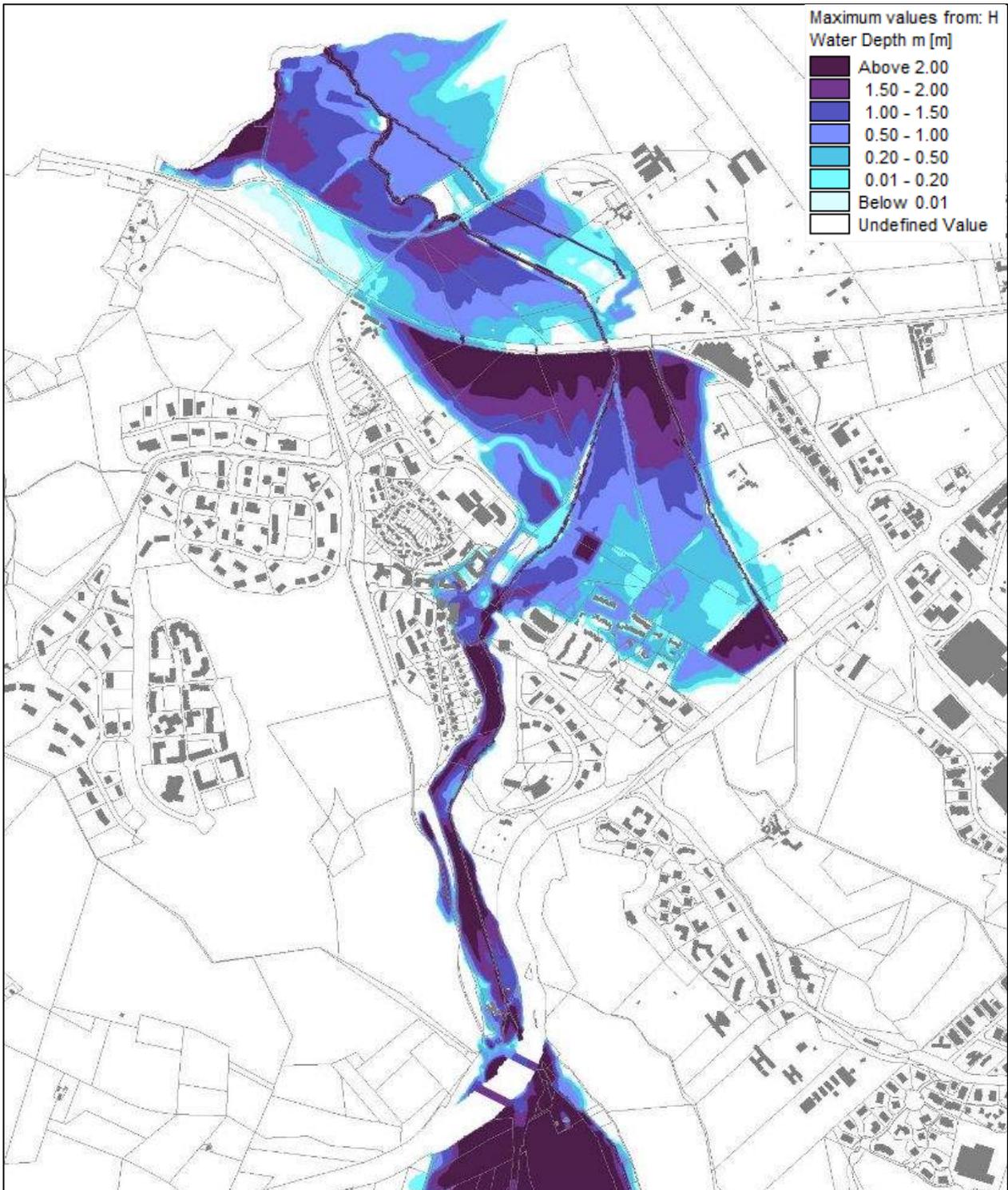
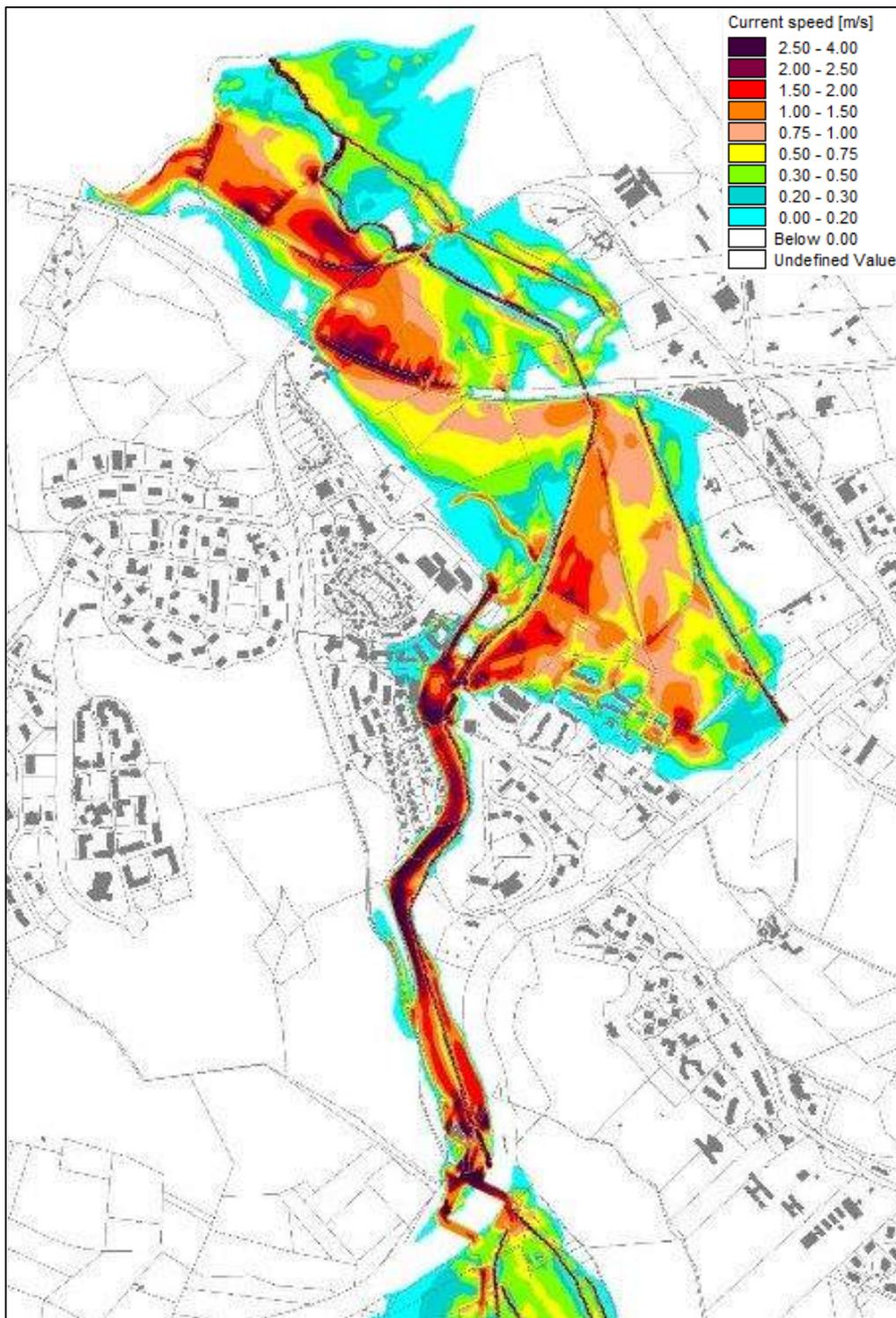




Figure 24 : Vitesses maximales – Evènement de référence – Secteur Aix-la-Durance







### 5.7.2 ANALYSE DU FONCTIONNEMENT EN CRUE DE L'EVENEMENT DE REFERENCE

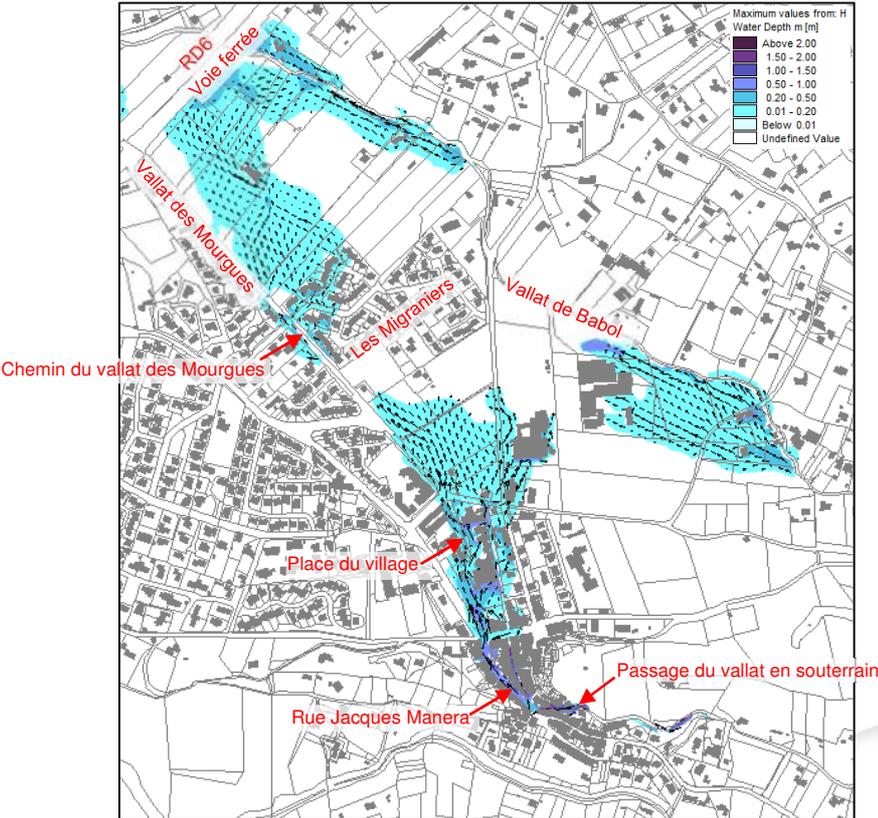
Ce chapitre présente l'analyse qualitative, par commune et par vallat, du fonctionnement en crue de l'évènement de référence sur le Grand Vallat et ses principaux affluents. Il décrit notamment les dynamiques des écoulements et le fonctionnement des ouvrages particuliers.

#### 5.7.2.1 Simiane-Collongue

En amont du centre village de Simiane-Collongue, le vallat des Mourgues passe en souterrain. La capacité du tronçon enterré est de l'ordre du débit décennal. Ainsi, pour la crue de référence, le vallat déborde largement par mise en charge de l'ouvrage marquant le passage en souterrain. Le débit débordant est de l'ordre de 30 m<sup>3</sup>/s (pour rappel, le débit de référence en amont du vallat des Mourgues est estimé à 38.9 m<sup>3</sup>/s). L'eau s'écoule dans les rues étroites, les vitesses y sont fortes, pouvant atteindre jusqu'à 5.5 m/s sur la rue Jacques Manera. L'axe d'écoulement traverse ensuite la place du village avant de s'étendre dans la plaine en amont du quartier des Migraniers et de rejoindre les débordements du vallat de Babol.

Simultanément, d'autres débordements ont lieu au niveau du quartier des Migraniers en rive droite et à l'aval de la RD6. Le long du chemin du vallat des Mourgues, il existe en effet plusieurs ouvrages hydrauliques (permettant l'accès à des propriétés ou lotissements) qui contraignent l'écoulement. Le vallat n'a de toute façon pas une capacité suffisante pour absorber une crue de référence.

Figure 25 : Premiers débordements sur le vallat des Mourgues à Simiane-Collongue



Sur le vallat de Babol, les premiers débordements sont observés en rive gauche, comme l'illustre la figure précédente.

Les débordements du vallat de Babol et ceux du vallat des Mourgues se rejoignent sur le quartier des Migraniers, entièrement inondé. Les hauteurs d'eau maximales y sont de l'ordre de 1 m contre les façades des bâtiments ou contre les murs d'enceinte des propriétés. Les vitesses maximales atteintes sont de 2.8 m/s. Compte tenu des fortes vitesses et des fortes hauteurs d'eau, des ruptures de mur présentent ici un risque non négligeable.

La plaine située en amont de la voie ferrée (qui longe la RD6) est une zone de stockage. Il y a seulement deux ouvrages hydrauliques sous la voie ferrée et la RD6 permettant l'évacuation du débit. Les hauteurs d'eau maximales atteignent 4 m en amont du remblai de la voie ferrée. La cote de la ligne d'eau est de 205.7 m NGF, la cote de la voie ferrée au milieu de la plaine est à 207.3 m NGF, au droit du vallat des Mourgues, la voie ferrée est plutôt à la cote 207 m NGF. Ainsi, il y a une revanche minimum de 1.3 m.

Le vallat des Mourgues est souterrain sous la voie ferrée et ne redevient aérien qu'à l'aval de la RD6. Sous la voie ferrée au droit du vallat des Mourgues, un ouvrage arche permet d'évacuer une partie de l'eau stockée. L'eau ruisselle ensuite sur la RD6, plus basse que la voie ferrée (cote moyenne à 202.4 m NGF). Les hauteurs d'eau sur la RD6 atteignent 30 cm environ.

Le vallat de Babol est quant à lui aérien et son passage sous l'axe VF / RD6 n'engendre pas de débordement sur la route.

**Figure 26 : Zone de stockage en amont de l'axe voie ferrée / RD6**

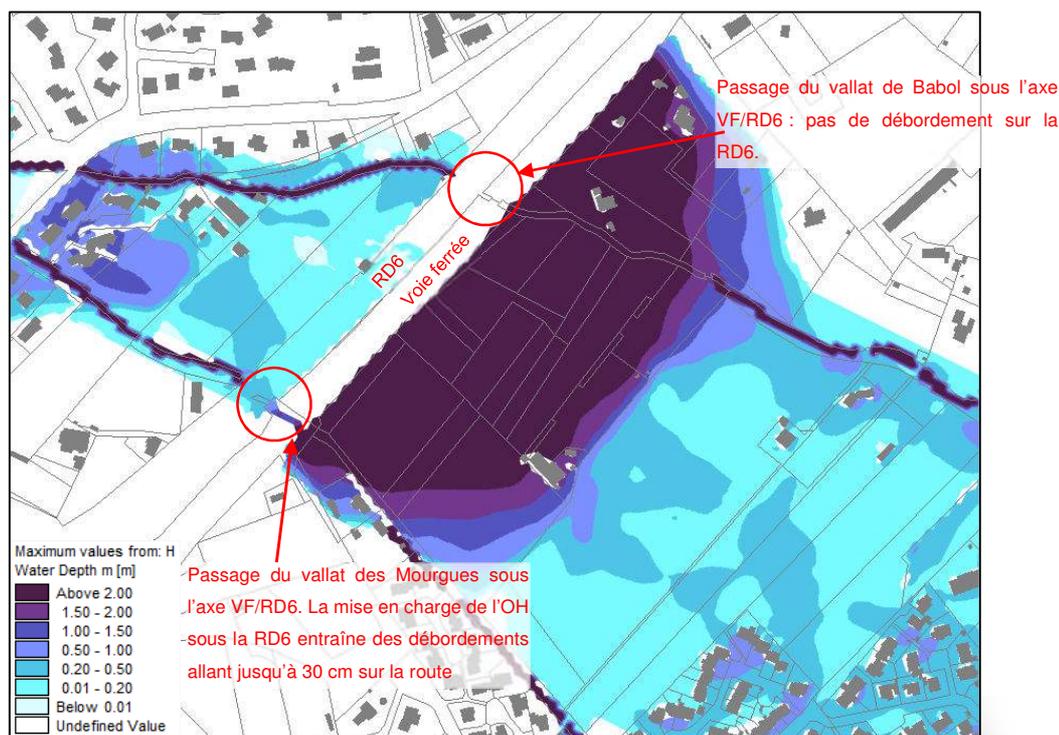


Figure 27 : Photographies des ouvrages sous l'axe VF / RD6



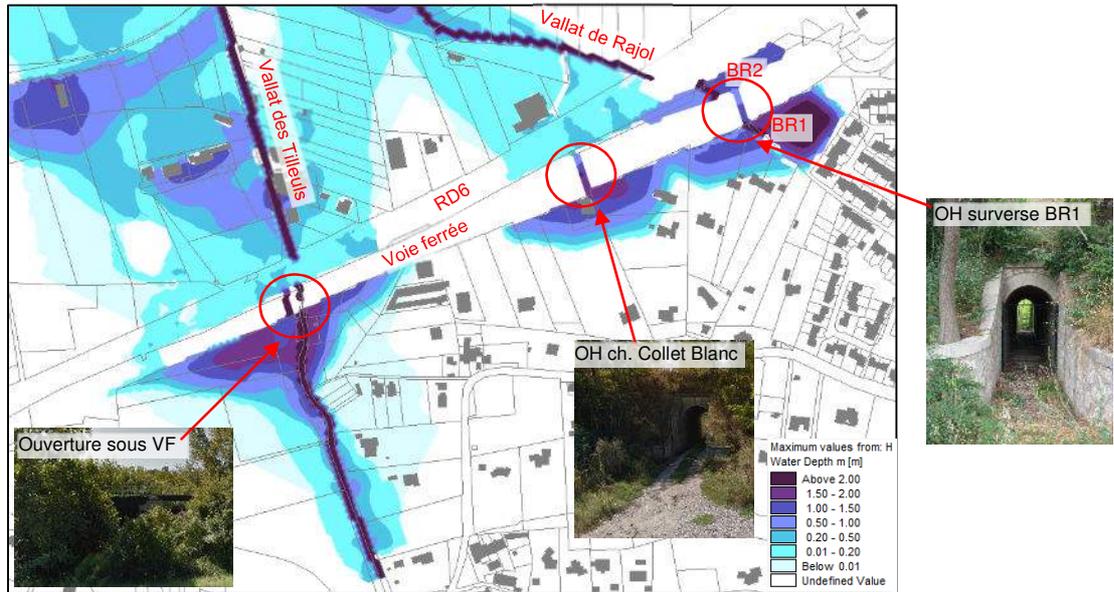
Sur le vallat de Rajol, une petite zone d'accumulation se crée en amont du remblai de la voie ferrée et l'eau s'évacue par les deux ouvrages arches situés sous la voie ferrée (l'ouvrage situé au bout du chemin du Collet Blanc et l'ouvrage situé au droit de la surverse du bassin de rétention BR1 en amont de la voie ferrée).

Le vallat de Rajol traverse un deuxième bassin de rétention BR2 situé entre la voie ferrée et la RD6. Lorsque le bassin est plein, il y a surverse sur la RD6 et l'eau ruisselle en direction du garage Peugeot.

L'eau évacuée par l'ouvrage du chemin du Collet Blanc s'écoule également sur la RD6 puis vers le garage Peugeot. Les hauteurs d'eau sur la RD6 sont comprises entre 20 et 30 cm et les vitesses vont jusqu'à 2.3 m/s en sortie de l'ouvrage du chemin du Collet Blanc.

Le vallat des Tilleuls en amont de la RD6 déborde sur ses deux rives. Une surverse est observée sur la voie ferrée en son point bas en rive gauche du vallat, la lame d'eau n'excède pas les 5 cm d'épaisseur. Une surverse apparaît également sur la RD6 au niveau de l'ouverture située sous la voie ferrée. Les hauteurs d'eau y sont comprises entre 10 et 30 cm et les vitesses atteignent 3.5 m/s.

**Figure 28 : Vallats de Rajol et des Tilleuls – Fonctionnement en crue**



### 5.7.2.2 Bouc-Bel-Air

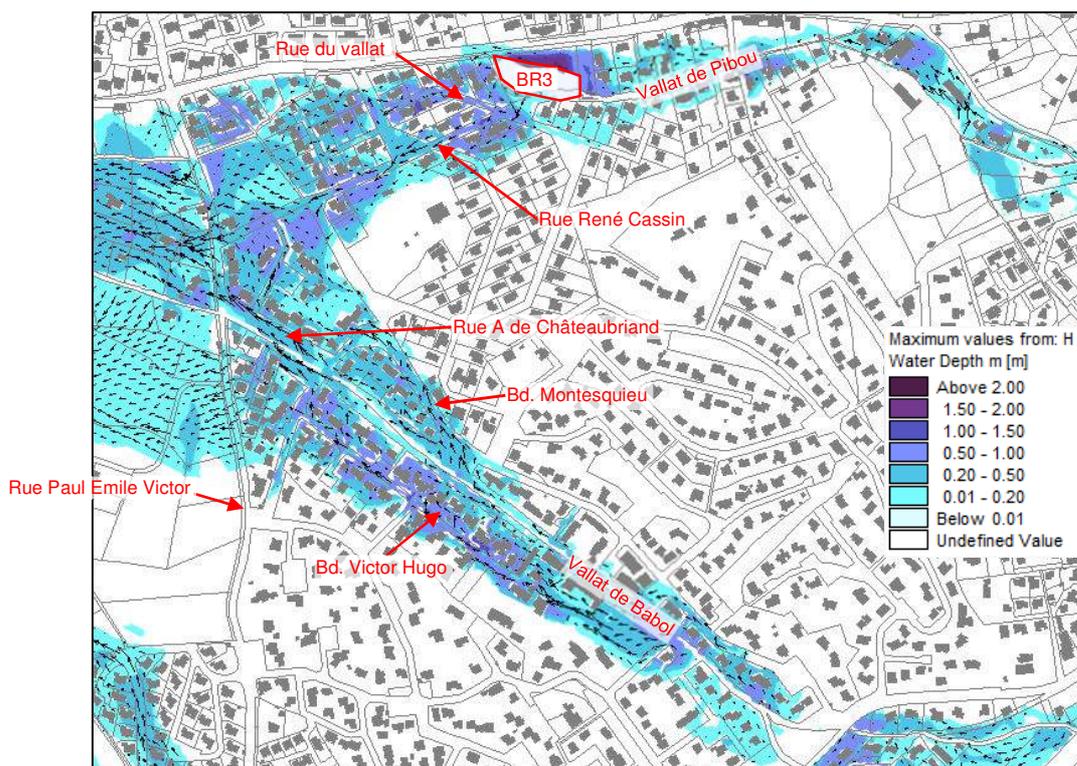
Sur la commune de Bouc-Bel-Air, le vallat des Mourgues se jette dans le vallat de Babol qui traverse une partie de la commune avant de confluer avec le Grand Vallat. La plupart des ouvrages hydrauliques sur le vallat de Babol ne sont pas dimensionnés pour la crue de référence et de nombreux débordements sont issus de la mise en charge de ces ouvrages.

Les débordements, sur les deux rives empreintes des rues avec de fortes vitesses pouvant aller jusqu'à 3 m/s par endroit. Parmi les routes qui génèrent de forts axes d'écoulement, citons le boulevard Victor Hugo, le boulevard Montesquieu et la rue A de Châteaubriand.

Le vallat de Pibou déborde sur ses deux rives en amont du bassin de rétention BR3. A l'aval du bassin, l'eau serpente entre les bâtis et murets et des axes d'écoulement principaux se forment sur la rue du Vallat et la rue René Cassin.

Les débordements en rive droite du vallat de Babol rejoignent ceux du vallat de Pibou au niveau de rue Paul Emile Victor. Celle-ci est submergée avec des vitesses pouvant atteindre 3 m/s par endroit.

**Figure 29 : Vallats de Babol et de Pibou – Fonctionnement en crue**



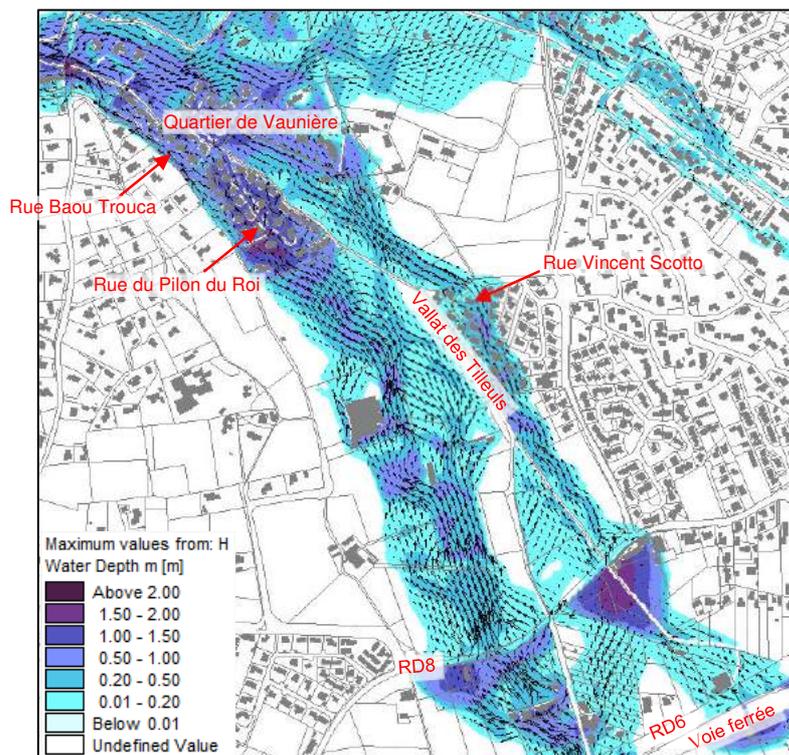
Le vallat de Rajol se jette dans le vallat des Tilleuls qui traverse le quartier de Vaunière avant de confluer avec le Grand Vallat. Dans ce secteur, la RD8 est submergée principalement par des débordements du

vallats des Tilleuls, en rive gauche, qui ont lieu en amont. Les vitesses sur la route sont relativement importantes, jusqu'à 5 m/s et la hauteur maximale sur la route est de 50 cm. Il se crée en rive gauche du vallat des Tilleuls un axe d'écoulement secondaire qui s'écoule en direction du quartier de Vaunière, sur la rue du Pilon du Roi et sur la rue Baou Trouca.

Des débordements ont également lieu en rive droite du vallat des Tilleuls (après la confluence avec le vallat de Rajol qui génère lui aussi des débordements en rive droite). La rue Vincent Scotto devient un axe d'écoulement.

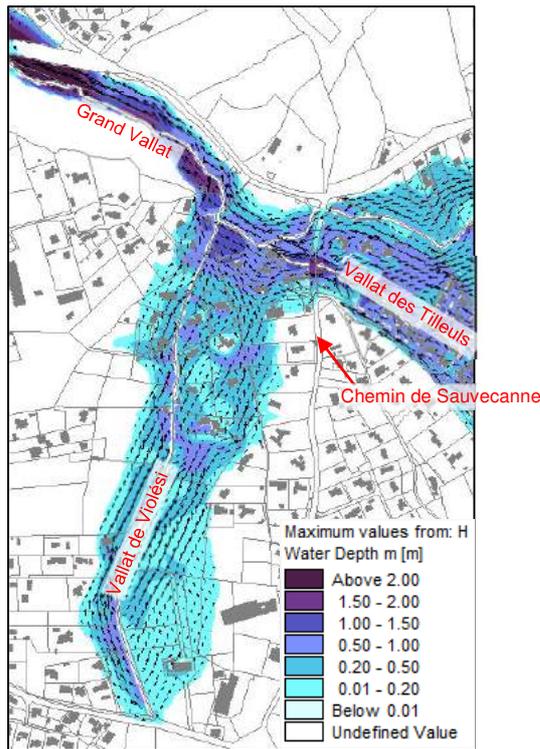
Le quartier de Vaunière est entièrement inondé. Notons que dans ce quartier, le vallat des Tilleuls se caractérise par la présence de merlons, notamment en rive gauche. Tout étant déjà inondé, la rupture d'un de ces merlons pourrait engendrer localement de fortes vitesses mais il n'y aurait pas pour autant de zone nouvellement inondée.

**Figure 30 : Vallat des Tilleuls – Fonctionnement en crue**



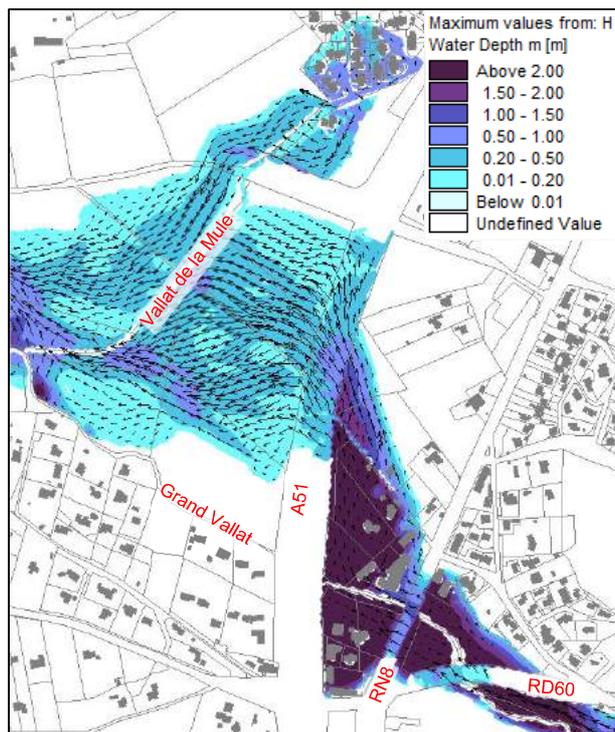
Le vallat de Violési déborde sur ses deux rives et des axes d'écoulement secondaires se créent de part et d'autre du vallat. Quant au Grand Vallat, les débordements en rive gauche en amont de la confluence avec le vallat des Tilleuls engendre la submersion du chemin de Sauvecanne avec de fortes vitesses de 3 m/s. A l'aval de la confluence avec le vallat de Violési, de fortes vitesses apparaissent en rive droite du Grand Vallat, de l'ordre de 3 m/s également.

Figure 31 : Vallat de Violési et Grand Vallat – Fonctionnement en crue



La RD60 est submergée par le Grand Vallat par mise en charge de l'ouvrage sous la RD60, avec des vitesses maximales de l'ordre de 1.8 m/s. La hauteur maximale observée sur la RD60 est de 70 cm, en rive gauche du Grand Vallat. A l'aval, deux axes d'écoulement se créent en rive droite et en rive gauche du Grand Vallat et ceux-là débordent par-dessus la RN8 (vitesses de 3.2 m/s). Enfin, à l'aval de la RN8, le remblai de l'autoroute A51 dévie les eaux sur la rive droite du Grand Vallat jusqu'à atteindre un point bas de l'autoroute sur lequel apparaît une surverse. Sur l'autoroute, la hauteur d'eau maximale est de 70 cm, la vitesse de surverse est élevée, au maximum de 3.3 m/s.

Figure 32 : Grand Vallat – Surverse par-dessus l'A51



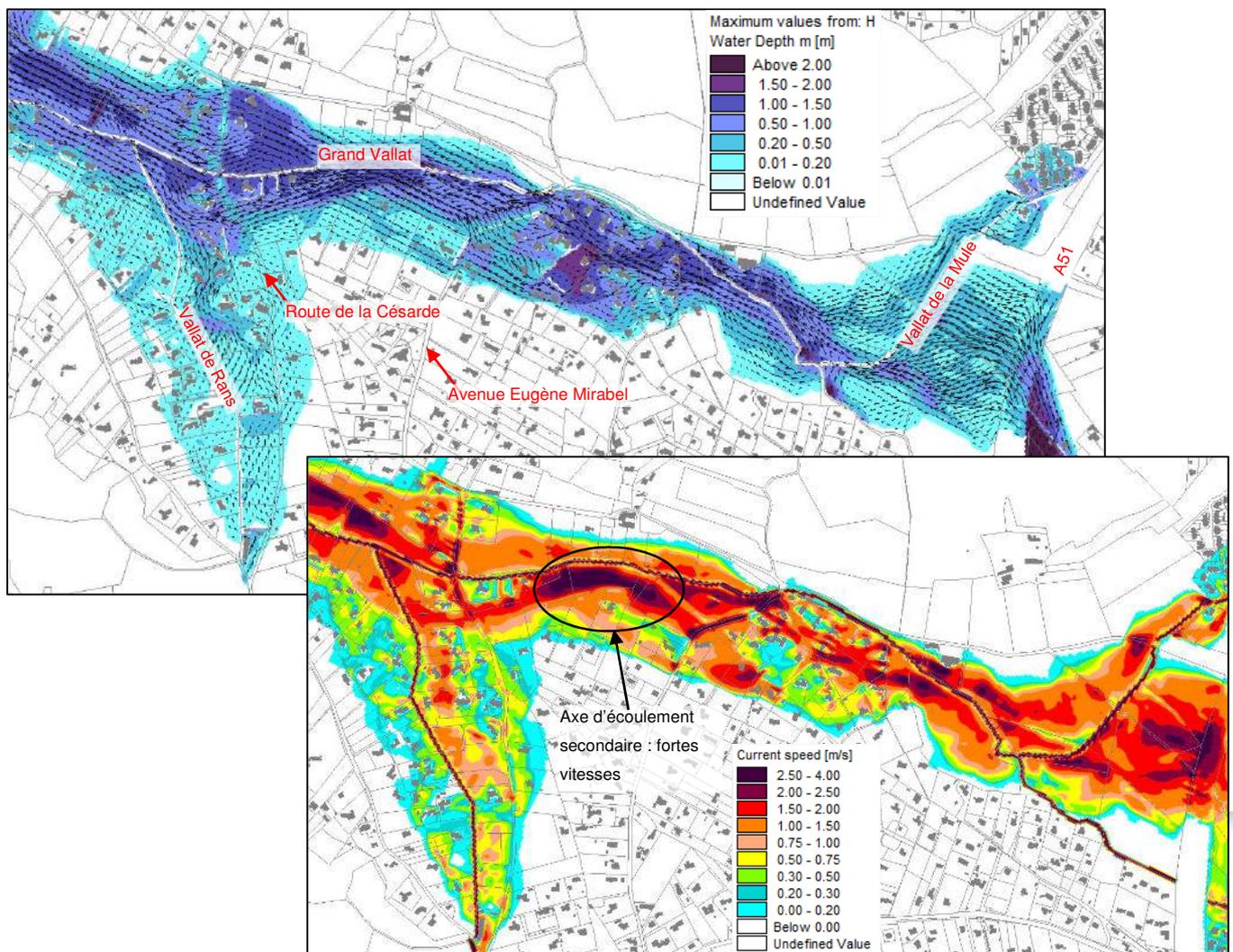
### 5.7.2.3 Cabriès

A l'aval de l'A51, le vallat de la Mule traverse la RD60 avec des vitesses sur la route de l'ordre de 3 m/s et une hauteur moyenne de 40 cm.

Avant la confluence avec le vallat de Rans, le Grand Vallat a une capacité hydraulique biennale à quinquennale. Il déborde donc largement pour la crue de référence. Parmi les principaux axes routiers inondés, citons l'avenue Eugène Mirabel et la route de la Césarde, également inondée par des débordements en rive droite du vallat de Rans. Au droit du pont de la Césarde, les hauteurs d'eau sur la route dépassent le mètre et la vitesse maximale atteint 3.6 m/s. Sur l'avenue Eugène Mirabel, la vitesse atteint également 3.6 m/s et la hauteur maximale est de 80 cm. Il se crée en rive gauche du Grand Vallat un axe d'écoulement secondaire avec de fortes vitesses d'écoulement, allant jusqu'à 3.2 m/s.

La vallat de Rans déborde sur ses deux rives et la confluence avec le Grand Vallat génère des dysfonctionnements entre le vallat de Rans et la route de la Césarde où de fortes hauteurs d'eau sont observées (jusqu'à 1.3 m).

Figure 33 : Du vallat de la Mule au vallat de Rans – Fonctionnement en crue





A l'aval de la confluence avec le vallat de Rans et jusqu'à la RD60, apparaissent deux axes d'écoulement secondaires, l'un en rive droite du côté du quartier de l'Oratoire, l'autre en rive gauche, côté quartier de la Bellandière. D'après les enquêtes réalisées en 2012 dans le cadre de l'étude menée par le SABA, ces quartiers, en plus d'être inondés par des débordements amont du Grand Vallat, le sont également par ruissellement pluvial provenant des bassins versants latéraux. Dans ce secteur, les habitants ont coutume de dire qu'il existe non pas un mais trois vallats. Les axes secondaires apparaissent en effet dans des points bas. A l'aval de la RD60, plusieurs fossés collectent d'ailleurs ces axes d'écoulement et ce n'est qu'en amont de Lagremeuse qu'ils se rejoignent pour retourner, en partie, dans le lit du Grand Vallat.

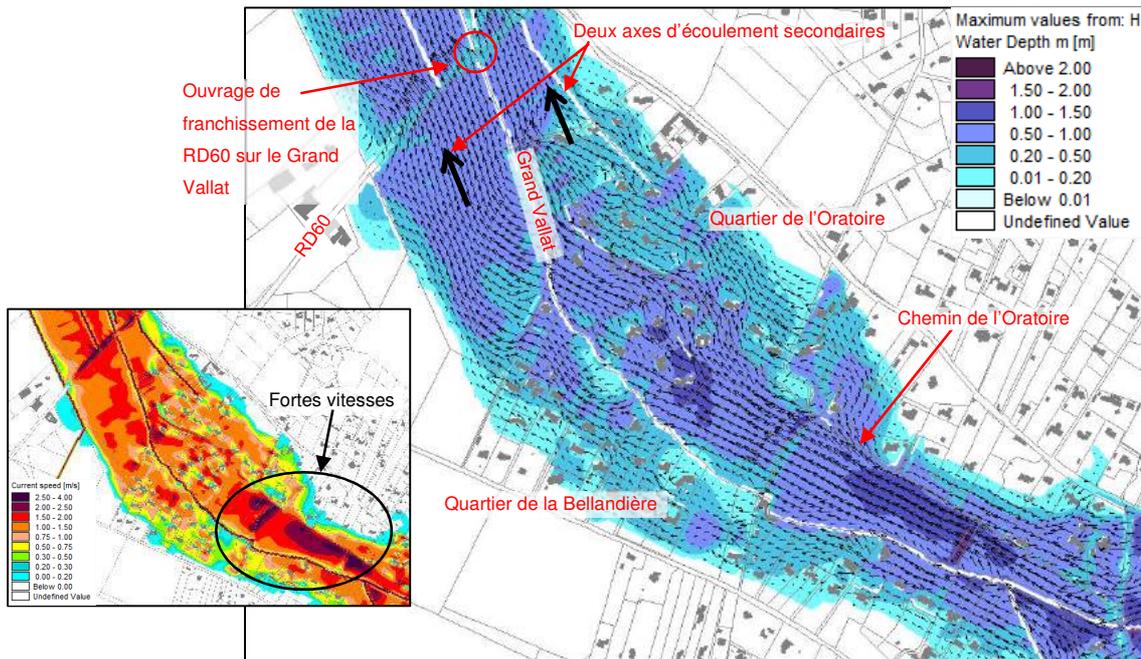
Ces axes d'écoulement se caractérisent par de fortes vitesses, allant jusqu'à 3 m/s en rive droite du Grand Vallat, le long du chemin de l'Oratoire. Les hauteurs d'eau sont majoritairement supérieures à 50 cm et peuvent atteindre 1.3 m sur les points bas.

Notons que le Grand Vallat, sur la quasi-totalité de son linéaire, mais spécifiquement sur ce secteur, est bordé par des merlons plus ou moins entretenus et assez hétérogènes. Les habitants situés à proximité des berges ont connu, lors de la crue de 2003, des ruptures de ces merlons, en rive droite et en rive gauche, ce qui a eu pour effet d'inonder les plaines de part et d'autre du vallat. Une douzaine de personnes ont été touchées. Les habitants situés en amont des brèches ont en revanche constaté un abaissement de la ligne d'eau. Des risques que de nouvelles brèches apparaissent en cas de fortes crues sont donc présents.

La RD60 est submergée avec des hauteurs d'eau pouvant atteindre 60 cm par endroit. Cette route a été bloquée à plusieurs reprises lors d'inondations antérieures. Les vitesses sur la route sont également importantes, 3 m/s pour les valeurs maximales.

L'ouvrage permettant le franchissement de la RD60 sur le Grand Vallat est actuellement un cadre de dimensions 4.40 m x 1.50 m, d'une capacité hydraulique de l'ordre de 20 m<sup>3</sup>/s (capacité biennale environ). A l'occasion d'une rencontre avec les services techniques de la commune, lors des enquêtes réalisées pour le SABA en 2012, il avait été évoqué que cet ouvrage pourrait être à l'origine de la création d'une zone de stockage en amont de la RD60, du fait de sa faible capacité hydraulique. Pour lever le doute, il avait été modélisé pour le SABA un recalibrage de l'ouvrage permettant d'assurer le transit du débit décennal de l'ordre de 40 m<sup>3</sup>/s. La capacité hydraulique de l'ouvrage était donc doublée. Les résultats de cette analyse avaient montré que ce recalibrage n'avait aucun impact sur la zone inondable. Les débordements du lit mineur du Grand Vallat ne sont donc pas liés à une faible capacité de l'ouvrage de franchissement de la RD60. Ce sont des débordements qui ont lieu en amont, du fait de la présence de merlons et d'une capacité limitée du lit mineur. Ces débordements sont à l'origine de la formation des axes secondaires mentionnés précédemment qui causent la submersion de la RD60.

**Figure 34 : Grand Vallat de la confluence avec le vallat de Rans jusqu'à la RD60 –  
Fonctionnement en crue**

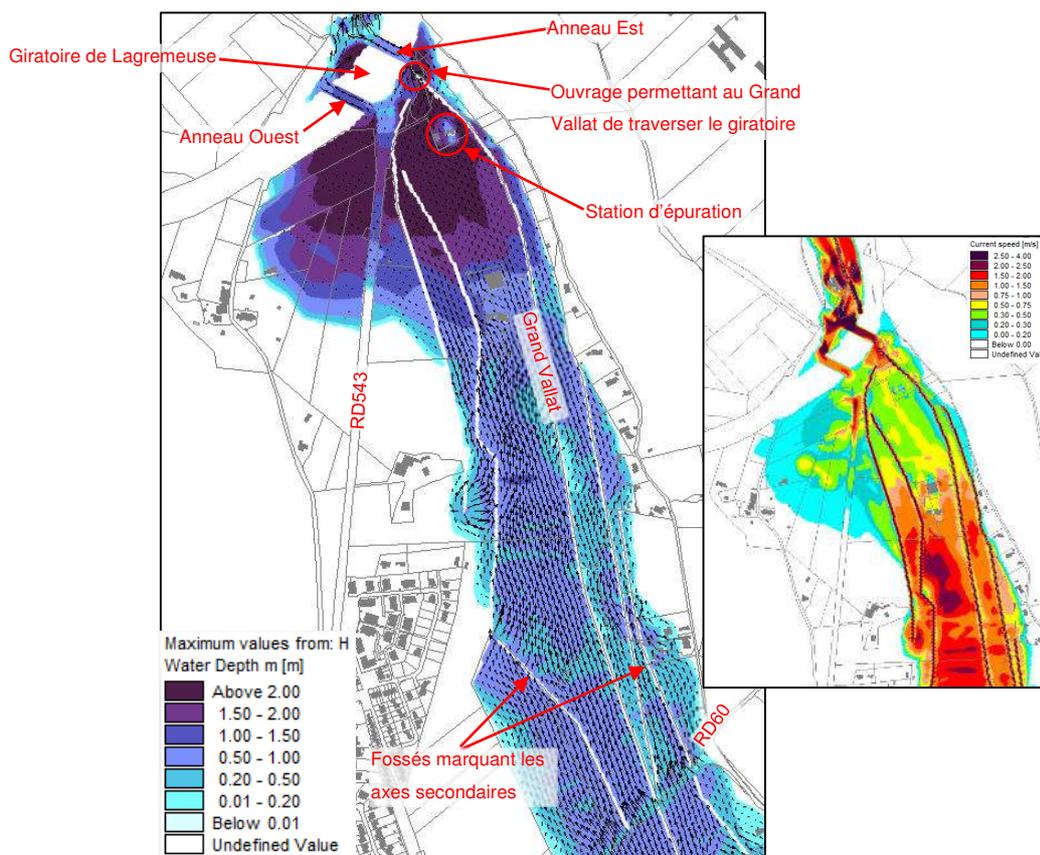


De la RD60 à Lagremeuse, les habitations sont plus rares et seuls quelques bâtis sont inondés. Les axes d'écoulement secondaires continuent leur chemin. La station d'épuration, située en amont de l'ouvrage permettant la traversée du Grand Vallat sous le giratoire, est complètement inondée avec des hauteurs d'eau autour de 2.8 m.

La RD543 est submergée avec de fortes hauteurs d'eau, de l'ordre de 2.4 m au maximum. Dans cette cuvette, les vitesses sont en revanche relativement faibles, en moyenne inférieures à 0.5 m/s mais avec localement des valeurs à 2.8 m/s notamment sur la RD543.

Pour franchir le giratoire de Lagremeuse, l'eau se répartit entre l'ouvrage souterrain dans lequel le débit transitant maximal est de 178.6 m<sup>3</sup>/s et les deux ouvertures sous la RD9 sur l'anneau du giratoire. Le débit transitant dans l'ouverture Est est de 74.8 m<sup>3</sup>/s, le débit transitant dans l'ouverture Ouest est de 58.5 m<sup>3</sup>/s. Les vitesses sur l'anneau du giratoire sont très élevées, elles vont jusqu'à 6.4 m/s en sortie de l'ouverture Est et jusqu'à 5.6 m/s en sortie de l'ouverture Ouest. La hauteur d'eau sur l'anneau du giratoire est d'environ 1.8 m.

Figure 35 : Grand Vallat de la RD60 à Lagremeuse – Fonctionnement en crue



- **Etude complémentaire sur Cabriès**

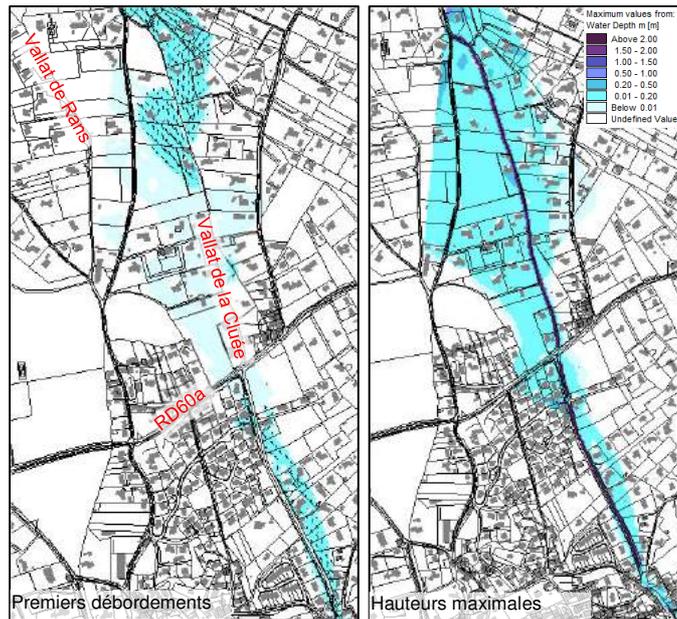
L'étude complémentaire réalisée en 2016 pour la commune de Cabriès a permis d'affiner la connaissance du risque inondation sur les affluents du Grand Vallat qui n'avaient pas été modélisés dans le cadre de l'étude menée par le SABA.

Le vallat de la Cluée déborde dans un premier temps en amont de la RD60a et à l'aval, au niveau de sa confluence avec le Grand Vallat où les débordements en rive gauche rejoignent ceux du vallat de Rans.

La RD60a est submergée par une faible lame d'eau (hauteur maximale de 8 cm et vitesse maximale de 1.1 m/s).

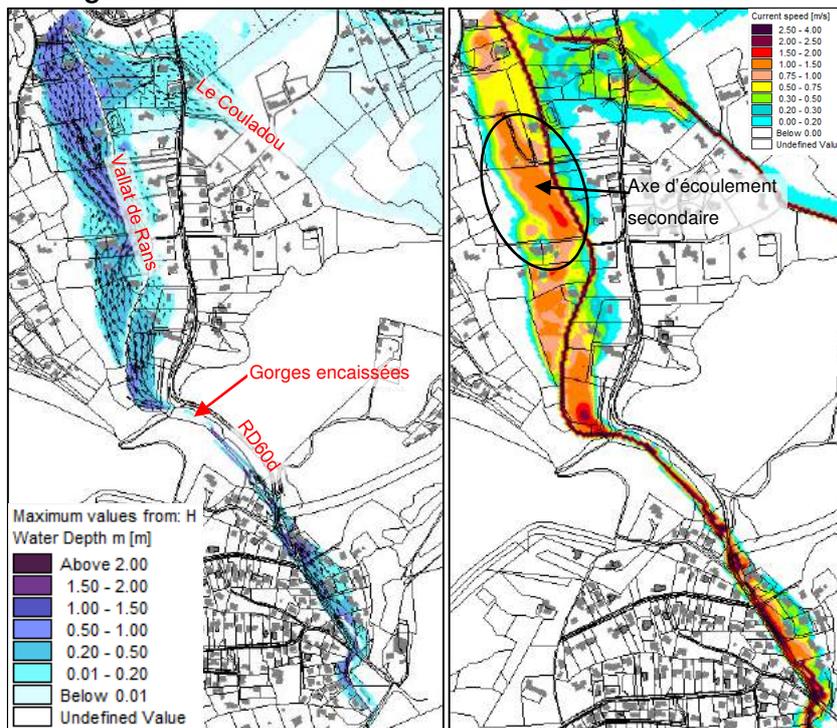


Figure 36 : Vallat de la Cluée – Fonctionnement en crue



La partie amont du vallat de Rans a été modélisée dans le cadre de l'étude complémentaire sur Cabriès. Les résultats montrent qu'à l'aval de l'A51, le vallat déborde sur la RD60d. Les hauteurs d'eau peuvent atteindre 50 cm. Les vitesses sont relativement fortes sur la route, de l'ordre de 3 m/s. A l'aval, en sortie des gorges encaissées, le vallat déborde sur ses deux rives et rejoint le ruisseau du Coulaou. Un axe d'écoulement secondaire apparaît en rive gauche avec des vitesses allant jusqu'à 1.7 m/s.

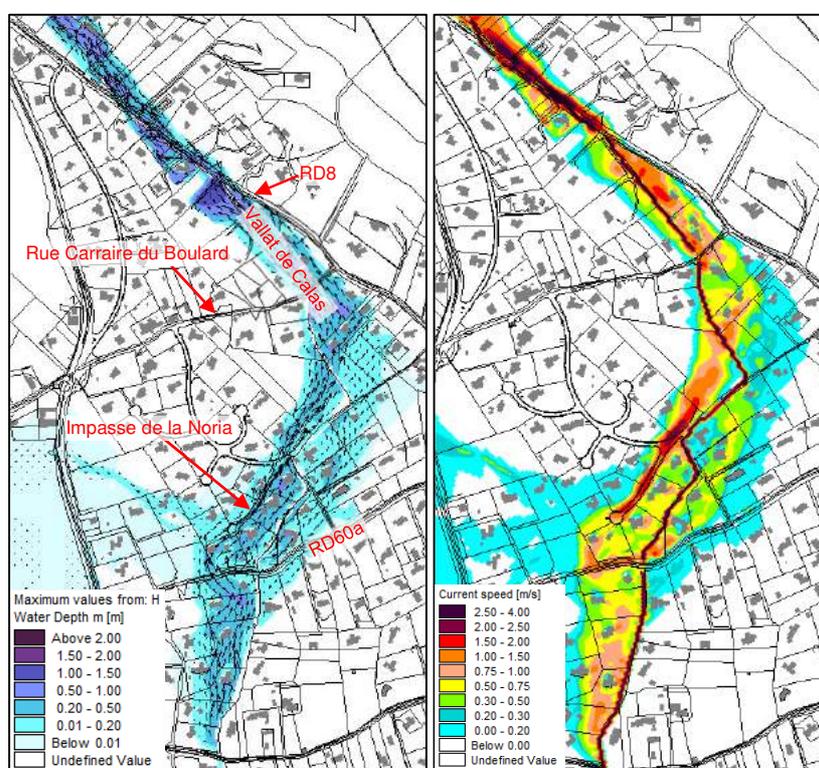
Figure 37 : Vallat de Rans amont – Fonctionnement en crue



Dans sa partie amont, le vallat de Calas (aussi appelé vallat de Fontaube) est relativement encaissé. Quelques bâtis sont néanmoins inondés avec des hauteurs d'eau globalement comprises entre 20 et 50 cm. Les axes d'écoulement empruntent ou traversent certaines rues avec des vitesses relativement fortes :

- sur la RD60a, la vitesse maximale est de 1.7 m/s, la hauteur maximale est de 20 cm ;
- sur la RD8 (ou route de St Martin), la vitesse maximale est de 3.9 m/s, la hauteur maximale est de 80 cm ;
- sur la rue Carraire du Boulard, la vitesse maximale est de 1.2 m/s, la hauteur maximale est de 60 cm ;
- sur l'impasse de la Noria, la vitesse maximale est de 2.6 m/s, la hauteur maximale est de 40 cm.

**Figure 38 : Vallat de Calas amont – Fonctionnement en crue**

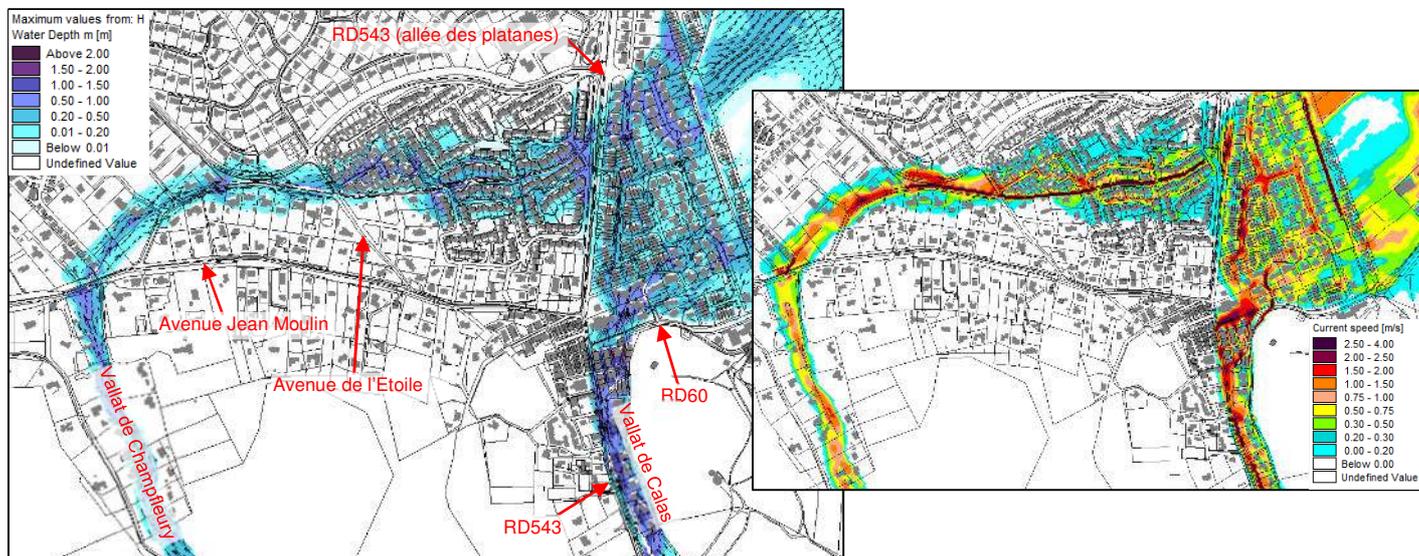


Dans sa partie amont, le vallat de Champfleury (ou vallon de Thouin) reste relativement encaissé et ne submerge pas d'axe routier important. Il rejoint le vallat de Calas dans le centre village de Calas où les rues servent d'axes d'écoulement préférentiels. La RD543 est submergée par le vallat de Champfleury au niveau de l'allée des platanes (hauteurs d'environ 20 cm et vitesse maximale de 2.8 m/s) et par le vallat de Calas en amont du croisement avec la RD60 (hauteur maximale de 90 cm, vitesse maximale de 2 m/s).

La RD60, au niveau du croisement avec la RD543 est également submergée avec de fortes vitesses et fortes hauteurs d'eau (2.7 m/s, 45 cm).

L'avenue Jean Moulin et l'avenue de l'Etoile sont deux autres axes également inondés avec des hauteurs comprises entre 20 et 40 cm et des vitesses de l'ordre de 1.5 à 1.8 m/s.

Figure 39 : Vallat de Calas et de Champfleury – Fonctionnement en crue



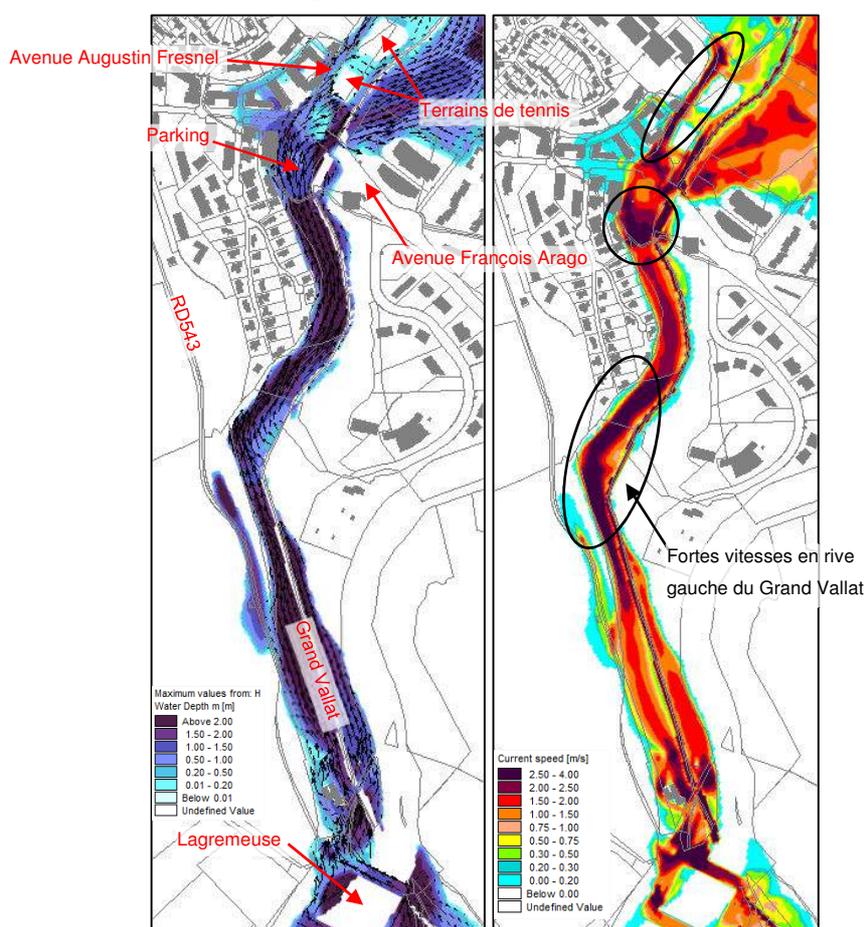
### 5.7.2.4 Aix-La-Durance

De Lagremeuse jusqu'au centre de la Durance, le Grand Vallat est relativement encaissé et déborde essentiellement en rive gauche, sur une largeur assez restreinte. Les vitesses y sont relativement fortes, jusqu'à 5 m/s et la hauteur maximale y est de 2.7 m. La RD543 est légèrement inondée lorsqu'elle affleure le terrain naturel juste après Lagremeuse avant d'être largement en hauteur par rapport aux berges du Grand Vallat.

Dans le centre de la Durance, le parking situé en rive gauche en amont du pont de l'avenue François Arago est inondé avec des hauteurs allant jusqu'à 1.7 m. L'avenue François Arago est submergée avec des vitesses de 3.2 m/s.

Un axe d'écoulement emprunte l'avenue Augustin Fresnel, avec des vitesses de 3.8 m/s au maximum. Un peu plus loin, les terrains de tennis sont hors d'eau.

Figure 40 : Grand Vallat de Lagremeuse à la Durance – Fonctionnement en crue



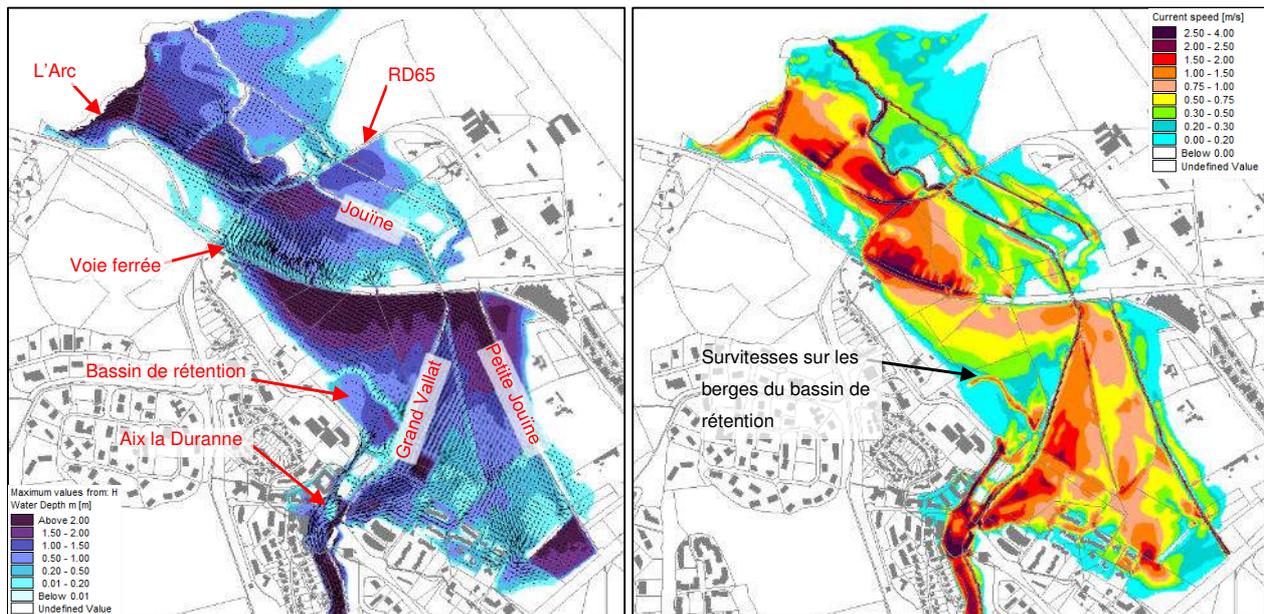
A l'aval des terrains de tennis, des survitesses sont observées sur les berges du bassin de rétention. En effet, celui-ci se remplit (hauteur maximale de 1.6 m) et lorsqu'il est plein, l'eau surverse par-dessus

les berges et des fortes vitesses sont observées localement sur les berges puisque l'eau chute pour retrouver le terrain naturel.

A l'amont de la voie ferrée, une zone de rétention se crée naturellement contre le remblai de la voie ferrée. Les hauteurs d'eau y sont de presque 3 m avec des vitesses relativement faibles. Une partie de la voie ferrée est néanmoins submergée avec des hauteurs allant jusqu'à 50 cm et des vitesses maximales de 4.5 m/s.

Enfin, à l'aval de la voie ferrée, la RD65 est submergée sur un linéaire assez important. Les hauteurs maximales sur la route y sont de 80 cm et les vitesses maximales de 4.6 m/s.

**Figure 41 : Grand Vallat de la Duranne à la confluence avec l'Arc – Fonctionnement en crue**



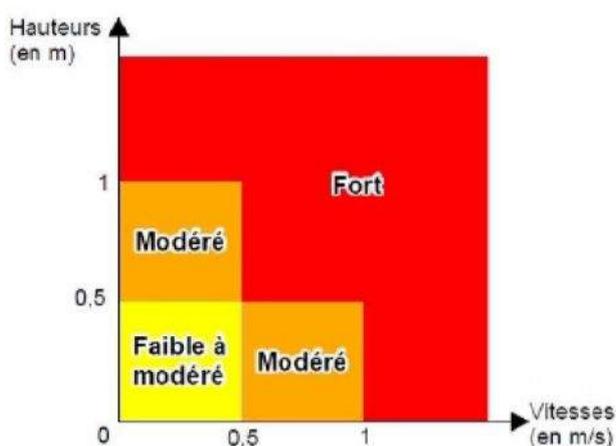
## 6 CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

### 6.1 PRESENTATION GENERALE

Les niveaux d'aléas sont déterminés en fonction de l'intensité des paramètres physiques de l'inondation de référence qui se traduisent en termes de dommages aux biens et de gravité pour les personnes. Ce sont essentiellement les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulements. Des grilles de qualification de l'aléa ont été élaborées dans le cadre de la réglementation PPRI.

La grille de classification de l'aléa utilisée par les services de l'Etat dans le département des Bouches-du-Rhône est la suivante :

Figure 42 : Grille d'aléa (Source : DDTM 13)



La cartographie de l'aléa inondation est établie en prenant comme référence **la crue centennale ou une crue historique si la période de retour de celle-ci est supérieure à 100 ans.**

**Dans le cas présent, la crue de référence est la crue type 1993 (évènement pluvieux enregistré en 1993 appliqué au bassin versant du Grand Vallat).**

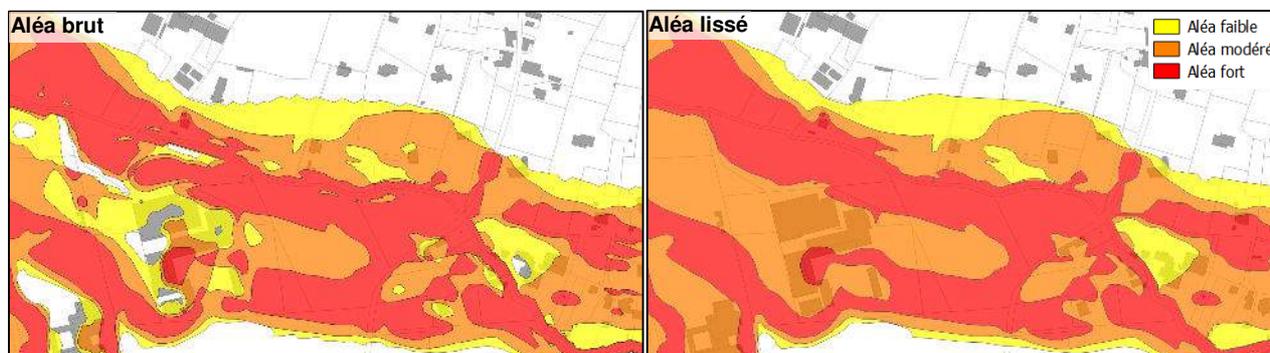
La cartographie de l'aléa inondation (croisement hauteurs / vitesses sur la base des résultats des simulations hydrauliques) sert de base au zonage réglementaire vis-à-vis de l'inondabilité.

## 6.2 HYPOTHESES RETENUES

La cartographie de l'aléa dite brute est directement issue des résultats du modèle hydraulique. Sur chaque maille de calcul, le croisement hauteur / vitesse permet de définir si l'aléa sur cette maille est faible, modéré ou fort.

Afin d'établir une cartographie exploitable par les services de l'état, la cartographie brute est soumise à un travail d'interprétation (à dire d'expert) menant à une cartographie de synthèse dite « lissée ». Cette dernière assure plus de cohérence de parcelles en parcelles, tient compte des possibles ruptures de merlons ou de murs, et des zones d'ombre derrière les bâtiments. Ce présent paragraphe a pour objectif de présenter les hypothèses retenues permettant d'établir la cartographie de synthèse à partir de la cartographie brute.

Figure 43 : Exemple cartographie aléa brut / aléa lissé



- **Lit mineur**

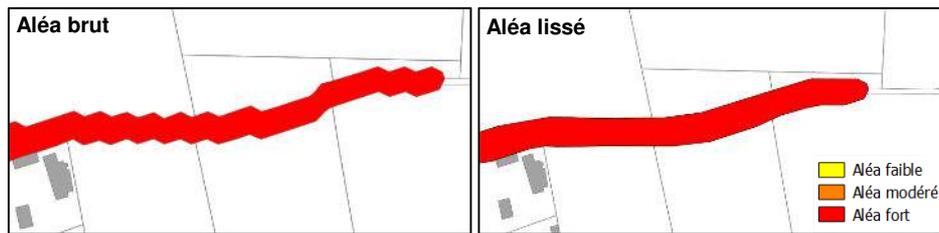
La modélisation 1D dans les lits mineurs ne permet pas d'obtenir la vitesse et la hauteur discrétisée sur le profil en travers. Ainsi, il est fait l'hypothèse que tous les lits mineurs seront classés en aléa fort. Même si certains cours d'eau font moins d'1 m de profondeur, les vitesses y sont toujours très élevées et cela suffit à justifier le classement en aléa fort en lit mineur.

Par ailleurs, la cartographie brute présente des contours « en dents de scie » du fait de la modélisation à maillage carré. Ainsi, les contours sont lissés afin qu'ils soient parallèles aux berges.

Notons enfin que les mailles de la modélisation hydrauliques font 5 m x 5 m de dimensions. Ainsi, les cours d'eau dont la largeur est inférieure à 5 m sont représentés par une emprise d'aléa fort supérieure à l'emprise réelle du cours d'eau. Cette hypothèse est sécuritaire et permet de sécuriser les abords de cours d'eau en les classant en aléa fort.



Figure 44 : Cartographie de l'aléa – Hypothèse sur les lits mineurs

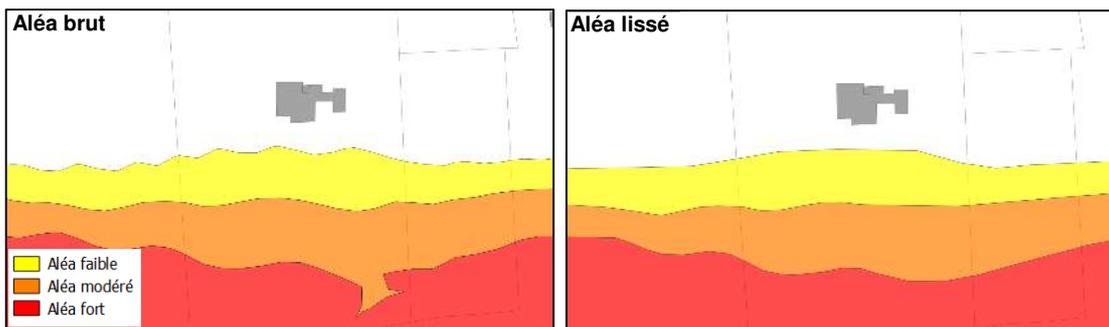


- Enveloppe de la zone inondable

De la même manière que les contours du lit mineur, l'enveloppe de la zone inondable apparaît également en « dents de scie » du fait du maillage rectangulaire.

Le lissage permet donc d'avoir une enveloppe plus arrondie et réaliste.

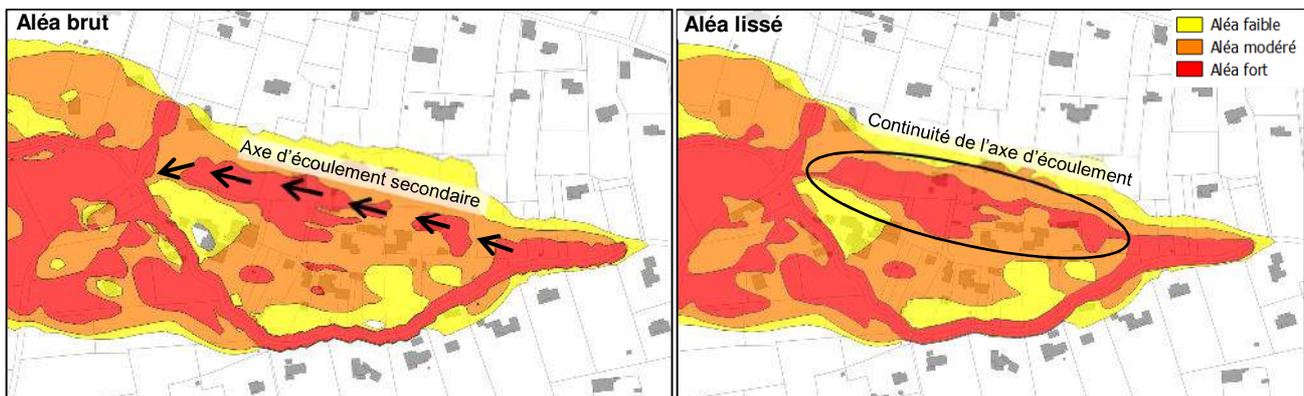
Figure 45 : Cartographie de l'aléa – Hypothèse sur l'enveloppe de la zone inondable



- Axes d'écoulement

Afin de mettre en évidence les axes d'écoulement secondaires qui apparaissent en lit majeur, il est fait l'hypothèse de continuité de l'aléa sur ces axes préférentiels.

Figure 46 : Cartographie de l'aléa – Hypothèse sur les axes d'écoulement

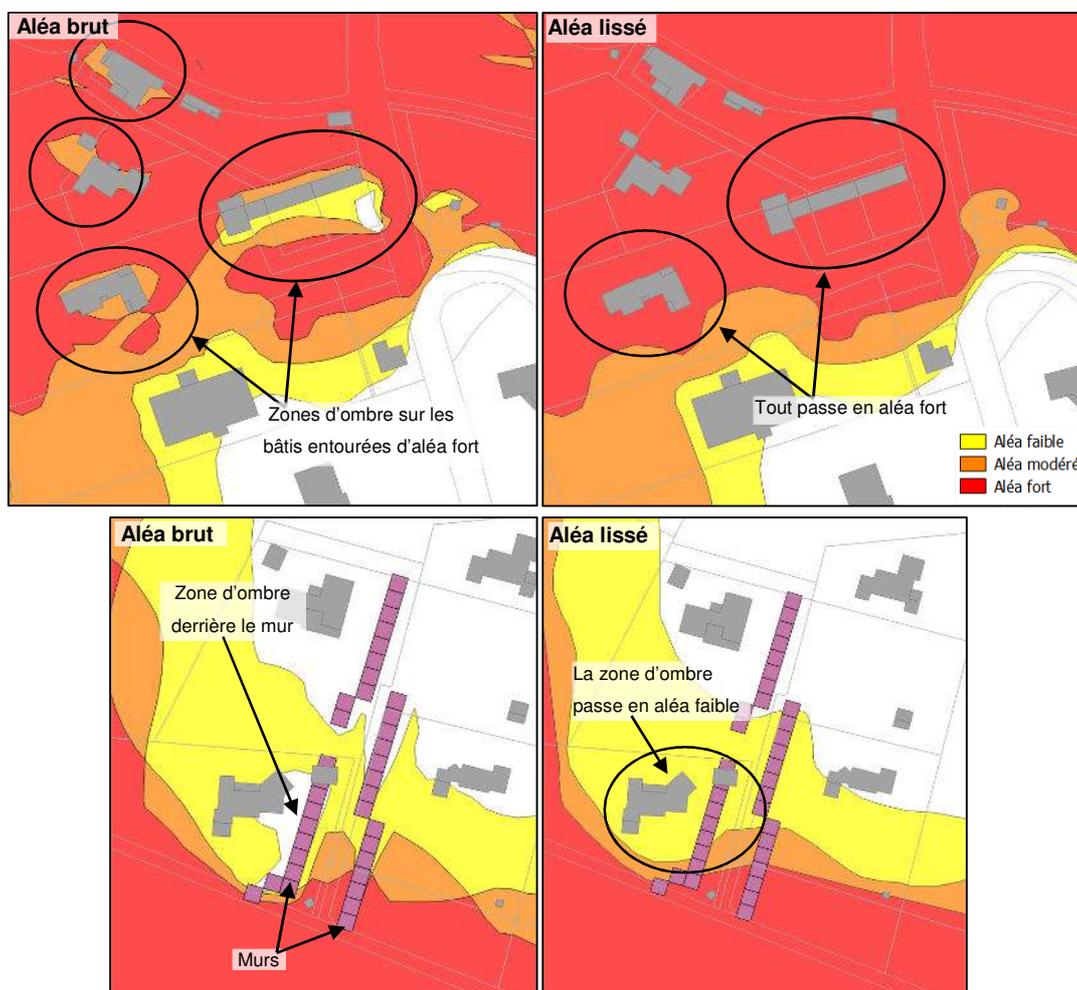


- **Zones d'ombre derrière les obstacles**

Les bâtiments, murs ou merlons font obstacle aux écoulements. Derrière eux, apparaissent des zones d'ombre : les vitesses d'écoulements y sont beaucoup plus faibles, voire nulles, idem pour les hauteurs d'eau. Pourtant, en réalité, les murs ou merlons sont susceptibles de rompre et les écoulements peuvent traverser les bâtis (par les portes ou les fenêtres par exemple). Ainsi, ces zones d'ombre restent des zones à risque et il est important de les faire apparaître sur la cartographie de l'aléa.

Ainsi, si derrière un bâti, un mur ou un merlon, la zone d'ombre est hors d'eau, celle-ci sera automatiquement classée en aléa du type de celui des parcelles environnantes. Si la cartographie brute fait apparaître des zones d'ombre en aléa faible entourées d'aléa moyen ou fort, la zone d'ombre sera « surclassée » en aléa moyen ou fort.

**Figure 47 : Cartographie de l'aléa – Hypothèse sur les zones d'ombre**



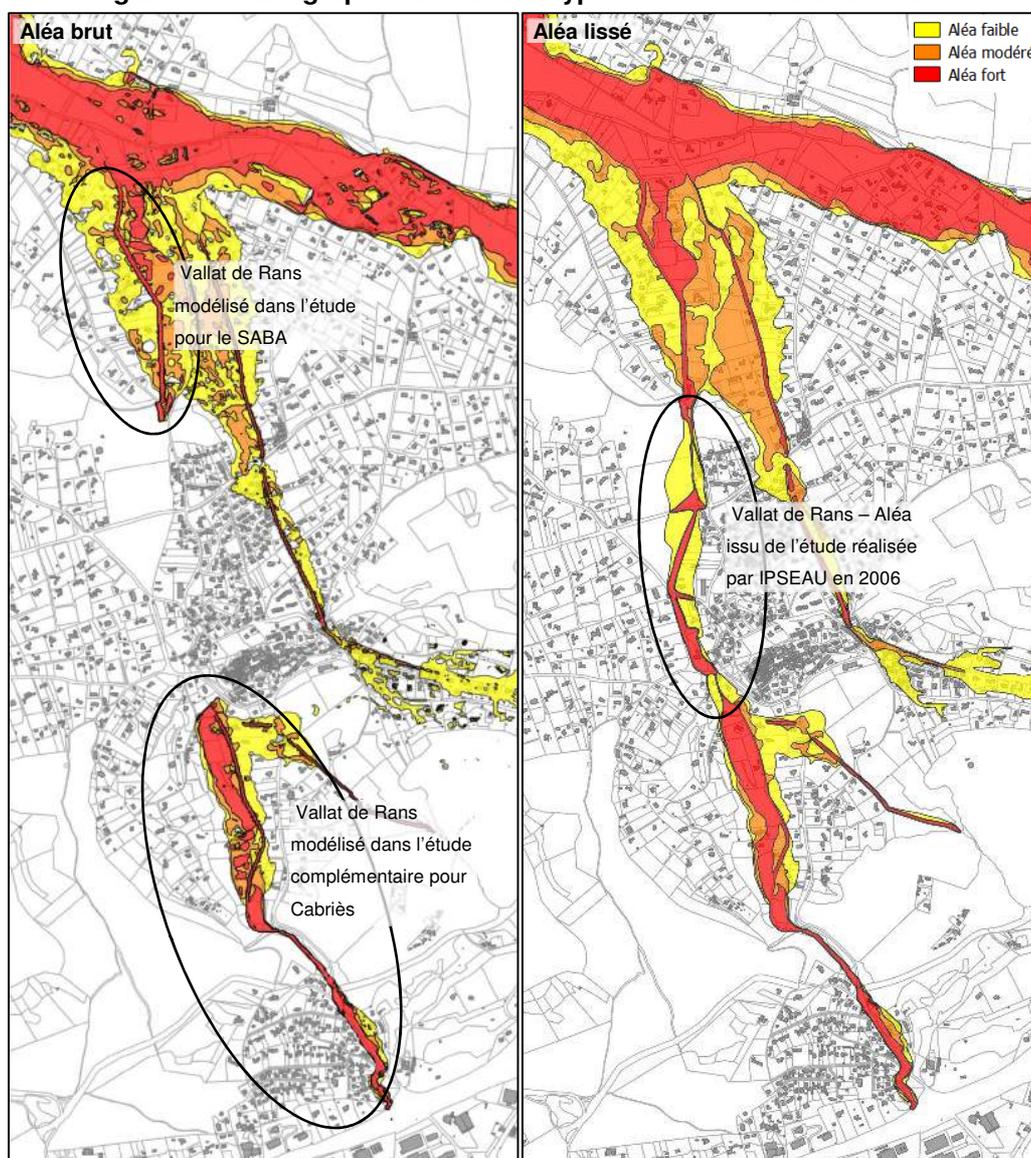
- **Cas particulier du vallat de Rans**

Le vallat de Rans a été modélisé en 2012 dans le cadre de l'étude menée par le SABA de la route de la Bellandière jusqu'à la confluence avec le Grand Vallat.

L'étude complémentaire réalisée pour Cabriès en 2016 a modélisé le vallat de Rans de l'A51 à la confluence avec le Couladou.

De la confluence avec le Couladou jusqu'à la route de la Bellandière, il n'existe donc pas de cartographie récente de l'aléa sur le vallat de Rans. La seule donnée relative à l'aléa date de l'étude réalisée par IPSEAU en 2006. Cette donnée a été retranscrite et adaptée à la nouvelle grille sur la cartographie de synthèse.

**Figure 48 : Cartographie de l'aléa – Hypothèse sur le vallat de Rans**





- **Etude complémentaire sur Cabriès**

L'étude complémentaire réalisée pour la commune de Cabriès en 2016 a fait l'objet d'une cartographie d'aléa dans le cadre de l'élaboration du Plan Local d'Urbanisme de la commune. La grille d'aléa était alors différente, plus restrictive au niveau de l'aléa modéré (aléa modéré pour les hauteurs inférieures à 1 m et pour les vitesses inférieures à 0.5 m/s ; aléa fort pour les hauteurs supérieures à 1 m et pour les vitesses supérieures à 0.5 m/s).

Ainsi, sur Cabriès, les cartographies d'aléa élaborées pour la DDTM et présentées ci-dessous sont différentes de celles élaborées pour la commune de Cabriès.



### 6.3 CARTOGRAPHIES DE SYNTHÈSE

Les cartographies de synthèse de l'aléa sont regroupées par commune et sont présentées dans les planches cartographiques suivantes :

- Planche n°1 : Aléa de référence sur la commune de Cabriès – Secteur Grand Vallat
- Planche n°2 : Aléa de référence sur la commune de Cabriès – Secteur affluents 1/2 (étude complémentaire réalisée en 2012)
- Planche n°3 : Aléa de référence sur la commune de Cabriès – Secteur affluents 2/2 (étude complémentaire réalisée en 2012)
- Planche n°4 : Aléa de référence sur la commune de Bouc-Bel-Air
- Planche n°5 : Aléa de référence sur la commune de Simiane-Collongue
- Planche n°6 : Aléa de référence sur la commune d'Aix-en-Provence (secteur confluence Grand Vallat – Jouïne).