

Commune des Vans



ETABLISSEMENT D'UN SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT PLUVIAL ET ETUDE DU RISQUE INONDATION ASSOCIE AU RISQUE PLUVIAL

Phase 2 : Etude du risque pluvial

MAÎTRE D'OUVRAGE

Commune des Vans

OBJET DE L'ETUDE

**ETABLISSEMENT D'UN SCHEMA
DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT
PLUVIAL ET ETUDE DU RISQUE
INONDATION ASSOCIE AU RISQUE
PLUVIAL**

N° AFFAIRE

M15009

INTITULE DU RAPPORT

Phase 2 : Etude du risque pluvial

V1	Décembre 2016	Audrey Latapie	Philippe Debar	
<i>N° de Version</i>	<i>Date</i>	<i>Établi par</i>	<i>Vérifié par</i>	<i>Description des Modifications / Évolutions</i>



Décembre 2016

Établi par CEREG Ingénierie

TABLE DES MATIÈRES

A CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

A.I PRESENTATION DU CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE.....	6
A.II CONTENU DE L'ETUDE	7

B ETUDE DU RISQUE PLUVIAL

B.I METHODOLOGIE.....	9
B.II ANALYSE HYDROLOGIQUE	9
B.II.1 CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS	9
B.II.2 PLUVIOMETRIE	11
B.II.2.1 Pluviométrie statistique.....	11
B.II.2.2 Evénement de Novembre 2014	13
B.II.2.3 Elaboration des pluies de projet	15
B.III DETERMINATION DU DEBIT DE POINTE	16
B.IV ETUDE HYDRAULIQUE	16
B.IV.1 METHODOLOGIE.....	16
B.IV.2 CAMPAGNE TOPOGRAPHIQUE.....	17
B.IV.3 ELABORATION DU MODELE HYDRAULIQUE	17
B.IV.3.1 Maillage de la zone d'étude	17
B.IV.3.2 Les conditions aux limites	19
B.IV.4 EXPLOITATION DU MODELE HYDRAULIQUE.....	20
B.IV.4.1 Les simulations réalisées.....	20
B.IV.4.2 Calage du modèle et situation de référence	20
B.IV.4.3 Pluie trentennale	21
B.IV.4.4 Pluie centennale	22
B.IV.4.5 Pluie exceptionnelle	23
B.V IDENTIFICATION DES ENJEUX.....	23
B.VI POPULATION EXPOSEE.....	24
C CARTOGRAPHIE DE L'ALEA	
C.I PRINCIPES GENERAUX.....	27
C.II DEFINITION DE L'ALEA PAR RUISSELLEMENT PLUVIAL.....	28

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristiques et occupation des sols des bassins versants périphériques sur le secteur (a) des Vans et (b) La Combe de Mège.	11
---	----

Tableau 2 : Coefficients de Montana de la station de Montélimar.	12
Tableau 3 : Quantiles de pluie SHYREG sur la commune Les Vans.	12
Tableau 4 : Ajustement des coefficients de Montana de la station de Montélimar à la commune Les Vans.	13
Tableau 5 : Cumuls de pluie (mm) calculés à partir des coefficients de Montana ajustés	14
Tableau 6 : Cumuls de pluie (mm) dérivées des hyétogrammes et détermination de l'occurrence de l'événement.....	15
Tableau n°7 : Liste des données topographiques utilisées pour la modélisation hydraulique.....	17
Tableau 8 : Hauteurs de submersion observées et calculées pour l'épisode pluvieux de Novembre 2014 (les références R et S sont localisées sur le secteur de la Combe de Mège).....	21
Tableau 9 : Recensement des enjeux localisés dans l'emprise du modèle et nombre d'enjeux impactés par les crues pour différentes occurrences.	24
Tableau 10 : Population exposée au risque inondation.....	25

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Définition des bassins versants périphériques et emprise des modèles hydrauliques (en rouge pour le modèle couvrant le centre ville des Vans et en bleu le secteur de La Combe de Mège).	9
Illustration 2 : Cumuls des pluies du 03/11/2014 00h00 au 04/11/2014 19h00 et localisation des hyétogrammes.....	14
Illustration 3 : Exemple de pluie de projet Keiffer pour les occurrences biennale, trentennale et centennale.....	16
Illustration n°4 : Topographie des modèles hydrauliques.....	18
Illustration n°5 : Conditions aux limites des modèles	19
Illustration 6 : Schéma des conditions de déplacement de personnes dans l'eau.....	27
Illustration n°7 : Classification de l'aléa en fonction du croisement des hauteurs de submersion et des vitesses d'écoulement (DDTM 07).....	28

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Débits de pointe des bassins versants
ANNEXE 2 : Description du code de calcul SW2D

A. CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

A.I PRESENTATION DU CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE

La ville des Vans est située dans le bassin versant du Chassezac dont un des affluents, le Bourdaric, traverse le centre-ville d'Ouest en Est.

La commune des Vans a subi des dommages significatifs suite à l'événement pluvieux du 22 au 23 Octobre 2013 mais également en Novembre 2014.

Le risque inondation mis en évidence lors de ces épisodes est lié aux ruissellements pluviaux.

La commune des Vans a confié la réalisation d'un schéma directeur d'assainissement pluvial et d'une étude du risque inondation à CEREG Ingénierie afin de cartographier le risque inondation par ruissellement pluvial puis proposer des aménagements permettant de réduire le risque sur les secteurs à enjeux.

De plus, la commune, dans le cadre de la révision de son Plan Local d'Urbanisme, doit réaliser un zonage d'assainissement pluvial.

A.II CONTENU DE L'ETUDE

Cette étude comporte **cinq phases**.

Phase 1 : Etat des lieux

Cette phase doit permettre la collecte des informations existantes concernant le fonctionnement du réseau pluvial et notamment les témoignages des riverains sur le fonctionnement du réseau lors d'événements pluvieux. Une campagne de terrain doit permettre d'établir un plan du réseau ainsi que les levés topographiques nécessaires au déroulement de l'étude.

Phase 2 : Etude du risque pluvial

Cette phase doit permettre la modélisation des écoulements surfaciques à l'aide d'un modèle numérique et aboutira à une cartographie des zones inondées par le ruissellement pour des épisodes que le réseau pluvial ne peut gérer.

Phase 3 : Etude diagnostique du réseau pluvial

Sur la base du plan du réseau établi lors de la phase précédente et des levés topographiques, une modélisation du réseau est entreprise. Elle doit permettre d'établir les périodes de retour de l'insuffisance du réseau.

Phase 4 : Etude technico-économique des solutions

L'objectif de cette phase est de proposer des solutions aux problèmes identifiés lors des phases 2 et 3.

Phase 5 : Elaboration du schéma directeur et du zonage d'assainissement pluvial

Les objectifs de cette phase sont :

- d'établir un programme des travaux à réaliser sur la base des propositions d'aménagements qui auront été validées par les élus de la commune ;
- d'élaborer le zonage pluvial qui sera soumis à enquête publique avant d'être annexé au règlement du PLU.

Le présent rapport couvre la totalité de la phase 2. Un atlas joint au présent document, présente les planches cartographiques illustrant les propos explicités ci-après.

B. ETUDE DU RISQUE PLUVIAL

B.I METHODOLOGIE

L'aléa inondation par ruissellement pluvial sur la commune des Vans est estimé grâce à une modélisation hydraulique 2D. Deux modèles ont été réalisés afin de couvrir :

- La zone urbaine « dense »
- Le secteur de la « Combe de Mège » au sud est de la commune

La phase 3 de la présente étude fournit un diagnostic du réseau pluvial. Les deux phases étant liées, les hypothèses hydrologiques sont rappelées dans le présent rapport afin d'en faciliter la lecture.

B.II ANALYSE HYDROLOGIQUE

Planche n°1 : Localisation des bassins versants d'apports

B.II.1 Caractéristiques des bassins versants

Dans la phase 1 de la présente étude, un premier découpage en bassins-versants a été réalisé. Ce découpage a été affiné afin de déterminer les sous bassins versants générant les apports dans le centre ville et sur le secteur de La Combe de Mège.

Les 24 bassins ainsi définis sur le centre urbain des Vans ainsi que les 10 bassins définis sur le secteur de La Combe de Mège sont présentés sur l'illustration 1 et leurs caractéristiques sont détaillées dans le tableau 1.

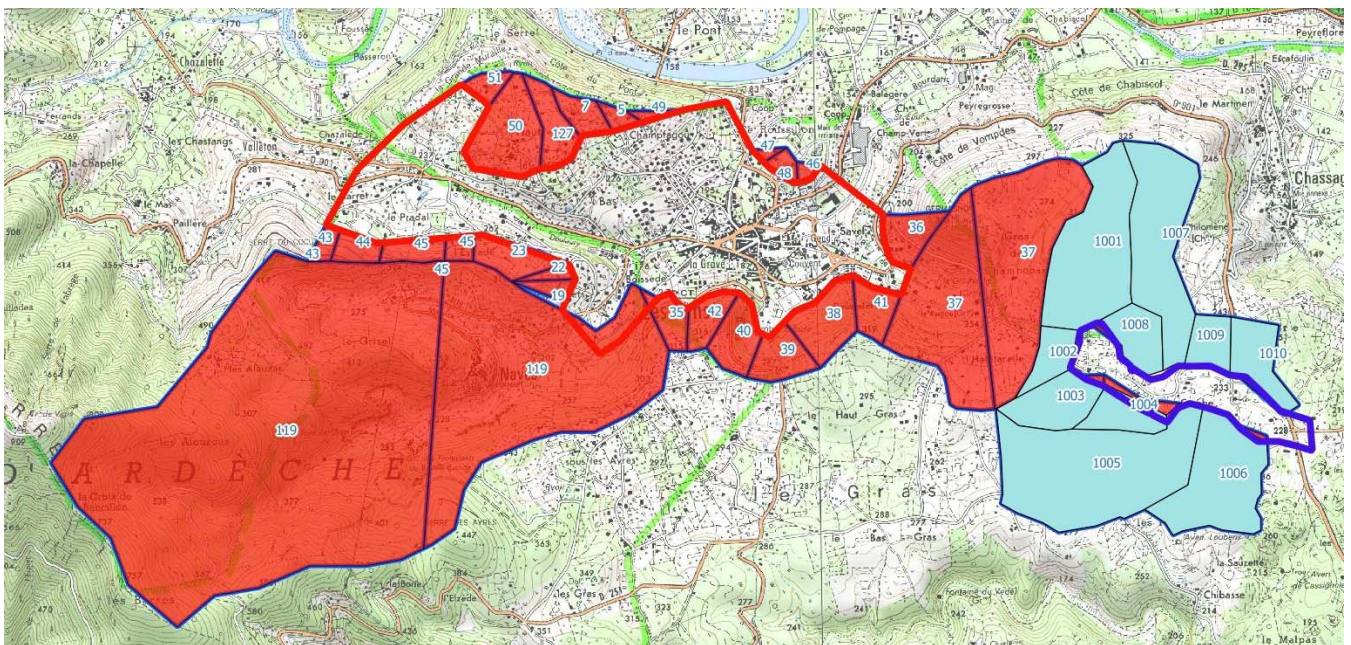


Illustration 1 : Définition des bassins versants périphériques et emprise des modèles hydrauliques (en rouge pour le modèle couvrant le centre ville des Vans et en bleu le secteur de La Combe de Mège).

Commune des Vans - Etablissement d'un schema directeur d'assainissement pluvial et etude du risque
inondation associe au risque pluvial

(a) Les Vans

Bassin versant	Superficie (ha)	Longueur Hydraulique (m)	Pente (m/m)	Habitat très dense (ha)	Habitat assez dense (ha)	Habitat peu dense (ha)	Zones naturelles (ha)
43	1.86	77	0.250	0	0	0	1.86
44	3.32	102.80	0.310	0	0	0	3.32
45	5.66	134.30	0.205	0	0	0	5.66
23	6.41	142.80	0.220	0	0	0.03	6.38
22	1.43	67.40	0.175	0	0	0.21	1.22
19	1.99	79.60	0.182	0	0	0.01	1.98
119	356.07	3500	0.110	0	0	0.01	356.06
35	4.55	120.40	0.241	0	0	0	4.55
42	4.92	125.10	0.223	0	0	0.25	4.66
40	7.43	153.80	0.195	0	0	0.01	7.42
39	6.85	147.60	0.195	0	0	0	6.85
38	10.27	180.80	0.041	0	0	0	10.27
41	5.40	131.10	0.276	0	0	0	5.40
37	82.55	1500	0.070	0	2.13	0.01	80.42
36	6.34	142.10	0.375	0	0	4.55	1.79
46	0.92	54.20	0.040	0.03	0	0.89	0
48	1.82	76.20	0.039	1.41	0	0.41	0
47	0.62	44.30	0.080	0.06	0	0.55	0
49	0.95	55.10	0.010	0	0	0.95	0
5	1.79	75.50	0.091	0	0	1.79	0
7	4.07	97.10	0.120	0	0.36	2.60	0
127	7.44	153.90	0.080	0	0	7.44	0
50	14.18	540	0.070	0	0	14.18	0
51	2.54	89.90	0.090	0	0	2.54	0

(b) La Combe de Mège

Bassin versant	Superficie (ha)	Pente (m/m)	Habitat peu dense (ha)	Zones naturelles (ha)
1001	31.47	0.067	0.43	31.04
1002	5.36	0.112	0.51	4.85
1003	10.66	0.056	0.33	10.33
1004	9.16	0.050	0.22	8.94
1005	47.01	0.036	1.25	45.76
1006	24.37	0.042	1.54	22.83
1007	29.14	0.067	1.07	28.07
1008	7.51	0.050	2.10	5.41
1009	5.92	0.050	0.54	5.38
1010	9.72	0.060	0.10	9.62

Tableau 1: Caractéristiques et occupation des sols des bassins versants périphériques sur le secteur (a) des Vans et (b) La Combe de Mège.

B.II.2 Pluviométrie

B.II.2.1 Pluviométrie statistique

La station pluviométrique des Vans enregistre des données à un pas de temps journalier depuis 2000. L'absence de données horaires ne permet pas de faire une analyse statistique fiable. En revanche, la station pluviographique de Montélimar distante du site d'étude de 52 km dispose d'une chronique assez longue (36 ans) à un pas de temps horaire. Les données pluviométriques de la station de Montélimar ont été choisies pour l'élaboration des pluies de projet.

Compte tenu de l'éloignement géographique entre la commune et la station, la pluviométrie sur le secteur d'étude sera rendue par un ajustement des coefficients de Montana de la station météorologique de Montélimar par la méthode SHYREG, une méthode développée par IRSTEA pour la régionalisation des quantiles de pluies. La description de la méthodologie est fournie dans les paragraphes suivants.

Ainsi, pour estimer les hauteurs précipitées et les intensités de pluies, les données disponibles sont :

- Les données statistiques de la station de Montélimar
- Les données calculées à l'aide de la méthode SHYREG sur la commune commandées auprès de Météo-France.

➤ Coefficients de Montana

Les coefficients de Montana sont fournis dans le Tableau 2 ci-dessous :

Montélimar (1972 – 2007)	6' < d < 2h		2h < d < 6h	
	a	b	a	b
5 ans	47.70	0.499	47.113	0.729
10 ans	59.58	0.490	61.474	0.762
20 ans	73.60	0.478	78.403	0.79
30 ans	82.77	0.470	89.917	0.807
50 ans	96.35	0.459	106.237	0.828
100 ans	116.75	0.445	132.207	0.855

Tableau 2 : Coefficients de Montana de la station de Montélimar.

➤ Pluviométrie statistique SHYREG

IRSTEA a développé un modèle permettant une approche spatialisée de la pluviométrie basée sur les chroniques de pluie horaire disponibles sur 217 stations du réseau météorologique en France.

Il permet d'obtenir des hauteurs de précipitation horaires sur **des durées comprises entre 1h et 72h** pour différentes périodes de retour (de 2 à 1000 ans) à l'échelle de mailles de 1 km². Sur chacune de ces mailles, un générateur aléatoire de chroniques de pluie est mis en place sur la base de diverses variables géographiques (altitude, relief) et des données aux postes pluviométriques les plus proches.

Le tableau suivant présente les valeurs des quantiles de pluie SHYREG.

Durées de cumul	Période de retour					
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
1 heure	41.8 mm	55.7 mm	67.1 mm	79.1 mm	95.3 mm	107.9 mm
4 heures	71.1 mm	91.2 mm	107.1 mm	123.6 mm	146.9 mm	165.2 mm

Tableau 3 : Quantiles de pluie SHYREG sur la commune Les Vans.

➤ Ajustement des coefficients de Montana

La méthode SHYREG fournit des quantiles de pluie pour différentes occurrences à partir d'une durée minimale de pluie de 1h. Or bien souvent et c'est le cas pour la présente étude, les temps de concentration des bassins versants dont on cherche à déterminer les débits de pointe, présentent des

temps de concentration inférieurs à l'heure. Le temps de concentration et le temps de transfert de chaque bassin versant est précisé dans le rapport de Phase 3 de la présente étude.

Il a donc été recherché une méthode qui tout en bénéficiant de la richesse de l'information SHYREG, permette de déterminer des intensités de pluie sur des durées inférieures à l'heure. Cela est possible dans la mesure où les intensités et hauteurs de pluie de période de retour donnée sont liées par les modèles Intensité-Durée-Fréquence (IDF). Ainsi pour deux durées $t1$ et $t2$, les hauteurs de période de retour T répondent à :

$$i1/i2 = (t1/t2)^{(1-b)}$$

Avec $i1$, $i2$ les hauteurs précipitées pour les durées $t1$ et $t2$ et $b(T)$ le coefficient de Montana. On peut donc simplement dégager des coefficients de proportionnalité sensiblement constants pour un secteur géographique donné. La méthode consiste donc à :

- calculer ces coefficients de proportionnalités $i15/i60$, $i30/i60$ puis $i45/i60$ pour une occurrence donnée à partir de la station pluviographique de référence ;
- estimer les quantiles en 15, 30 et 45 minutes en appliquant ces coefficients à la hauteur tombée en 1 h fournie par SHYREG ;
- recalculer par ajustement statistique le coefficient « a » sur les durées 15 à 60 minutes à partir des 4 hauteurs (ou intensité) ainsi interpolée.

Ajustement des coefficients de Montana	6'<d<2h		2h<d<6h	
	a	b	a	b
2 ans	41.80	0.510	46.00	0.700
5 ans	55.70	0.499	62.64	0.729
10 ans	67.10	0.490	77.00	0.762
30 ans	84.50	0.470	100.55	0.807
50 ans	95.30	0.459	115.74	0.828
100 ans	107.90	0.445	135.12	0.855

Tableau 4 : Ajustement des coefficients de Montana de la station de Montélimar à la commune Les Vans.

B.II.2.2 Evénement de Novembre 2014

Les images radar de l'évènement pluvieux des 03 et 04 novembre 2014 ont été obtenues auprès de METEO FRANCE afin de décrire de manière spatialisée la pluie tombée sur la zone d'étude. Les cumuls de pluie sont indiqués pour chaque pixel de 1 km².

Afin de décrire de manière spatialisée la pluie tombée sur la zone d'étude, 8 hyétogrammes ont été définis (Illustration 2). Sur les 8 hyétogrammes fournis, 5 correspondent au secteur des Vans et 3 au secteur de la Combe de Mège.

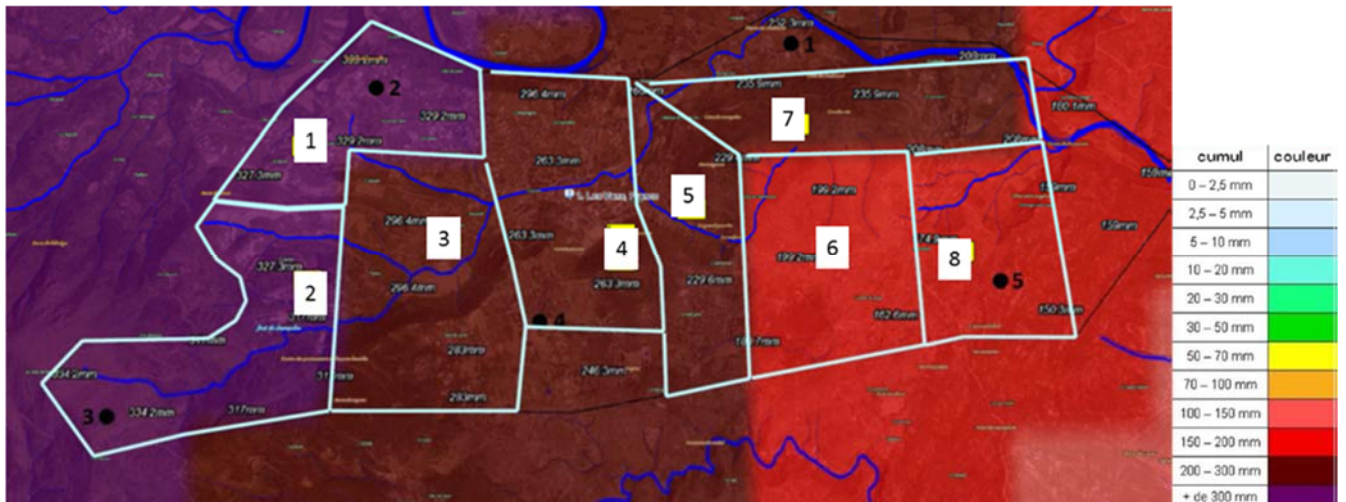


Illustration 2 : Cumuls des pluies du 03/11/2014 00h00 au 04/11/2014 19h00 et localisation des hyétogrammes

Une analyse statistique est menée afin de déterminer l'occurrence de cet événement. Les cumuls calculés à partir des coefficients de Montana (Tableau 5) sont confrontés aux cumuls dérivés des hyétogrammes fournis par Météo-France (Tableau 6).

Période de retour	Durée de la pluie					
	15 mins	30 mins	1 h	2 h	4 h	6 h
2 ans	21	30	42	59	70	79
5 ans	28	39	56	79	91	102
10 ans	33	47	67	96	107	118
20 ans	38	55	79	114	124	135
30 ans	41	59	85	122	131	142
50 ans	45	65	95	139	147	158
100 ans	50	73	108	159	165	175

Tableau 5 : Cumuls de pluie (mm) calculés à partir des coefficients de Montana ajustés

(a) Les Vans

Hyétogramme	Durée de la pluie					
	15 mins	30 mins	1h	2h	4h	6h
1	18	22	34	58	108	143
2	17	22	33	54	101	138
3	15	23	36	51	98	123
4	18	25	36	51	93	118
5	21	25	33	47	77	102
H min (mm)	15	22	33	47	77	102
T min (an)	< 2 ans	< 2 ans	< 2 ans	< 2 ans	< 5 ans	5 ans
H max (mm)	21	25	36	58	108	143
T max (an)	2 ans	< 2 ans	< 2 ans	≈2 ans	≈ 10 ans	≈ 30 ans

(b) La Combe de Mège

Hyétoqramme	Durée de la pluie (h)					
	0.25h	0.5h	1h	2h	4h	6h
6	15	18	24	36	55	82
7	20	24	31	43	69	96
8	9	11	20	30	41	57

H min (mm)	9	11	20	30	41	57
T min (an)	< 2 ans	< 2 ans	< 2 ans	< 2 ans	< 2 ans	< 2 ans
H max (mm)	20	24	31	43	69	96
T max (an)	≈ 2 ans	< 2 ans	< 2 ans	< 2 ans	≈ 2 ans	< 5 ans

Tableau 6 : Cumuls de pluie (mm) dérivées des hyétoqrammes et détermination de l'occurrence de l'événement

L'analyse montre que la pluie de novembre 2014 est un événement de période de retour estimée à 30 ans pour le secteur des Vans et à moins de 5 ans pour le secteur de la Combe de Mège, sur une durée de 6 h.

B.II.2.3 Elaboration des pluies de projet

Les pluies de projet sont des pluies synthétiques construites à partir de statistiques établies sur des pluies réelles. Elles présentent l'avantage de pouvoir étudier des événements pluvieux ayant une période de retour différente de celles établies pour la pluie réelle.

Différents types de pluies de projet peuvent être construites. La pluie de Keiffer est ici préférée car elle est plus adaptée aux études de diagnostic des réseaux pluviaux. Ce type de pluie est également employée dans la phase 3 de la présente étude.

Une pluie de projet de Keiffer consiste à transformer les courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) en hyétoqrammes auxquels seront affectés les périodes de retour des courbes IDF correspondantes. Ce modèle de pluies de projet est aussi appelé pluie de projet « type Chicago ».

La propriété de ce hyétoqramme est qu'il est constitué d'éléments (hauteurs précipitées sur une durée donnée) qui ont tous la période de retour T .

La pluie de projet est constituée de 3 paramètres :

- La période de retour de la pluie T ,
- La durée totale de l'événement DP , avec $DP > 2 T_c$ (T_c est le temps de concentration du bassin versant)
- Le pas de temps de discrétisation dt

Les pluies de projet déterminées pour les occurrences biennale, trentennale et centennale sont présentées sur l'illustration 3.

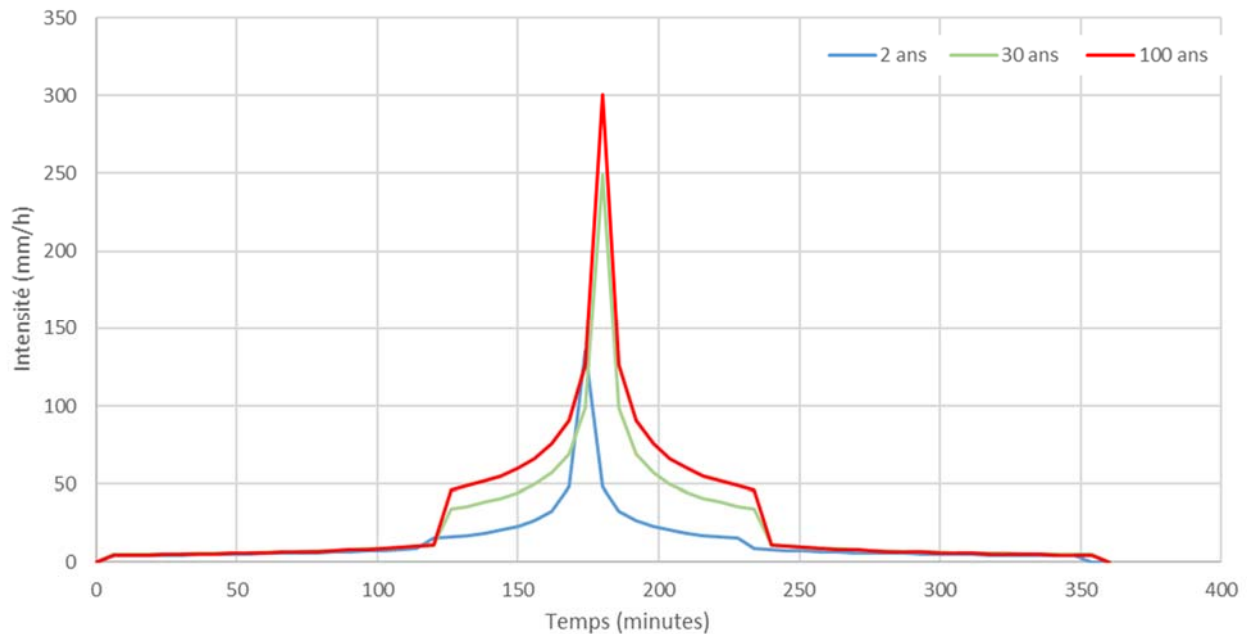


Illustration 3 : Exemple de pluie de projet Keiffer pour les occurrences biennale, trentennale et centennale.

B.III DETERMINATION DU DEBIT DE POINTE

Le code de calcul INFOWORKS mis en oeuvre dans la phase 3 de la présente étude pour le diagnostic du réseau d'assainissement pluvial possède une fonction de production pluie-débit basée sur une pluie de projet transformée en débit par un modèle linéaire à réservoir. Ces hydrogrammes de crue sont utilisés comme données d'entrée pour le modèle hydraulique.

Les débits de pointe calculés pour les occurrences 5 ans, 10 ans, 30 ans, 100 ans et l'événement de 2014 sont fournis en Annexe no. 1.

B.IV ETUDE HYDRAULIQUE

B.IV.1 Méthodologie

Le risque inondation par ruissellement pluvial sur la zone urbaine de la commune des Vans est estimé grâce à une modélisation hydraulique bidimensionnelle. La modélisation permet de déterminer les hauteurs de submersion et les vitesses pour différentes occurrences de crue. Le code de calcul SW2D, développé par le laboratoire Hydrosociences de l'université de Montpellier 2, est utilisé. Un descriptif du modèle est fourni en Annexe 2.

La modélisation 2D s'effectue en plusieurs étapes :

- la construction du modèle qui s'articule en deux temps :
 - la construction du maillage à partir de l'emprise topographique couverte par les levés du géomètre;

- la création des fichiers d'entrée : des conditions aux limites sont définies et injectées dans le modèle. Il peut s'agir de débits, de cotes ou de hauteurs de submersion.

- le calage du modèle ;
- l'exploitation du modèle pour les différentes pluies de projet ;
- la cartographie des résultats fournit aux différents points du maillage : les hauteurs de submersion ainsi que les vitesses d'écoulement.

Les calculs sont menés en régime transitoire afin de prendre en compte les zones d'écêtement des débits (bassins, points bas topographiques, espaces verts...).

B.IV.2 Campagne topographique

La campagne topographique a consisté en :

- La réalisation d'un levé surfacique au 1/2000^{ème} réalisé par mesures LIDAR sur l'ensemble des bassins versants urbanisés des Vans, représentant une superficie de 200 ha. Ce type de levé permet de faire ressortir l'ensemble des éléments structurants : voiries, mûrets de limite des habitations, bâtiments, fossés, talus... ;
- un levé terrestre du réseau pluvial (regards, fossés, canaux d'irrigation...).

Les données topographiques utilisées dans la présente étude résultent ainsi de l'assemblage de plusieurs plans topographiques.

Zone représentée	Maitre d'ouvrage Géomètre ayant réalisé les levés	Date de création
Plan topographique de la zone urbaine des Vans Echelle : 1/2000	Commune des Vans Opsia Méditerranée	Mars 2015
Levé des tampons de 75 regards	Commune des Vans Opsia Méditerranée	Mars 2015

Tableau n°7 : Liste des données topographiques utilisées pour la modélisation hydraulique

B.IV.3 Elaboration du modèle hydraulique

B.IV.3.1 Maillage de la zone d'étude

Le modèle mathématique utilisé s'appuie sur un maillage de l'espace élaboré à partir des différents points topographiques et complétés localement par des observations de terrain. Le maillage est construit de manière à prendre en compte les éléments structurants principaux du secteur : les fossés, les calades, les voiries, les talus, les remblais,... nécessaires à la bonne description du fonctionnement hydrodynamique de la zone d'étude.

Au niveau des zones urbaines de la commune, les zones bâties sont regroupées en blocs de maisons sous la forme d'obstacles insubmersibles et imperméables.

Le modèle hydraulique concerne l'ensemble de la zone urbaine de la commune intégrant les lotissements et équipements isolés au Sud. Le maillage ainsi constitué couvre 207 ha et comprend 101 000 mailles. Sur le secteur de La Combe de Mège le modèle couvre 107 ha et comprend 58 950 mailles (Illustration n°4).

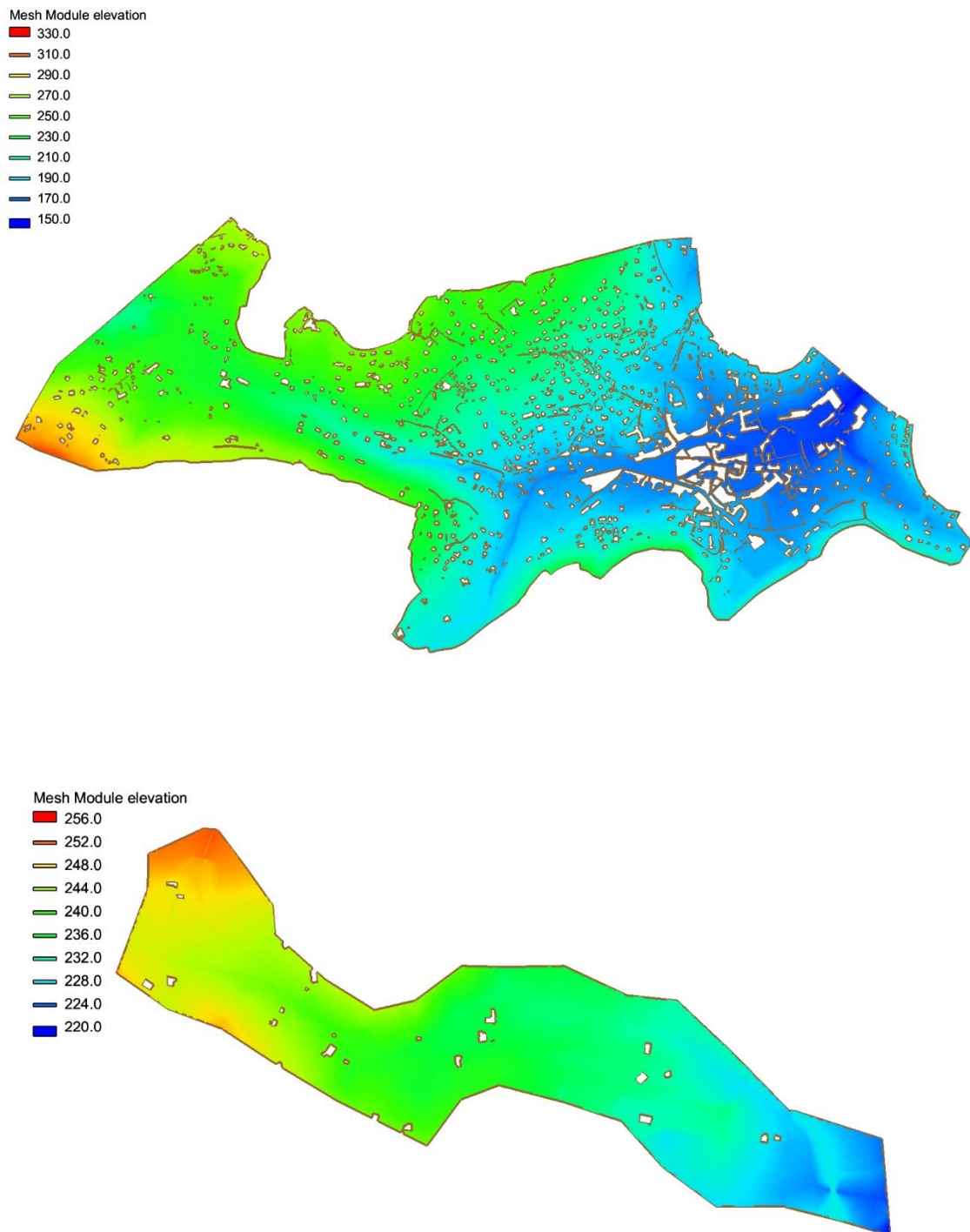


Illustration n°4 : Topographie des modèles hydrauliques

B.IV.3.2 Les conditions aux limites

Les conditions aux limites appliquées au modèle hydraulique correspondent aux hydrogrammes issus du modèle Infoworks. Les points d'injection des hydrogrammes en entrée du modèle sont indiqués sur les illustrations suivantes pour les Vans et La Combe de Mège.

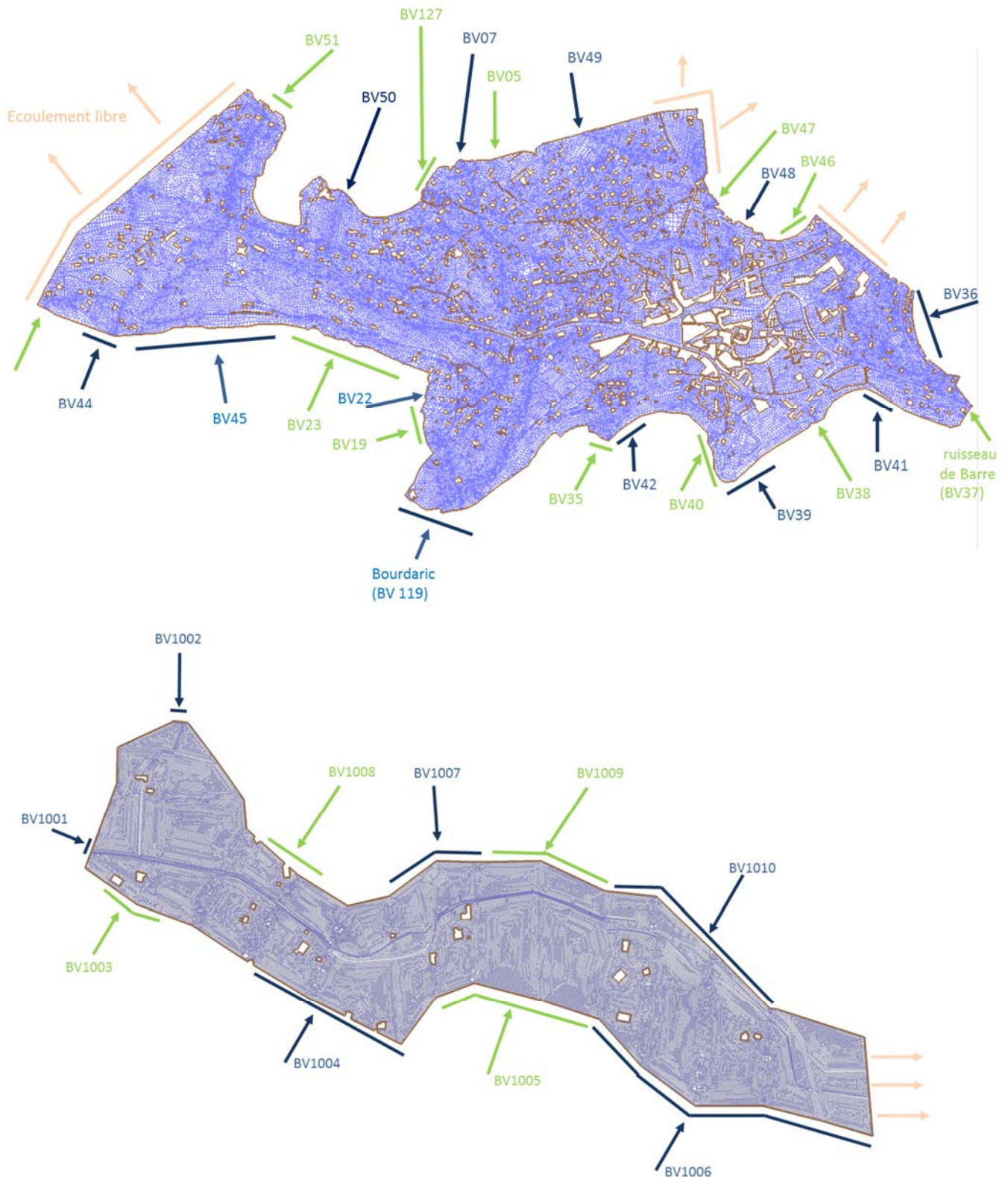


Illustration n°5 : Conditions aux limites des modèles

Les conditions d'écoulement libre signifient qu'il n'y a pas de contrôle aval, c'est-à-dire qu'aucun obstacle aux ruissellements pluviaux n'est présent.

Les pluies de projet utilisées pour calculer les hydrogrammes des bassins versants ont été appliquées sur le maillage pour calculer une contribution de chaque maille (et ainsi tenir compte du ruissellement local des eaux). L'impluvium propre au secteur est ainsi pris en compte.

B.IV.4 Exploitation du modèle hydraulique

B.IV.4.1 Les simulations réalisées

Pour préciser les zones inondables par ruissellement pluvial dans la zone urbaine, deux types de pluies ont été modélisées :

- La pluie historique de novembre 2014 ayant générée des désordres hydrauliques sur la commune sert de référence ;
- Les pluies statistiques d'occurrence 30 ans, 100 ans et exceptionnelle (pris égal à 1.8 x pluie centennale) basées sur les données statistiques du poste météorologique de Montélimar.

Pour rappel, les pluies d'occurrences inférieures à 30 ans ont été modélisées dans le cadre de la Phase 3 de l'étude « *Diagnostic du réseau pluvial de la commune* ». A partir de 30 ans, la majeure partie du réseau pluvial apparaît comme saturé, c'est la raison pour laquelle la modélisation hydraulique des écoulements surfaciques est employée.

B.IV.4.2 Calage du modèle et situation de référence

Planche n°2 : Pluie de Novembre 2014 – Hauteurs maximales de submersion

Le calage consiste à retrouver par le calcul, des cotes observées à l'occasion d'événements survenus. L'épisode pluvieux de Novembre 2014 a généré des dommages sur la zone urbaine des Vans et sur le secteur de La Combe de Mège et a été retenu.

Dans le cadre de la phase 1 de la présente étude, des questionnaires d'évaluation du risque inondation ont été envoyés à l'ensemble des riverains concernés par ce risque. L'analyse des retours des questionnaires des riverains, ainsi que les échanges avec la mairie ont permis de localiser les dysfonctionnements. Les désordres observés sont détaillés dans le rapport de la phase 1 (paragraphe B.VI.2 et Annexe 3 du rapport de Phase 1) ; seules les localisations et les hauteurs d'eau observées sont rappelées dans le Tableau 8.

Le calage du modèle hydraulique a été réalisé en intégrant un coefficient de rugosité K uniforme sur toute la zone d'étude. Plusieurs valeurs de rugosité ont été testées sur la gamme usuellement rencontrées de 15 à 40 $m^{1/3}/s$. Le coefficient de rugosité égal à 30 $m^{1/3}/s$ a été retenu car il permet de rendre compte des zones inondées en Novembre 2014.

Les hauteurs d'eau calculées aux différents points de dysfonctionnement sont comparées aux hauteurs d'eau observées (Tableau 8).

Les ruissellements observés sont correctement reproduits par le modèle. Les hauteurs de submersion modélisées sont cohérentes avec les quelques observations fournies. Le calage du

modèle est donc plus qualitatif que quantitatif dans le sens où les zones identifiées comme inondées sont effectivement inondées dans le modèle.

Sur certains secteurs comme la montée du Carmel (référence N), des ruissellements importants sont mentionnés tandis que le modèle présente peu ou pas d'eau. Il faut souligner que les témoignages rapportent des obstructions des avaloirs par des feuilles. Ce phénomène n'est pas pris en compte dans la modélisation qui considère que le réseau pluvial fonctionne à pleine capacité.

Référence	Localisation	Hauteurs d'eau observées (m)		Hauteurs d'eau modélisées (m)
		Valeur min (m)	Valeur max (m)	
A et B	Le Pradal	0.10	0.50	0.10
X	Chemin de la Jeanne	-	-	0.05
C à F	Boissède	-	-	0.05
G	Carrefour RD 408 – RD 901	-	-	0.05
J, K et W	Route de Champfagou	-	-	0.05
Q	Chemin des Conchettes	-	0.10	0.10
Z	Route des Cévennes	-	-	0.05
G	D 408 – D 901	-	-	0.05
T	Impasse de la Malautière	-	-	0
I	Allée du Colombier	-	-	0.05
N	Montée du Carmel	-	-	0
H	Chemin du Bourdaric	-	-	0.05
AA	Avenue des Droits de l'Homme	0.10	0.50	0.10
AB	Rue de la Fabrique	-	-	0.05
O	Rousselet	-	-	0.10
P	D901	-	-	0.05
R	Gras de Chambonnas	-	-	0.20
S	Chemin des Amandiers	-	0.50	0.45

Tableau 8 : Hauteurs de submersion observées et calculées pour l'épisode pluvieux de Novembre 2014 (les références R et S sont localisées sur le secteur de la Combe de Mège).

B.IV.4.3 Pluie trentennale

Planche n°3 : Hauteurs maximales de submersion pour l'occurrence trentennale

o Les Vans

Les axes de communication (voiries, routes, ...) constituent des axes d'écoulement des eaux pluviales. Les réseaux pluviaux présents le long de ces axes sont insuffisants pour l'occurrence trentennale et ne permettent pas l'évacuation complète des eaux vers l'aval de la zone urbaine.

Les zones de dysfonctionnements identifiées lors de l'événement de 2014 sont affectées avec des hauteurs de submersion plus importantes.

- Sur le secteur du Pradal, les hauteurs de submersion atteignent 40 cm localement.
- Le ruisseau traversant le secteur des Conchettes déborde sur l'avenue Charles de Gaulle avant de rejoindre le Bourdaric.

- Les bâtiments localisés au sud de la Place Leopold Ollier font obstacle aux écoulements ruissellant des points hauts. L'eau se stocke ainsi à l'arrière des bâtiments.
- Le chemin de la Picholline et l'avenue des Droits de l'Homme constituent des axes d'écoulement importants vers le centre ville. Sur le chemin de la Picholline, les hauteurs de submersion atteignent 40 cm.
- La rue Droite et la rue de la Fabrique sont affectées par des hauteurs de submersion de l'ordre de 20 à 30 cm.
- L'espace vert localisé à l'intersection de l'Avenue Ferdinand Nadal et la rue Sous les Ayre ainsi que celui à l'intersection de l'Avenue Ferdinand Nadal et de la rue Le Savel permettent la rétention des eaux pluviales.
- La caserne des pompiers localisée à proximité du stade est affectée par des hauteurs de submersion de l'ordre de 30 cm.

○ La Combe de Mège

La propriété localisée sur l'axe du ruisseau de Combe Vie ainsi que les deux batis localisés sur le chemin Le Gras (parcelles 637 et 638) sont affectés par des hauteurs de submersion de l'ordre de 40 cm pour la crue trentennale. L'eau se concentre sur ces points bas et en amont de l'ouvrage de franchissement de la D901.

B.IV.4.4 Pluie centennale

Planche n°4 : Hauteurs maximales de submersion pour l'occurrence centennale

○ Les Vans

Pour un événement centennal, les secteurs suivants sont impactés :

- Dans le quartier du Pradal, les hauteurs de submersion sont similaires à l'occurrence trentennale (environ 40 cm) mais la zone impactée est plus importante.
- Le secteur des Conchettes est affecté par des hauteurs de submersion de l'ordre de 50 cm.
- Les hauteurs de submersion des eaux se stockant à l'arrière des bâtiments localisés au sud de la Place Leopold Ollier sont de l'ordre de 40 à 50 cm.
- La rue de la Fabrique est affectée par des hauteurs de submersion supérieures à 40 cm.
- L'espace vert localisé à l'intersection de l'Avenue Ferdinand Nadal et la rue Sous les Ayre permet de stocker des eaux atteignant plus d'1 m.
- La cour de l'école privée localisée chemin Le Savel est une zone de stockage avec des hauteurs de submersion supérieures à 50 cm.
- La caserne des pompiers située à proximité du stade est affectée par des hauteurs de submersion de l'ordre de 40 cm.

○ La Combe de Mège

Les secteurs impactés par l'événement centennal sont similaires à ceux identifiés précédemment avec une enveloppe de crue plus étendue. Les hauteurs de submersion sont ainsi de l'ordre de 40 cm sur la propriété localisée sur le ruisseau de Combe Vie et de 50 cm sur le chemin des Amandiers. En

amont immédiat de l'ouvrage de franchissement de la D901, les hauteurs de submersion sont supérieures à 1.5 m.

B.IV.4.5 Pluie exceptionnelle

Planche n°5 : Hauteurs maximales de submersion pour l'occurrence exceptionnelle

○ Les Vans

En cas de pluie millénaire considérée égale à 1,8 fois la pluie centennale, l'ensemble du centre urbain est inondé par des eaux atteignant en moyenne 20 cm.

- Localement, comme rue de la Fabrique les hauteurs sont comprises entre 50 cm et 1 m.
- L'avenue Ferdinand Nadal est submergée par des hauteurs d'eau supérieures à 50 cm à l'amont du rond point.
- Des débordements conséquents avec des hauteurs de submersion proches d'1 m affectent les commerces localisés à la confluence entre le ruisseau de Barre et le Bourdaric.

○ La Combe de Mège

L'emprise des zones inondables est plus étendue par rapport à l'occurrence centennale. Les hauteurs de submersion atteignent 1 m pour les propriétés localisées sur le chemin Le Gras. La propriété localisée la plus à l'est dans l'emprise du modèle, à proximité de la D901, est submergée par des hauteurs de 1 m.

B.V IDENTIFICATION DES ENJEUX

Une analyse des enjeux sur l'ensemble de la commune des Vans a été réalisée dans la phase 1 de la présente étude. Il s'agit ici de recenser uniquement les enjeux impactés pour les différentes occurrences de crues modélisés.

L'analyse des enjeux a été réalisée à l'aide de la couche BATIMENT du cadastre de 2015. On distingue les catégories suivantes :

- les bâtiments publics, les ERP, les lieux de culte et les équipements (sportifs, culturels,...),
- les logements
- les commerces, les entreprises et les industries,
- les bâtiments agricoles.

Il faut noter que le lavoir est intégré dans la catégorie bâtiments publics.

Les bâtiments ont été recensés dès qu'ils étaient affectés par une hauteur d'eau de 10 cm. Les résultats par type d'enjeux sont consignés dans le Tableau 9 (a et b).

(a) Les Vans

Type de bâtiment	Nombre d'enjeux dans l'emprise du modèle	Occurrence de crue		
		T = 30 ans	T = 100 ans	T = 1000 ans
Bâtiments publics, ERP, etc..	17	7	7	7
Logement	909	289	299	355
Commerces, entreprises	145	76	81	96
Bâtiments agricoles	1	0	0	0
TOTAL	1072	372	387	458

(b) La Combe de Mège

Type de bâtiment	Nombre d'enjeux dans l'emprise du modèle	Occurrence de crue		
		T = 30 ans	T = 100 ans	T = 1000 ans
Logement	18	8	11	14

Tableau 9 : Recensement des enjeux localisés dans l'emprise du modèle et nombre d'enjeux impactés par les crues pour différentes occurrences.

Sur le secteur des Vans 372 et 387 bâtiments sont impactés par une crue d'occurrence trentennale et centennale respectivement. Parmi ces bâtiments, 7 sont des établissements publics. Il s'agit de :

- La caserne des pompiers,
- Le centre des Finances Publiques
- La gendarmerie
- La salle des fêtes
- L'espace sportif
- L'école privée (2 bâtiments)

Sur le secteur de la Combe de Mège, sur les 18 habitations présentes dans l'emprise du modèle, 8 sont impactées par une crue d'occurrence trentennale, 11 par une crue d'occurrence centennale et 14 par la crue exceptionnelle. Il faut noter que les maisons localisées chemin Ygresière / La Coste visibles sur Google Earth en 2016 n'ont pas été prises en compte dans le modèle car elles n'apparaissaient pas sur la couche du cadastre disponible au moment de la construction du maillage du modèle.

B.VI POPULATION EXPOSEE

La population exposée au risque inondation est estimée avec le ratio d'occupation des logements issu de la base de données statistiques INSEE de 2013 sur la commune des Vans¹. Le nombre moyen d'occupants par résidence principale est de 2 personnes.

¹ https://www.insee.fr/fr/statistiques/2020739#tableau-FAM_G1

La population exposée au risque inondation pour les différentes occurrences de crue est détaillée dans le Tableau 10.

Population exposée	Occurrence de crue		
	T = 30 ans	T = 100 ans	T = 1000 ans
Les Vans	578	598	710
La Combe de Mège	16	22	28
TOTAL	594	620	738

Tableau 10 : Population exposée au risque inondation

594 personnes sont ainsi exposées à une crue d'occurrence trentennale et 620 à une crue d'occurrence centennale.

C. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA

C.I PRINCIPES GENERAUX

L'objectif de la cartographie de l'aléa est de définir une sectorisation des zones inondées de la commune en fonction de divers critères pour y associer un règlement sur l'occupation des sols. Ce règlement a pour objet de ne pas augmenter l'aléa inondation (par remblaiement, par obstruction d'axes d'écoulement) et de limiter, voire d'interdire l'implantation de nouveaux enjeux dans cette zone inondable (construction d'habitations par exemple).

Pour cartographier l'aléa, il faut définir l'événement de référence (qui donne l'emprise des zones inondables) et une grille d'analyse des zones inondables associées à cet événement (critère de hauteur et/ou de vitesse) permettant de qualifier l'aléa de faible, modéré ou fort.

L'aléa de référence correspond à la plus forte valeur entre la crue historique et la crue centennale calculée par méthode statistique.

La grille de croisement hauteur-vitesse utilisée dans la carte d'aléa se base sur des éléments physiques qui précisent les capacités d'une personne à évoluer dans un champ d'inondation (Illustration 6).

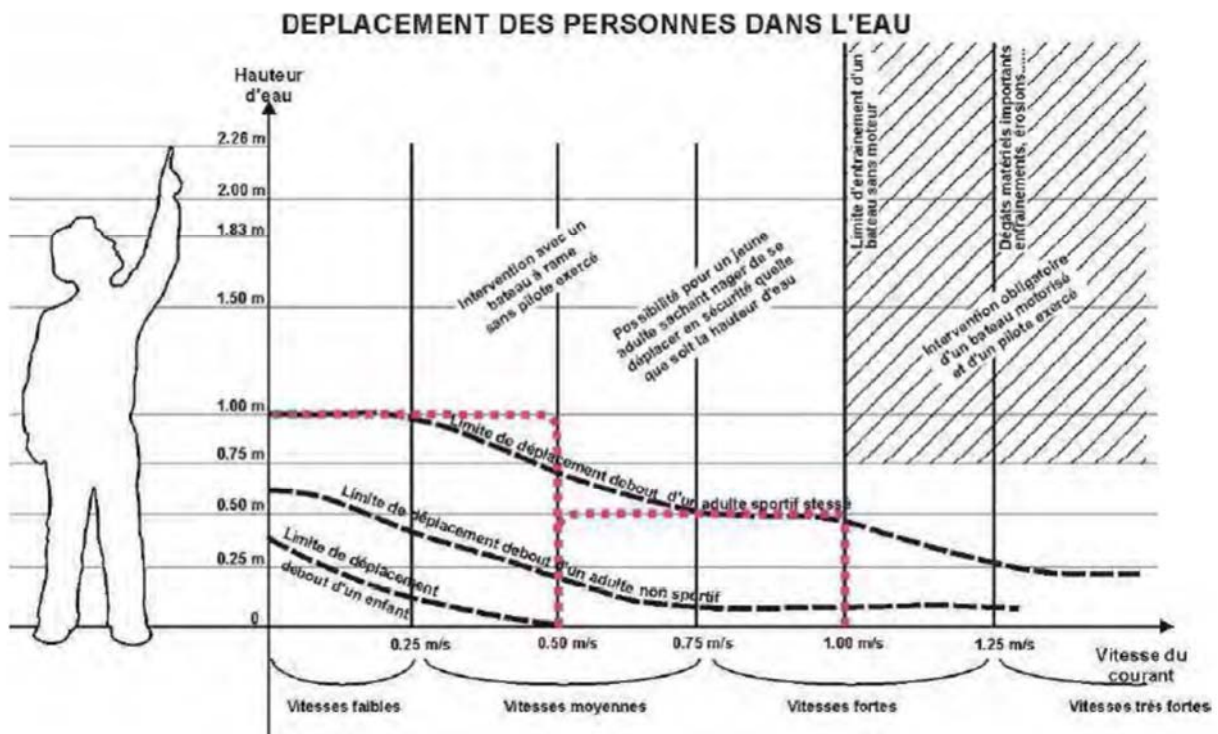


Illustration 6 : Schéma des conditions de déplacement de personnes dans l'eau

A partir de ces éléments, des seuils d'intensité ont été définis et sont utilisés dans le classement de l'aléa. En Ardèche, les services de la DDT ont défini une grille d'aléa pour les inondations par débordement de cours d'eau qui distingue 3 types d'aléas : « faible », « moyen » et « fort » dont les seuils correspondants sont donnés sur l'illustration n°7.

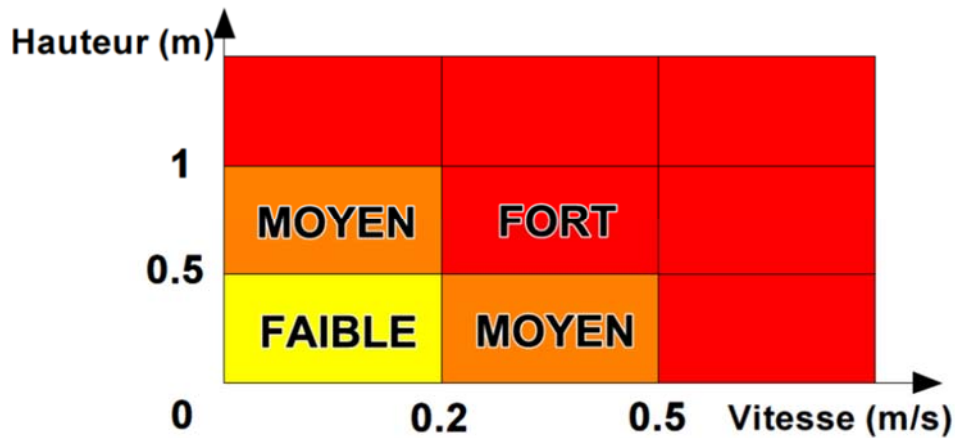


Illustration n°7 : Classification de l'aléa en fonction du croisement des hauteurs de submersion et des vitesses d'écoulement (DDTM 07)

A titre informatif, il est précisé que certains départements tel que le Gard distingue les inondations par débordement de cours d'eau, des inondations par ruissellement pluvial en mettant en œuvre des grilles de caractérisation de l'aléa distinctes. Cette distinction permet d'avoir des réglementations adaptées pour chaque aléa. Dans la présente étude, alors que nous traitons des inondations par ruissellement, nous avons utilisé la grille d'aléa de la DDT de l'Ardèche pour les inondations par débordement de cours d'eau.

De notre point de vue, il serait nécessaire de rencontrer les services de l'état pour caler avec eux les critères à retenir pour la caractérisation de l'aléa « ruissellement ».

C.II DEFINITION DE L'ALEA PAR RUISSELLEMENT PLUVIAL

Planche n°6 : Zonage de l'aléa sur la commune

L'aléa de référence retenu sur la commune des Vans est la crue centennale.

La modélisation hydraulique donne des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement sur l'ensemble de la zone modélisée et permet de connaître l'aléa inondation. Cet aléa fait l'objet de la planche no. 6 et ne prend pas en compte le risque inondation par débordement du Chassezac traité dans le cadre du PPRI de la commune des Vans.

Un projet de réglementation de l'utilisation de l'espace inondé associé au risque inondation par **ruissellement pluvial** est produit en phase 5 de la présente étude.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Débits de pointe des bassins versants	30
Annexe 2 : Code de calcul SW2D	30

Annexe 1 : Débits de pointe des bassins versant

Débits de pointe des bassins versants sur le secteur des Vans

Bassin versant	Superficie (ha)	Débit de pointe (m ³ /s)				
		5 ans	10 ans	30 ans	100 ans	2014
43	1.86	0.42	0.49	0.59	0.72	0.18
44	3.317	0.74	0.88	1.06	1.28	0.32
45	5.662	1.27	1.5	1.8	2.18	0.47
23	6.41	1.43	1.69	2.04	2.47	0.53
22	1.426	0.32	0.38	0.46	0.56	0.12
19	1.992	0.45	0.53	0.63	0.77	0.16
119	356.071	36.87	44.15	54.87	68.94	17.8
35	4.551	1.02	1.20	1.45	1.75	0.37
42	4.917	1.1	1.31	1.57	1.9	0.4
40	7.427	1.66	1.96	2.37	2.86	0.61
39	6.846	1.53	1.81	2.18	2.64	0.56
38	10.267	2.3	2.71	3.27	3.96	0.84
41	5.401	1.21	1.43	1.72	2.08	0.61
37	82.554	12.45	14.81	18.14	22.38	7.11
36	6.343	1.52	1.8	2.17	2.62	0.77
46	0.923	0.23	0.27	0.33	0.4	0.09
48	1.823	0.7	0.83	1	1.21	0.26
47	0.615	0.16	0.19	0.23	0.28	0.06
49	0.954	0.23	0.28	0.33	0.4	0.09
5	1.789	0.44	0.52	0.63	0.76	0.19
7	4.067	1	1.18	1.42	1.72	0.43
127	7.44	1.83	2.16	2.6	3.15	0.79
50	14.178	3.49	4.12	4.97	6.01	1.51
51	2.538	0.62	0.74	0.89	1.08	0.27

Débits de pointe des bassins versants sur le secteur La Combe de Mège

Bassin versant	Superficie (ha)	Débit de pointe (m ³ /s)				
		5 ans	10 ans	30 ans	100 ans	2014
1001	31.5	7.04	8.31	10.02	12.13	2.6
1002	5.4	1.2	1.42	1.71	2.07	0.44
1003	10.7	2.38	2.82	3.4	4.11	0.88
1004	9.2	2.05	2.42	2.92	3.53	0.76
1005	45	10.51	12.42	14.98	18.12	3.89
1006	24.4	5.45	6.44	7.76	9.39	2.01
1007	29.1	6.52	7.7	9.28	11.23	2.41
1008	7.5	1.68	1.98	2.39	2.89	0.62
1009	5.9	1.32	1.56	1.89	2.28	0.49
1010	9.7	2.17	2.57	3.1	3.75	0.8

Annexe 2 : Description du code de calcul SW2D

	Descriptif de logiciel	Fiche n°
	SW2D	12

Description	SW2D (Shallow Water 2D) est un logiciel de modélisation hydraulique permettant de simuler les écoulements de surface en 2 dimensions (X, Y). Il est développé par V. GUINOT du laboratoire Hydrosociences de l'université de Montpellier II et professeur à POLYTECH'Montpellier. Couplé à un logiciel SIG, SW2D permet des rendus de qualité pouvant porter un secteur en particulier ou l'ensemble d'une ville.
--------------------	---

I. GENERALITÉS SUR SW2D

SW2D est un modèle multi-processus pour la simulation des écoulements à surface libre à différentes échelles spatiales. Les processus modélisés sont les suivants :

- précipitation et infiltration (2 modèles) distribuées dans l'espace et le temps,
- écoulements à surface libre,
- réseau pluvial enterré et aérien,
- structures (déversoirs, orifices) pouvant relier les deux côtés d'une limite imperméable,
- échanges avec et stockage dans le bâti (caves, cours et jardins, etc.)

Ainsi ce logiciel traite le problème des écoulements d'un cours d'eau dans sa totalité.

II. METHODE UTILISÉE PAR SW2D

II.1. Equations résolues

Les équations reposent sur les lois fondamentales et fournissent les variations spatio-temporelles des variables d'état en fonction des conditions initiales et conditions aux limites, par l'intermédiaire de paramètres.

Les modèles mécanistes tels que SW2D sont basés sur les équations de Barré de Saint-Venant, système simplifié des équations de Navier-Stokes utilisé lorsque la composante verticale de la vitesse est faible par rapport aux deux composantes horizontales.

Le logiciel SW2D résout les équations de l'hydrodynamique à surface libre en deux dimensions d'espace : selon X et Y. Ces équations sont modifiées par rapport aux équations de Saint-Venant classiques, afin de prendre en compte un certain nombre de phénomènes que les équations de Saint-Venant ne permettent pas de représenter.

Les processus modélisés par le logiciel sont les suivants :

- propagation des ondes longues (Saint-Venant) en deux 2D avec porosité ;
- diffusion de la quantité de mouvement ;
- frottement sur le fond ;
- pertes de charges singulières ;
- précipitations sur la topographie ;
- infiltration ;
- échange avec le bâti.

Les équations résolues par le modèle SW2D sont de la forme :

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial G}{\partial y} = S \quad (1)$$

Avec :

$$U = \begin{bmatrix} \phi h \\ \phi uh \\ \phi vh \end{bmatrix}, \quad F = \begin{bmatrix} \phi uh \\ \left(hu^2 + g \frac{h^2}{2} \right) \phi \\ \phi uvh \end{bmatrix}, \quad G = \begin{bmatrix} \phi uh \\ \phi uvh \\ \left(hv^2 + g \frac{h^2}{2} \right) \phi \end{bmatrix} \quad (2)$$

Où g est l'accélération de la pesanteur,
 h est la profondeur d'eau,
 u et v sont les vitesses selon x et y respectivement
 ϕ est la porosité

Le terme source est défini par :

$$S = \begin{bmatrix} P - I - E \\ (S_{0,x} - S_{f,x})\phi gh + \phi u \epsilon (P - I - E) \\ (S_{0,y} - S_{f,y})\phi gh + \phi v \epsilon (P - I - E) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Où E est le terme d'échange avec le bâti

I le taux d'infiltration

P l'intensité de pluie

$S_{0,x}$ et $S_{f,x}$ sont les pentes du fond et de la ligne d'énergie dans la direction x (notation similaire pour la direction y)

ϵ est donné par

$$\epsilon = \begin{cases} 0 & \text{si } P - I - E \geq 0 \\ 1 & \text{si } P - I - E < 0 \end{cases}$$

Les termes de pente du fond et de frottement sont donnés par :

$$S_{0,x} = \phi \frac{\partial z_b}{\partial x} + \frac{h}{2} \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (4)$$

$$S_{f,x} = \frac{\|u\|}{Kh^{4/3}} u + \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}$$

Où K est le coefficient de Strickler

Les termes M_{ij} du tenseur de pertes de charge représentent les pertes de charge singulières causées par le tissu urbain.

Remarque :

Les équations résolues par SW2D sont les équations classiques de Saint-Venant 2D auxquelles sont ajoutés des termes sources caractéristiques des écoulements en milieu urbain :

- précipitations (P) ;
- infiltration pour les sols perméables (I) ;
- échange avec les bâtis : les capacités éventuels de rétention dans les bâtis sont modélisés par ce terme ;
- pertes de charge singulières dues aux éléments du milieu urbain.

Seuls les termes de frottement visqueux et turbulent sont négligés, ces termes étant négligeables par rapport aux autres termes dans le cas d'écoulement à surface libre en milieu urbain.

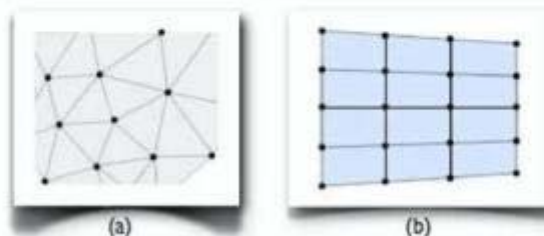
II.2. Méthode de résolution

Ces équations sont ensuite résolues selon la méthode dite des « volumes finis », qui se décompose en plusieurs étapes :

- l'espace est discrétisé en des petits volumes disjoints (en surfaces dans le cas d'espace) ;
- les équations précédentes sont intégrées sur ces volumes (les équations obtenues sont les équations d'Euler) ;
- ces équations sont discrétisées puis résolues sur chaque petit volume à l'aide d'un solveur de Riemann qui fournit des solutions aux équations d'Euler.

Remarques :

1. Les équations résolues par SW2D sont les équations de Navier-Stokes sous forme conservative. Cette forme d'équations (par opposition aux équations non-conservatives) associée à la méthode des « volumes finis » préserve la propriété de conservation du débit lors de la résolution des équations discrétisées. La conservation du débit n'est pas systématique avec les autres méthodes. Par exemple, la méthode des éléments finis (utilisée par Telemac2D) ne prend pas nécessairement en compte cette loi de conservation, et les codes de calculs utilisant cette méthode doivent intégrer une vérification de cette propriété dans leurs algorithmes de résolution.
2. Ces équations intègrent un modèle de porosité et un modèle de perte de charge singulière (voir équation (5)) offrant une méthode alternative lors de la simulation d'écoulements en milieu urbain :
 - Dans la méthode de modélisation 2D classique, la géométrie des singularités est définie avec une certaine précision et les bâtiments sont considérés comme des frontières imperméables. Cette méthode nécessite d'avoir un grand nombre d'éléments en milieu urbain, et implique des temps de calcul conséquents, voire rédhibitoires dans certains cas.
 - Le modèle à porosité permet une modélisation 2D dite «macroscopique» dans laquelle le milieu urbain et ses éléments caractéristiques (voiries, bâtiments) sont représentés par l'intermédiaire de leurs propriétés moyennes : porosité et perte de charge due aux singularités. Avec cette méthode, le milieu urbain peut être représenté par des mailles de grande taille, offrant un temps de calcul moindre. À noter que dans cette méthode, les lois de conservation sont également respectées.
3. Le maillage utilisé par SW2D est de type « non-structuré » : les éléments du maillage sont des triangles ou des quadrilatères. Ce type de maillage présente l'avantage de s'adapter à n'importe quel type de géométrie et est donc adapté à la représentation d'un milieu urbain.



Maillages non structuré (a) et structuré (b)

III. RENDU ET INTERACTIVITÉ

III.1. Rendu SW2D

SW2D fournit des tableaux présentant au centre de chaque maille les données X, Y, Z.

X, Y étant les coordonnées du centre de chaque maille.

Z peut être la hauteur d'eau, la cote de la ligne d'eau, les débits unitaires selon x et y, la norme de la vitesse, la vitesse selon x et y, le nombre de Froude et le nombre de Courant.

III.2. Couplage SIG

Les tableaux de données issus de SW2D peuvent être lus par n'importe quel logiciel SIG, notamment Mapinfo et Qgis.

Cette interactivité permet la visualisation rapide :

- des zones inondables,
- des enjeux impactés,
- de l'impact des aménagements,
- ...