



G2C ingénierie

Parc d'activité Point Rencontre
2, avenue Madeleine Bonnaud
13770 VENELLES
Tel : 04 42 54 00 68
Fax : 04 42 54 06 79

Géorives

250 chemin de Vermenay
38680 Saint-André-en-Royans
Téléphone : 09 67 44 34 14



**SCHEMA DE GESTION DES EAUX PLUVIALES
PHASE 2**

Juillet 2016

Identification du document

Elément		
Titre du document	Schéma directeurs des eaux pluviales	
Nom du fichier	E15214HPS Phase 2	
Version	Version 1	
Rédacteur	MPI / REG	
Vérificateur	SN	
Chef d'agence	SN	

Sommaire

1. PREAMBULE	7
2. SYNTHESE DE L'ETUDE PREALABLE	8
2.1. Présentation sommaire de la zone d'étude.....	8
2.1.1. Occupation du sol et urbanisation.....	8
2.1.2. Organisation des écoulements	8
2.1.2.1. Le réseau hydrographique principal	8
2.1.2.2. Les bassins versant ruraux.....	11
2.1.2.3. Les bassins versant urbains	11
2.1.2.4. Prés-diagnostic hydraulique	14
2.1.3. Zone à risques	14
3. DIAGNOSTIC QUANTITATIF	16
3.1. Pluies de projets utilisées pour le diagnostic quantitatif	16
3.2. Les outils de modélisation mis en œuvre	17
3.2.1. Modèles hydrologiques retenus	17
3.2.1.1. Prise en compte du référentiel hydrologique de l'Argens	17
3.2.1.2. Le réservoir linéaire	20
3.2.1.3. Synthèse et choix d'un modèle hydrologique	22
3.2.2. Modèle hydraulique mis en œuvre.....	23
3.2.2.1. Modélisation en centre urbain.....	23
3.2.2.2. Modélisation 1D/2D des écoulements en régime permanent pour les autres secteurs à enjeux	24
3.3. Diagnostic du réseau de collecte des eaux pluviale en centre urbain	24
3.3.1. Réseaux modélisés.....	24
3.3.2. Les caractéristiques des sous bassins versants urbains modélisés	24
3.3.3. Hypothèses considérées pour le modèle hydraulique	27
3.3.4. Présentation des résultats	27
3.3.5. Synthèse du diagnostic	31
3.4. Diagnostic en régime permanent des autres secteurs à enjeux.....	32
3.4.1. Secteurs modélisés.....	32
3.4.2. Les caractéristiques des bassins versants modélisés	35
3.4.3. Débit de crue modélisé pour les différentes occurrences	36
3.4.4. Hypothèses considérées pour le modèle hydraulique	37
3.4.5. Synthèse des résultats obtenus.....	37
4. DIAGNOSTIC QUALITATIF DES REJETS	42
4.1. Méthodologie	42
4.1.1. Préambule.....	42
4.1.2. Type de pollution à considérer.....	43
4.1.3. Qualité du milieu naturel à considérer	44
4.2. Mesures réalisées par temps de pluie	45

4.3. Estimation de la pollution au milieu par temps de pluie.....	46
4.4. Impact des rejets pluviaux urbains sur la qualité du cours d'eau	47
5. SYNTHESE ET ORIENTATION	49
5.1. Cadre de réflexion	49
5.1.1. SDAGE RM / PGRI RM	49
5.1.2. PAPI.....	50
5.1.3. La norme NF EN 752-2	51
5.2. Orientations pour la phase 3	52
6. ANNEXES	53
6.1. Notice SIG des tables fournies en phase 2	53

Liste des figures et des tableaux

Figure 1 : Répartition de l'occupation des sols sur le territoire communal	8
Figure 2 : Carte d'occupation du sol	9
Figure 3 : Carte du réseau hydrographique	10
Figure 4 : Carte des bassins versants ruraux	12
Figure 5 : Carte des bassins versant urbains	13
Figure 6 : Répartition des diamètres des canalisations d'eau pluviale	14
Figure 7 : Carte des secteurs à risque vis-à-vis du pluvial	15
Figure 8 : Méthode de Desbordes	16
Figure 9 : Relation de la superficie du bassin versant avec l'estimation du débit de pointe - Extrait du référentiel hydrologique	17
Figure 10 : Les sous bassins versants urbains	19
Figure 11 : Hydrogramme de ruissellement	21
Figure 12 : Schéma explicatif de l'injection de l'hydrogramme	23
Figure 13 : Légende des résultats de la simulation SWMM	27
Figure 14 : Simulation état actuel T5ans	28
Figure 15 : Simulation état actuel T10ans	29
Figure 16 : Simulation état actuel T30ans	30
Figure 17 : Secteur a enjeux sur le Figueiret défini par le plan d'action et de prévention des inondations de 2014	32
Figure 18 : Carte de situation des secteurs à problèmes pour T30 ans	33
Figure 19 : MNT du modèle 2D	34
Figure 20 : Localisation des profils en travers de la Florière	35
Figure 21 : Aléa représenté pour le Figueiret - Peyron	37
Figure 22 : Aléa Figueiret – Peyron pour la période de retour T10	38
Figure 23 : Aléa Figueiret – Peyron pour la période de retour T100	39
Figure 24 : Aléa Figueiret – Peyron pour la période de retour T1000	40
Figure 25 : Aléa Floriere pour la période de retour T100	41
Figure 26 : Hauteur de pluie en fonction de la fréquence pour des cumuls de pluie sur 1h et 24h	42
Figure 27 : Paramètres physico-chimiques analysables pour la qualité d'une eau	43
Figure 28 : Localisation du point d'analyse de la qualité de l'Argens	44
Figure 29 : Localisation des points de prélèvement pour analyse ponctuelle de la qualité	45
Figure 30 : Courbes de tendances des concentrations en fonction de la perméabilité du sol	46
Figure 31 : Concentration utilisées pour la suite de l'étude qualitative	47
Figure 32 : ZEC identifiées dans le PAPI	52

Tableau 1 : Caractéristiques des bassins versants ruraux	11
Tableau 2 : Caractéristiques des bassins versants urbains	11
Tableau 3 : Liste des secteurs à problèmes sur la commune de Flayosc	14
Tableau 4 : Tableau des coefficients de Montana	16
Tableau 5: Tableau de calcul du débit de pointe par la méthode rationnelle du référentiel hydrologique de l'Argens pour les sous bassins versant urbains pour une pluie décennale	18
Tableau 6 : Tableau de comparaison du débit de pointe avec la méthode rationnelle et la méthode du réservoir linéaire pour les sous bassins versants urbains pour une pluie décennale.....	22
Tableau 7: Caractéristiques des bassins versants urbains	24
Tableau 8 : Caractéristiques des sous bassins versants urbains modélisés pour la situation actuelle pour une pluie de période de retour 5 ans.	26
Tableau 9: Coefficients de rugosité retenus pour le modèle	27
Tableau 10 : Volume débordé pour les différents temps de retour simulé et commentaires associés.....	31
Tableau 11 : Caractéristiques des bassins versants modélisés sur le Figueiret	35
Tableau 12 : Caractéristiques des bassins versants modélisés sur la Florière	35
Tableau 13 : Débits de crue calculés pour le Figueiret et le Peyron	36
Tableau 14: Débits spécifiques de la Florière	36
Tableau 15: Débits de crue calculés pour la Florière et le Saint-Lambert	36
Tableau 16 : Résultats d'analyse physico-chimique de l'Argens en amont du point de confluence	44
Tableau 17 : résultats des analyses terrain.....	45
Tableau 18 : Concentrations moyennes des eaux de ruissellement en fonction du type de sol.	46
Tableau 19 : Estimation des concentrations des bassins versants urbains	47
Tableau 20 : Tableau des charges polluantes par bassins pour une pluie hebdomadaire sur 1h.....	47
Tableau 21 : Résultat théorique sur la qualité en fonction des hauteurs d'eaux précipitées pour un cumul de pluie de 1h	48
Tableau 22 : Résultat théorique sur la qualité en fonction des hauteurs d'eaux précipitées pour un cumul de pluie de 24h	48
Tableau 23 : Norme NF EN 752-2	51
Tableau 24 : Objectifs ciblés des aménagements du PAPI.....	51

1. Préambule

La commune de Flayosc a souhaité lancer son schéma de gestion des eaux pluviales afin de bénéficier d'un outil d'aide à la décision pour accompagner ses réflexions urbanistiques. Cette étude doit donc apporter à la commune les données techniques et financières pour l'aider dans sa gestion des eaux pluviales, en vue d'optimiser le fonctionnement du système existant et les investissements futurs.

Les principales attentes du maître d'ouvrage sont :

1. La synthèse des plans existants et la mise à jour de ces derniers;
2. La cartographie des zones à risques vis à vis du ruissellement et de l'inondation sur l'ensemble du territoire ;
3. La définition des charges polluantes rejetées au milieu naturel par temps sec et temps de pluie et la sensibilité de ce dernier;
4. L'élaboration d'un programme d'actions et d'un schéma directeur privilégiant les mesures d'atténuation et de réduction des impacts ;
5. L'élaboration du plan de zonage des eaux pluviales ;
6. Un ensemble de recommandations applicables au document d'urbanisme

L'étude s'articule autour des phases suivantes :

- Phase I : Réalisation d'un état des lieux
- Phase II : Diagnostic du fonctionnement actuel de l'écoulement des eaux pluviales
- Phase III : Propositions d'aménagements en vue, d'une part de résoudre, ou du moins rendre acceptables, les dysfonctionnements mis en évidence dans la situation actuelle, et d'autre part d'accueillir les projets futurs,
- Phase IV : Réalisation du zonage d'assainissement des eaux pluviales et éléments de traduction au sein du PLU

Ce rapport constitue le rapport provisoire de phase 2.

2. Synthèse de l'étude préalable

2.1. Présentation sommaire de la zone d'étude

La zone d'étude couvre le territoire communal augmenté des superficies des bassins versants qui s'inscrivent dans le territoire communal. La commune de Flayosc possède une superficie totale de 4600 ha.

2.1.1. Occupation du sol et urbanisation

L'occupation des sols est répartis sur la commune de la façon suivante (Figure 2 : Carte d'occupation du sol)

- 3000ha de surface arborée soit 65% ;
- 1200ha de surface agricole soit 26% ;
- 415ha de surface d'habitat discontinu soit 9% ;



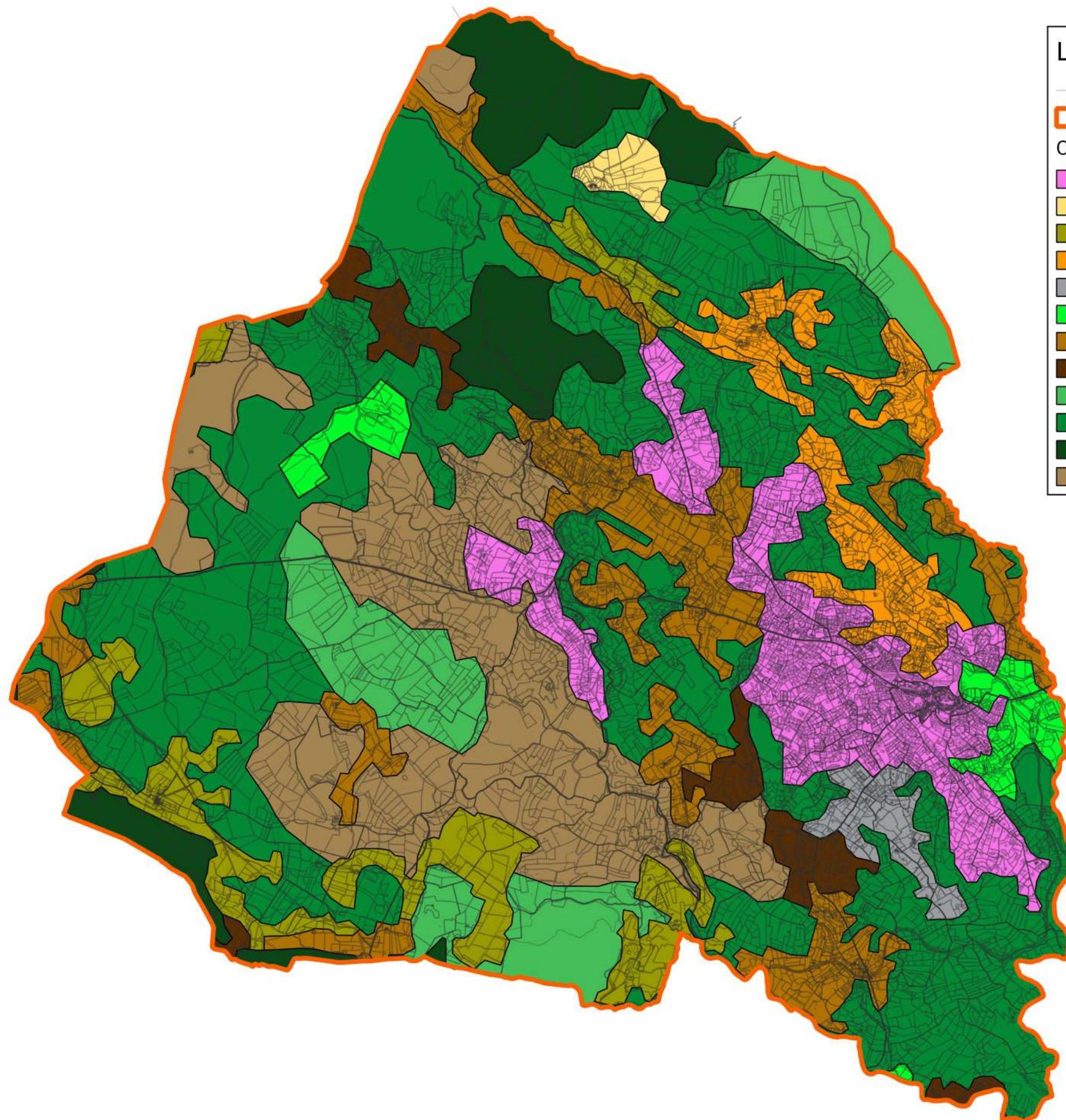
Figure 1 : Répartition de l'occupation des sols sur le territoire communal

2.1.2. Organisation des écoulements

2.1.2.1. Le réseau hydrographique principal

La commune de Flayosc est drainée par la Florière, le Rimalté et le Figueiret qui dessinent les trois principaux bassins versants. (Cf Figure 3 : Carte du réseau hydrographique)

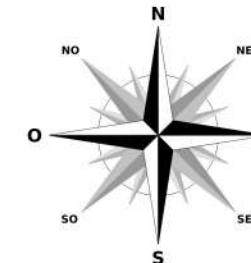
(Le Ruaou, dessine le quatrième bassin versant se trouvant sur le territoire de Flayosc mais dont l'exutoire et la majeure partie du bassin versant se trouve sur les territoires des communes voisines, Tourtour et Villecroze).



Légende

- Cadastre
- Contour de la commune
- Occupation du sol
- Tissu urbain discontinu
- Terres arables hors périmètres d'irrigation
- Vignobles
- Vergers et petits fruits
- Oliveraies
- Prairies
- Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants
- Forêts de Feuillus
- Forêts de conifères
- Forêts mélangées
- Végétation Sclérophylle

**Carte d' occupation du Sol
Commune de Flayosc**

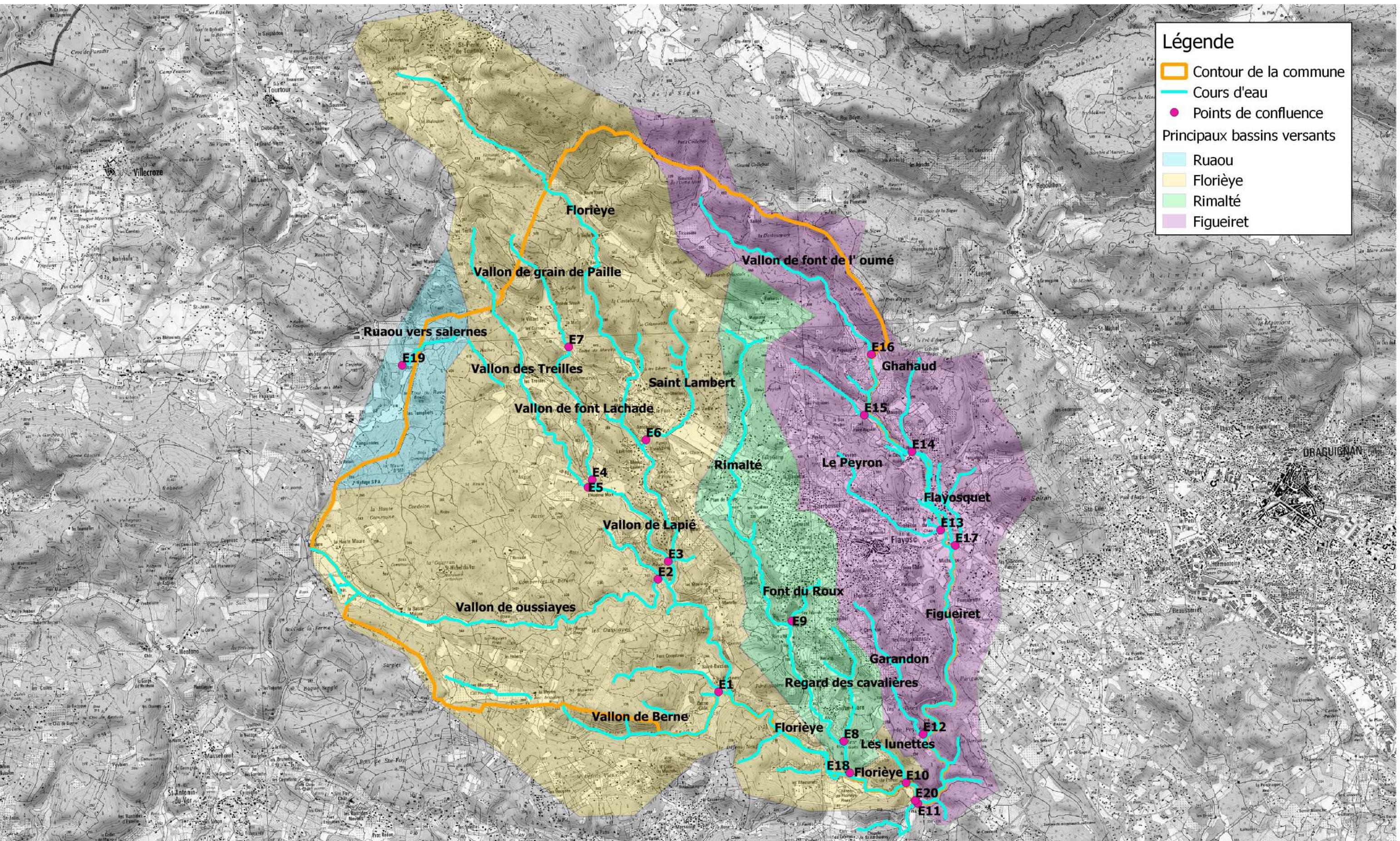


E15214

Echelle : 1/40 000

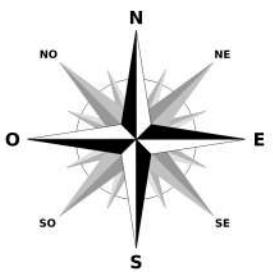
Réalisé par : MPI

Imprimé le 1/12/2015



Carte du réseau hydrographique

Bassins versants et points de confluence



E15214

Echelle : 1/45 000

Réalisé par : MPI

Imprimé le 2/12/2015



2.1.2.2. Les bassins versant ruraux

Les quatre principaux bassins versant ruraux sont découpés en 20 sous bassins versants présentés ci-dessous. (Cf **Erreur ! Référence non valide pour un signet.**).

ID Bassin	ID point de rejet	Superficie (ha)	Linéaire du plus long chemin hydraulique (ml)	Cote max	Cote min	pente moyenne (%)	Coefficient de ruissellement
BV1	E1	667	5300	360	220	2,6	0,26
BV2	E2	830	7000	410	280	1,9	0,24
BV3	E3	62	1530	320	300	1,3	0,36
BV4	E4	89	1800	420	310	6,1	0,28
BV5	E5	363	4500	600	320	6,2	0,24
BV6	E6	299	4000	680	330	8,8	0,32
BV7	E7	124	2200	600	410	8,6	0,24
BV8	E8	117	2000	310	180	6,5	0,29
BV9	E9	99	760	310	250	7,9	0,53
BV10	E10	30	950	240	150	9,5	0,21
BV11	E11	524	8000	460	160	3,8	0,30
BV12	E12	134	3800	360	180	4,7	0,37
BV13	E13	207	3300	420	240	5,5	0,46
BV14	E14	71	1600	360	270	5,6	0,30
BV15	E15	114	2400	540	310	9,6	0,27
BV16	E16	395	4300	760	350	9,5	0,22
BV17	E17	238	2900	380	230	5,2	0,27
BV18	E18	468	7000	540	180	5,1	0,34
BV19	E19	266	2000	510	350	8,0	0,23
BV20	E20	1496	137000	840	180	0,5	0,24

Tableau 1 : Caractéristiques des bassins versants ruraux

2.1.2.3. Les bassins versant urbains

La commune est découpée en 6 sous bassins versants urbains décrit ci-dessous :

Nom	ID Bassin	ID point de rejet	Superficie (ha)	Linaire du plus long chemin hydraulique (ml)	Pente moyenne (%)	Coefficient de ruissellement
Sud Village	BV1	E1	26,5	1554	6,6	0,48
Stade	BV2	E2	1,5	288	3,1	0,40
Nord Village	BV3	E3	10,6	870	5,6	0,50
Poustouron	BV4	E4	6,4	610	5,4	0,50
Camp Grenier	BV5	E5	51,1	1700	5,9	0,50
Les Sigalloux	BV6	E6	29,2	1100	7,5	0,46

Tableau 2 : Caractéristiques des bassins versants urbains

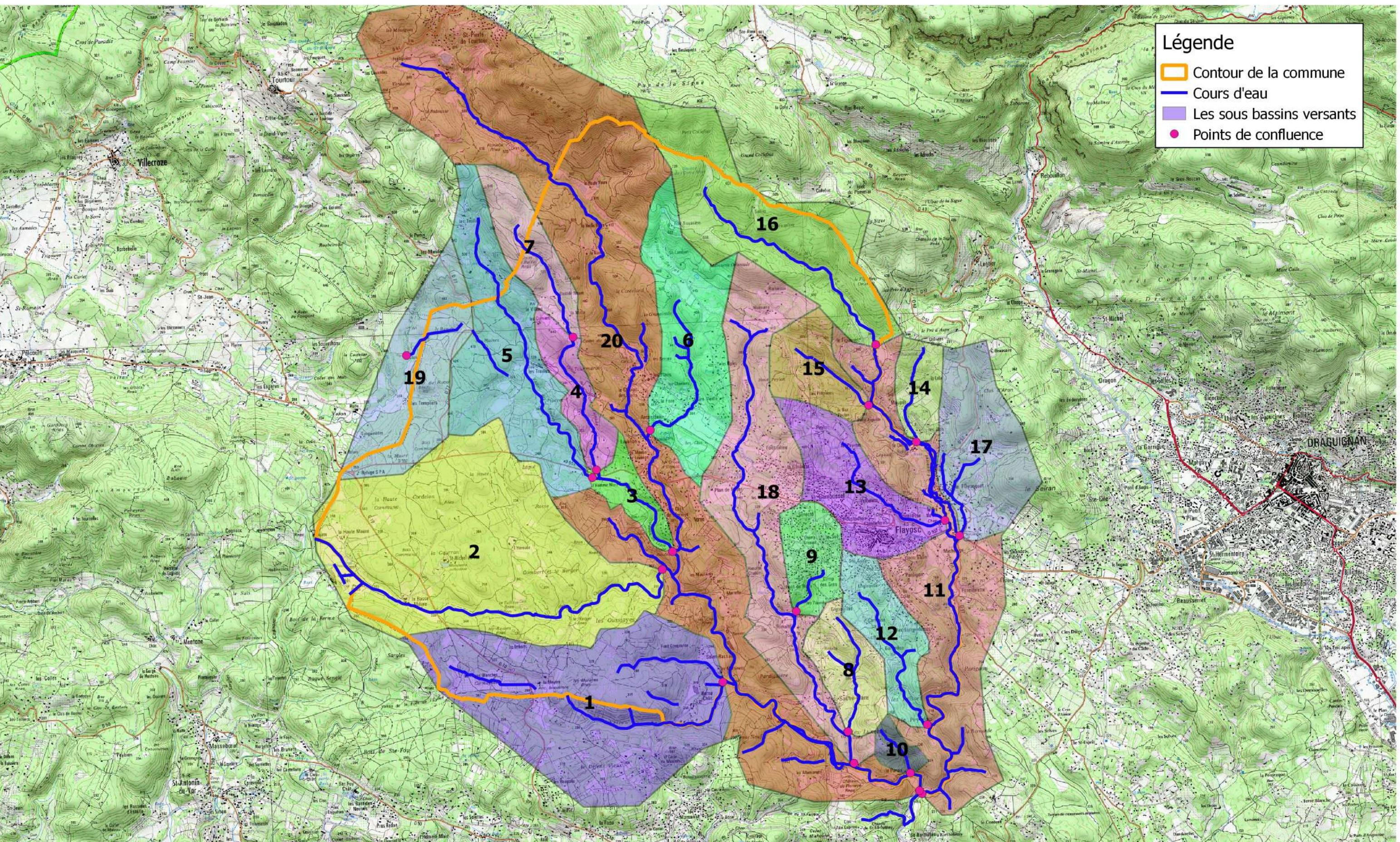
Pour chaque type de surface, le coefficient de ruissellement suivant a été retenu :

- 0,2 pour les espaces naturels ;
- 0,4 pour bâtis diffus et zone agricole ;
- 0,5 pour zone résidentielle ;
- 0,8 pour les surfaces imperméabilisées (tissu urbain, voirie, serre, autoroute).

Pour chaque bassin versant urbain, le coefficient de ruissellement est la moyenne des coefficients obtenus sur son territoire en fonction des aires occupées par chaque type d'occupation.

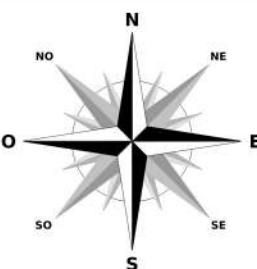
Légende

- Contour de la commune
- Cours d'eau
- Les sous bassins versants
- Points de confluence



Carte des sous bassins versants Commune de Flayosc

Bassins versants et points de confluence



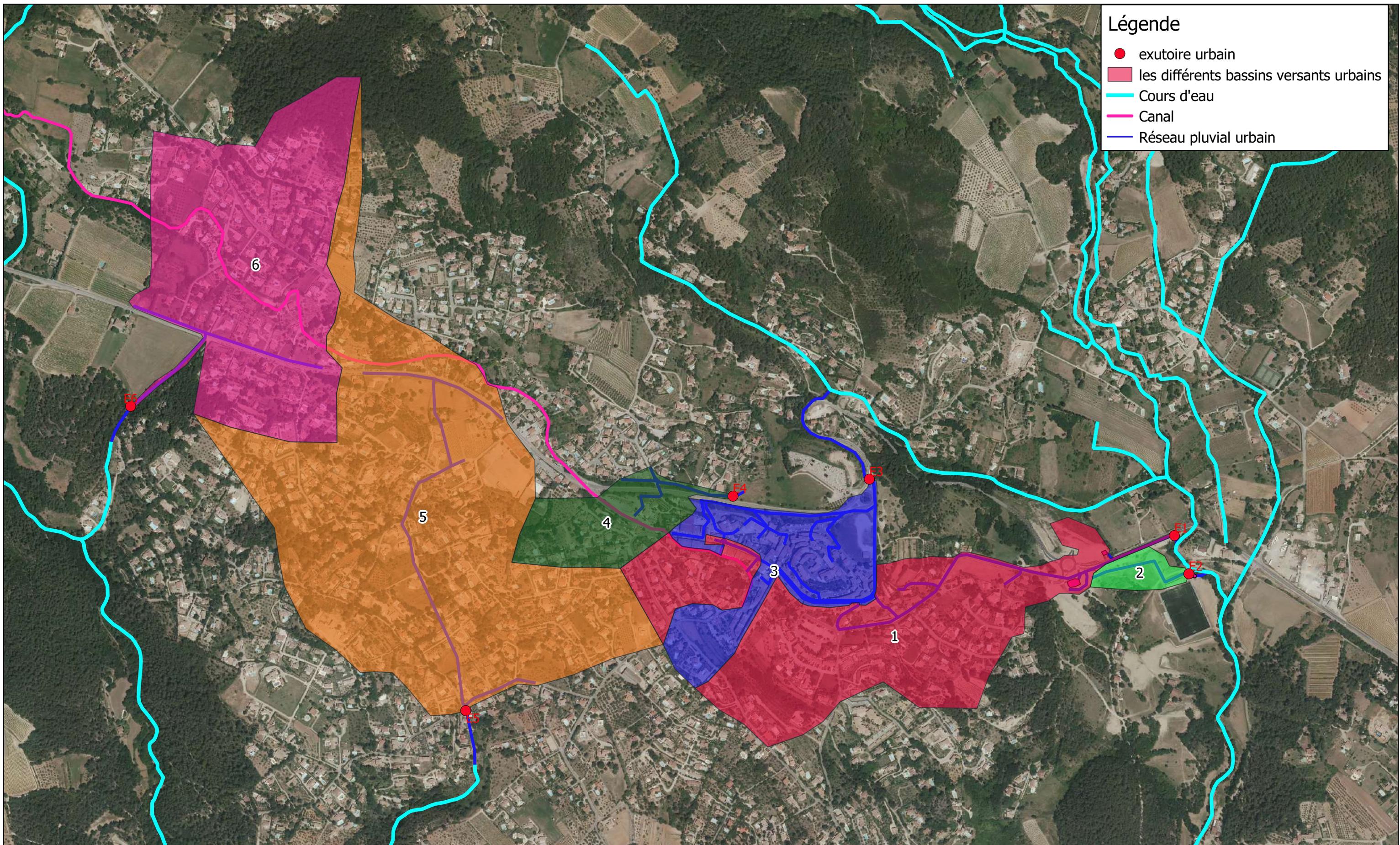
E15214

Echelle : 1/45 000

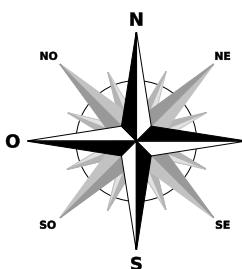
Réalisé par : MPI

Imprimé le 2/12/2015

G2C
environnement



**Carte des bassins versants urbains
Bassins versants urbains et exutoires**



E15214

Echelle : 1/8000

Réalisé par : MPI

Imprimé le 9/12/2015

G2C
environnement

2.1.2.4. Prés-diagnostic hydraulique

- Principales caractéristiques du réseau pluvial

Un relevé GPS du réseau pluvial en milieu urbain a été réalisé. Le réseau d'eau pluviale est composé d'environ 5,6 km de réseaux busés principalement au niveau du village. Ce réseau est principalement en béton (55%) et en PVC (45%). 65% du linéaire total est en DN300, 400 et 600mm.

Le réseau busé comprend :

- 57 aveloirs ;
- 140 grilles ;
- 94 regards ;

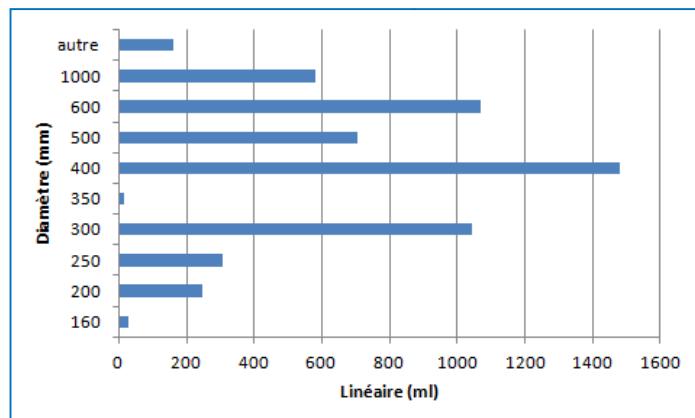


Figure 6 : Répartition des diamètres des canalisations d'eau pluviale

2.1.3. Zone à risques

Les secteurs problématiques vis-à-vis du risque de ruissellement et inondation ont été identifiés grâce à l'aide de la commune, et des habitants de Flayosc rencontrés lors des investigations de terrain, mais également grâce aux photos mis à notre disposition dans le cadre des inondations de 2010.

Après concertation avec la commune de Flayosc, lors de la réunion de phase 1, il a été décidé de retenir principalement 12 secteurs qui présentent des enjeux et aléa importants vis-à-vis des risques inondations.

Ces secteurs problématiques, concernant des secteurs urbains soit plus ruraux, sont localisés sur la Figure 7 : Carte des secteurs à risque vis-à-vis du pluvial.

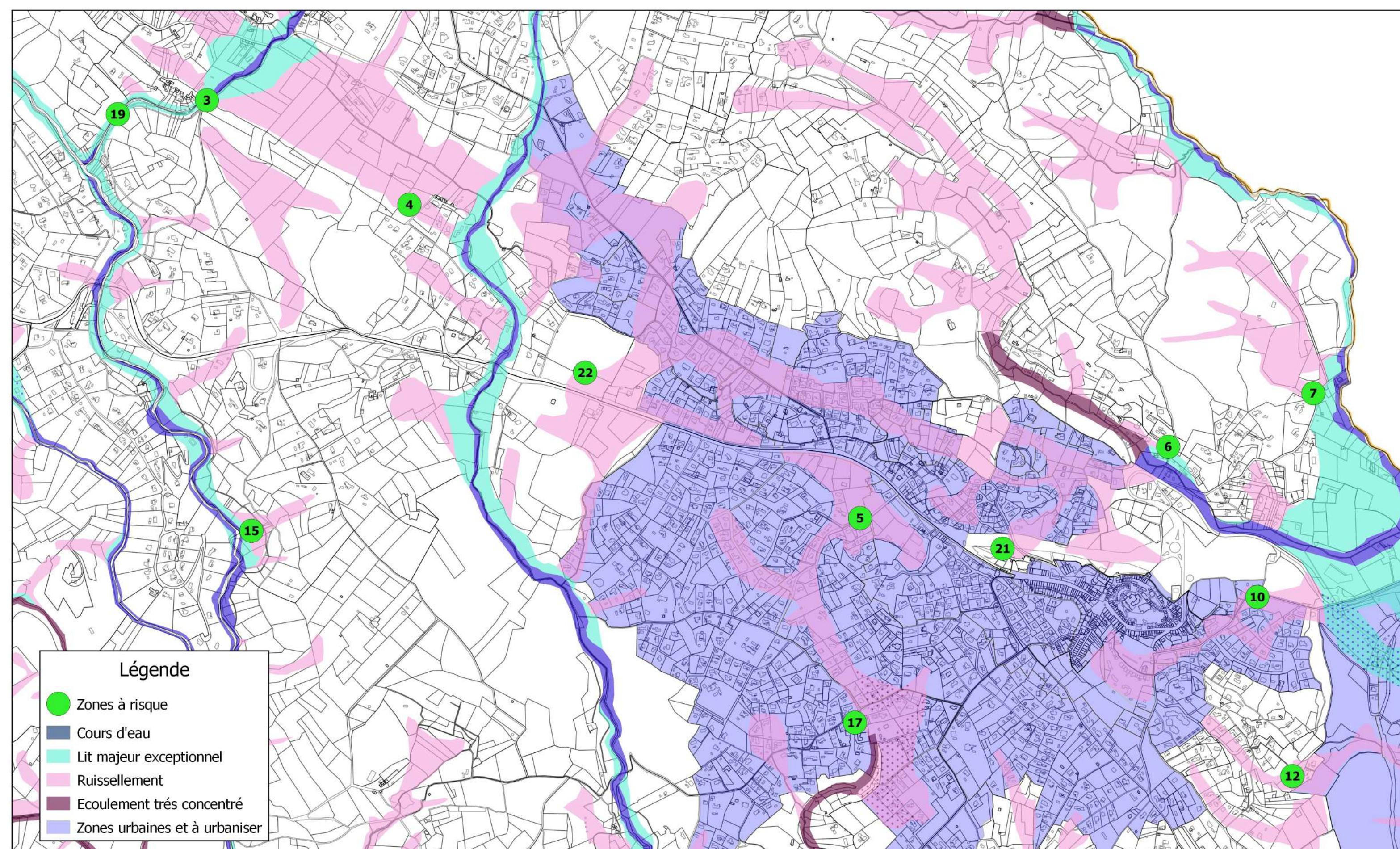
Les problématiques recensées ont pour origine probable :

- un sous dimensionnement des axes hydrauliques (naturels et/ou réseau pluvial) ;
- un sous dimensionnement des ouvrages de franchissement ;
- l'absence d'axe de collecte du ruissellement en cas d'événement intense.

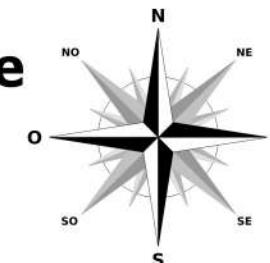
La commune de Flayosc est concernée par 12 secteurs problématiques (les ID des secteurs font référence à la carte présentée en page 39 du rapport de phase 1) :

ID	ID Secteur
3	Croix d'Espouis-Pontdefer
4	Les Clos
6	Valbelètes / Defens
7	Le Flayosquet
10	Avenue François Dol
15	Au Clos Florière
19	Pont Dalmasso
21	Route Peyron sous RD557
	Les Sigalloux
5	Chemin du stade
17	Font de Roux Nord
12	Chemin de Pardigon

Tableau 3 : Liste des secteurs à problèmes sur la commune de Flayosc



**Carte des secteurs problématiques vis-à-vis du risque
ruisselement et inondation**



E15214

Echelle : 1/10 000

Réalisé par : REG

Imprimé le 01/12/2016



3. Diagnostic quantitatif

Le diagnostic quantitatif a pour finalité l'élaboration d'un plan d'actions pour résoudre des principaux désordres hydrauliques sur les zones à risque (cf Figure 7 : Carte des secteurs à risque vis-à-vis du pluvial). Pour ce diagnostic, différents outils ont été utilisés, notamment pour préciser l'aléa sur certains secteurs à enjeux.

3.1. Pluies de projets utilisées pour le diagnostic quantitatif

Le diagnostic quantitatif nécessite de définir des pluies de projets. La méthode retenue pour l'établissement de la pluie de projet est la méthode de Desbordes, dite du double triangle (les événements pluvieux réels provoquant des désordres dans les réseaux d'assainissement pluvial sont généralement constitués d'une période de pluie intense relativement courte située à l'intérieur d'une séquence de pluie de quelques heures) :

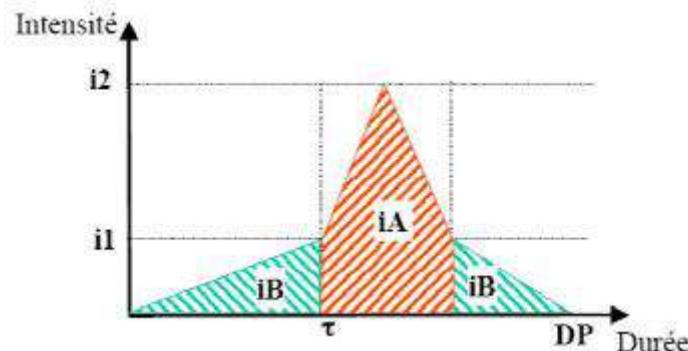


Figure 8 : Méthode de Desbordes

Avec :

durée totale de la pluie DP ($\approx 4\text{h}$)

phase intense, durée DM ($=0,5\text{h}$) : iA

phase peu intense, durée DP-DM, intensité moyenne iB

T=période de retour de dimensionnement (T=10ans)

T '=période de retour phase peu intense, T '=T.

Le paramètre fondamental de la pluie de projet est la durée de l'averse. En effet, elle doit correspondre au phénomène qui est le plus pénalisant au regard des débits à évacuer. En pratique, cette durée correspond au temps de concentration du bassin versant. Sur la zone d'étude la moyenne des temps de concentration des sous bassins versants est de l'ordre de 10 minutes.

Dans le cadre de cette étude, trois pluies de projet sont simulées avec des périodes de retour 5, 10 et 30 ans. Ces pluies de projet sont produites à partir des coefficients de Montana (a et b) de la station Météo-France du Luc de durée entre 6minutes et 24 heures.

Période de retour	a	b
5	6,723	0,588
10	7,192	0,57
20	7,481	0,55
30	7,544	0,536
50	7,618	0,519
100	7,606	0,494

Tableau 4 : Tableau des coefficients de Montana

Avec ces coefficients de Montana, on trouve une hauteur de pluie de 164 mm pour une pluie journalière décennale. Le référentiel hydrologique de l'Argens préconise un coefficient b de Montana de 0.64 qui permet de calculer une hauteur de pluie de 140 mm pour la même durée et période de retour que précédemment. Le référentiel indique que cette valeur possède une marge d'erreur d'environ 20%. Nous prendrons pour la suite de l'étude les coefficients de Montana de Météo-France qui sont en accord avec le référentiel hydrologique de l'Argens et qui permettent d'avoir une hauteur de pluie plus importante et donc un scénario plus défavorable pour les simulations de modélisation.

3.2. Les outils de modélisation mis en œuvre

La modélisation des écoulements comporte deux étapes :

- La modélisation hydrologique : modélisation du ruissellement de surface.
- La modélisation hydraulique : modélisation des écoulements en réseau par résolution des équations de Barré de Saint Venant ;

3.2.1. Modèles hydrologiques retenus

Une réflexion a été menée sur le modèle hydrologique à retenir entre les données du référentiel hydrologique et des méthodes consacrées comme le réservoir linéaire.

3.2.1.1. Prise en compte du référentiel hydrologique de l'Argens

Pour effectuer un modèle de type « Pluie-Débit », un calcul préalable du débit de pointe a été réalisé pour chaque sous bassin versant urbain (cf.

).

Ce débit de pointe est calculé par la méthode rationnelle comme indiqué par le référentiel hydrologique de l'Argens pour des bassins versants de moins de 5 km² :

$$Q_{10} = 0.278 \times R \times P_{10/tc} \times S$$

Avec Q en m³/s,

R : Coefficient de ruissellement,

P_{10/tc} : Intensité de la pluie décennale sur le temps de concentration du bassin versant (en mm/h),

S : Surface du bassin versant en km².

Comme indiqué précédemment (cf. 3.2), le calcul de l'intensité de la pluie décennale est réalisé avec les coefficients de Montana proposés par Météo-France.

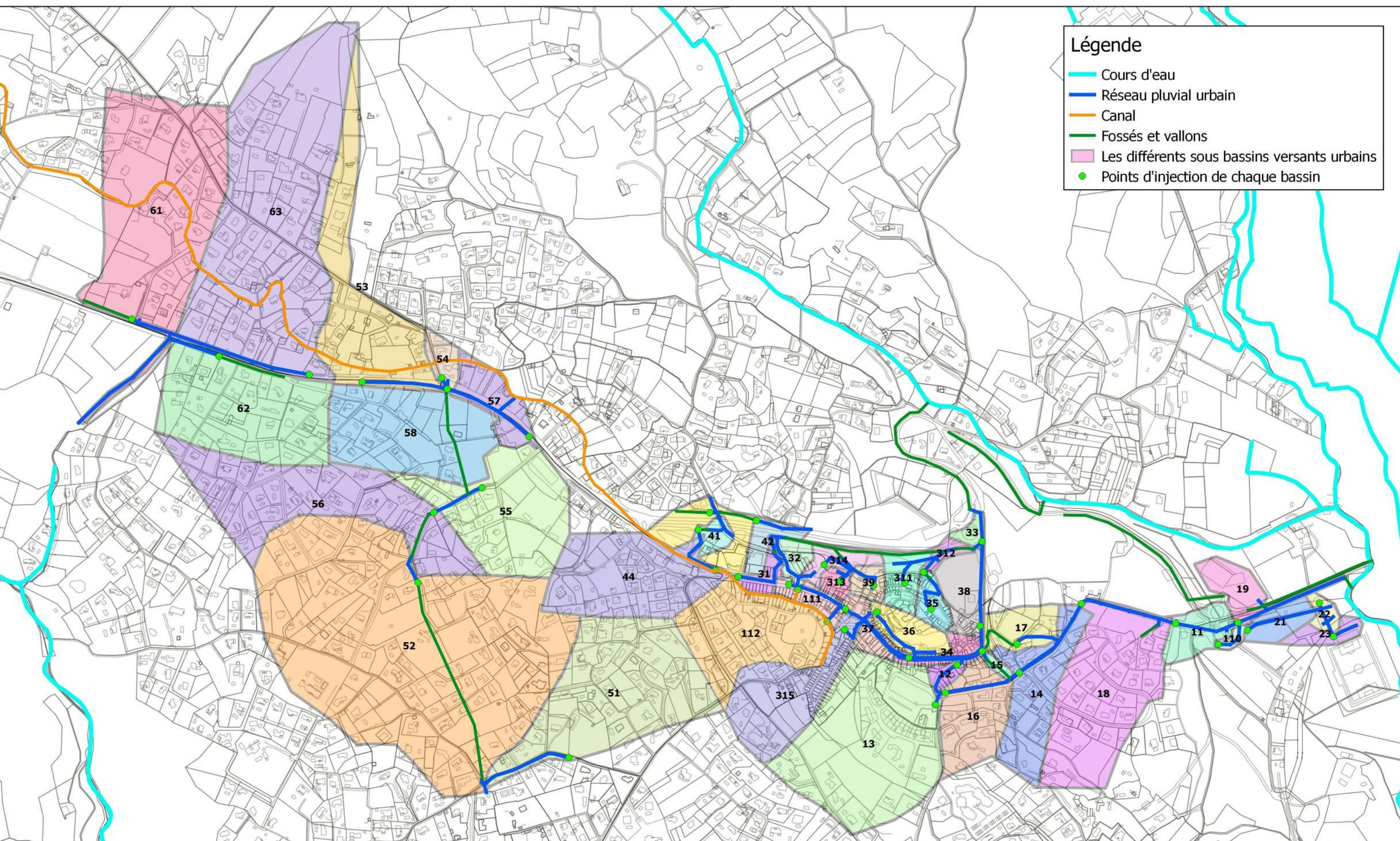
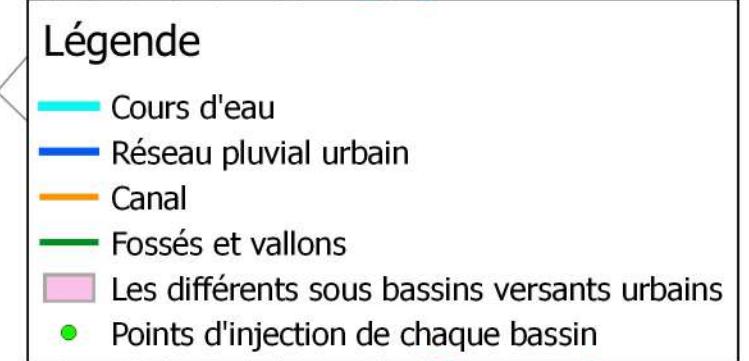
Les temps de concentration ont été estimés par rapport à une certaine vitesse d'écoulement de l'eau sur le plus long chemin hydraulique de chaque sous bassin versant urbain.



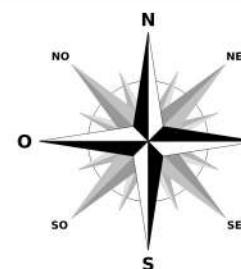
Figure 9 : Relation de la superficie du bassin versant avec l'estimation du débit de pointe - Extrait du référentiel hydrologique

ID Bassin versant	Surface (m ²)	Temps de concentration (min)	Coefficient de Ruisseaulement (%)	P _{10,tc}	Q _{pointe/ref} (m ³ /s)
31	4342	15.7	76.97	89.81	0.0834
32	4593	15.5	67.17	90.51	0.0776
111	5445	19.4	80.00	79.57	0.0964
37	5776	14.3	80.00	94.92	0.1219
315	31121	78.6	57.84	35.86	0.1795
34	5472	17.5	80.00	84.40	0.1027
15	1448	6.3	52.57	150.53	0.0319
38	12016	22.8	57.09	72.60	0.1384
33	2642	16.4	47.93	87.52	0.0308
36	9098	17.4	80.00	84.75	0.1715
12	2692	7.2	60.81	140.21	0.0638
18	56807	104.4	47.36	30.51	0.2282
11	10242	23.4	41.22	71.51	0.0839
314	6484	18.1	62.23	82.73	0.0928
313	2878	10.5	80.00	112.84	0.0722
39	4087	9.6	75.05	118.85	0.1013
311	7977	11.9	66.40	105.02	0.1546
312	2824	14.2	49.88	95.16	0.0373
35	5207	9.5	80.00	119.72	0.1386
19	10914	35.6	40.00	56.32	0.0684
110	1556	3.8	40.00	201.88	0.0349
21	7201	22.3	40.00	73.63	0.0590
22	3145	9.1	40.00	122.87	0.0430
23	4769	19.5	40.00	79.44	0.0421
17	10742	20.8	43.76	76.50	0.1000
13	75402	86.6	53.20	33.94	0.3785
55	49081	56.0	50.00	43.52	0.2969
56	64554	139.4	50.00	25.87	0.2321
51	70854	81.1	50.00	35.22	0.3469
44	44206	88.8	50.00	33.45	0.2055
41	3516	16.3	50.00	88.06	0.0430
45	13632	21.9	60.14	74.33	0.1694
57	13578	20.1	50.00	78.14	0.1475
58	48784	63.2	50.00	40.61	0.2754
53	51110	180.4	48.54	22.34	0.1541
54	5161	24.4	50.00	69.88	0.0501
42	5840	27.1	50.99	65.81	0.0545
112	39254	70.0	53.65	38.33	0.2244
63	139011	175.9	43.93	22.66	0.3847
61	95218	119.6	45.94	28.24	0.3434
62	57811	52.6	50.00	45.09	0.3623
52	207968	90.5	50.00	33.09	0.9567
16	22377	58.4	50.46	42.49	0.1334
14	27344	61.5	48.10	41.23	0.1508

Tableau 5: Tableau de calcul du débit de pointe par la méthode rationnelle du référentiel hydrologique de l'Argens pour les sous bassins versant urbains pour une pluie décennale



Carte des sous bassins versants urbains



E15214

Echelle : 1/6500

Réalisé par : MPI

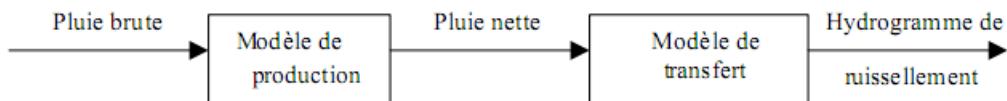
Imprimé le 5/01/2016



3.2.1.2. Le réservoir linéaire

Ce modèle hydrologique tient compte des bassins versant en amont du réseau pluvial et des ouvrages, dans le but de transformer la pluie en débit. Cette transformation est faite avec la méthode du simple ou double réservoir linéaire. Celle-ci revient à assimiler le bassin versant à un bassin de stockage dans lequel arrive la pluie et dont le débit de fuite représente le débit ruisselé à l'exutoire. Pour les bassins faiblement imperméabilisés le modèle hydrologique considéré est celui du double réservoir linéaire.

Le modèle hydrologique est décomposé en deux étapes : un modèle de production, qui permet de passer de la pluie brute à la pluie nette, et un modèle de transfert qui transforme la pluie nette en hydrogramme de ruissellement :



Ci-après les fonctions de production et de transfert utilisées dans la modélisation hydrologique :

- Fonction de production : modèle du réservoir linéaire

La fonction de production de ce modèle du réservoir linéaire est basée sur un coefficient de ruissellement constant. La relation peut s'écrire de la manière suivante :

$$Q = \frac{C \times i \times S}{360}$$

Avec :

Q le débit de pointe (m³/s),
C le coefficient de ruissellement,
i l'intensité de la pluie (mm/h),
S la superficie (ha).

Le coefficient de ruissellement représente le pourcentage des surfaces qui participe effectivement au ruissellement. Le coefficient de réduction, fixé par défaut à 90 %, rend compte du fait que toute la pluie qui tombe sur les surfaces imperméabilisées n'arrive pas jusqu'à l'exutoire (pertes dans les dépressions). Les pertes initiales permettent de prendre en compte l'infiltration et la rétention dans le sol des premières gouttes de pluie qui tombent sur le bassin versant. Par défaut elles sont fixées ici à 1mm. Le ruissellement ne démarre que lorsque la hauteur cumulée de pluie a dépassé cette valeur.

- Fonction de transfert : le réservoir linéaire

La fonction de transfert du type réservoir linéaire, est basée sur les deux équations suivantes :

- équation de continuité :

$$\frac{dVs}{dt} = Qe(t) - Qs(t)$$

- équation de stockage :

$$Vs = K \times Qs(t)$$

Avec :

Qe(t) et **Qs(t)** les débits entrant et sortant,
Vs(t) le volume stocké dans le réservoir,
K le temps de réponse ou lag-time.

Le temps de réponse (K) correspond à l'intervalle de temps qui sépare le centre de gravité de la pluie nette de la pointe de crue.

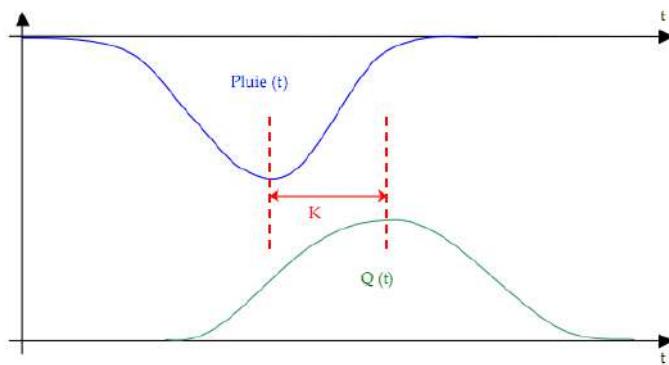


Figure 11 : Hydrogramme de ruissellement

Le lag-time ou K est calculé par la formule proposée par DESBORDES qui permet d'obtenir des résultats cohérents avec CAQUOT si la pluie de projet utilisée est une pluie synthétique double-triangle.

Cette formule est valable pour les bassins versants dont l'imperméabilité est supérieure à 20%, ce qui est le cas pour la quasi-totalité des sous bassins versants :

$$K = \frac{5}{6} * S^{0.18} * i^{-0.36} * (1 + C)^{-1.9} * l^{0.15} * d^{0.21} * h^{-0.07};$$

Avec :

K le temps de réponse ou lag-time en minutes,
S la surface du bassin versant en ha,
i la pente moyenne du bassin versant en %,
C l'imperméabilité du bassin versant ($0,2 < CR < 1$),
L la longueur du plus long chemin hydraulique en m,
d la durée totale de l'épisode pluvieux en seconde,
h la hauteur totale de précipitations en m.

La méthode du réservoir linéaire a permis de déterminer les débits à l'exutoire de chaque bassin versant pour une pluie donnée et un pas de temps donné.

3.2.1.3. Synthèse et choix d'un modèle hydrologique

La méthode du réservoir linéaire a été comparée aux résultats du référentiel hydrologique. Les valeurs de débit obtenues sont proches des débits calculés à l'aide de la méthode du référentiel à hauteur de 9% d'écart sur la moyenne des débits de l'ensemble des sous bassins versants urbains.

Le modèle du réservoir linéaire tel que calé est donc adapté et utilisé pour la détermination des débits de pointe et des hydrogrammes associés à chaque sous bassin versant.

ID Bassin versant	$Q_{pointe\ ref} (m^3/s)$	$Q_{pointe\ réservoir\ linéaire} (m^3/s)$	Ecart entre les deux débits
31	0.0834	0.0736	113%
32	0.0776	0.0676	115%
111	0.0964	0.0937	103%
37	0.1219	0.0976	125%
315	0.1795	0.3610	50%
34	0.1027	0.0972	106%
15	0.0319	0.0167	191%
38	0.1384	0.0000	
33	0.0308	0.0232	133%
36	0.1715	0.1264	136%
12	0.0638	0.0360	177%
18	0.2282	0.4383	52%
11	0.0839	0.0768	109%
314	0.0928	0.0869	107%
313	0.0722	0.0500	144%
39	0.1013	0.0645	157%
311	0.1546	0.1116	139%
312	0.0373	0.0276	135%
35	0.1386	0.0917	151%
19	0.0684	0.0703	97%
110	0.0349	0.0085	411%
21	0.0590	0.0442	133%
22	0.0430	0.0227	189%
23	0.0421	0.0332	127%
17	0.1000	0.0847	118%
13	0.3785	0.7932	48%
55	0.2969	0.4796	62%
56	0.2321	0.6060	38%
51	0.3469	0.6720	52%
44	0.2055	0.4164	49%
41	0.0430	0.0382	113%
45	0.1694	0.1747	97%
57	0.1475	0.1340	110%
58	0.2754	0.4789	58%
53	0.1541	0.4092	38%
54	0.0501	0.0532	94%
42	0.0545	0.0636	86%
112	0.2244	0.4179	54%
63	0.3847	0.9439	41%
61	0.3434	0.7054	49%
62	0.3623	0.0000	
52	0.9567	1.9013	50%
16	0.1334	0.0000	
14	0.1508	0.0000	
		Ecart moyen	109%

Tableau 6 : Tableau de comparaison du débit de pointe avec la méthode rationnelle et la méthode du réservoir linéaire pour les sous bassins versants urbains pour une pluie décennale

3.2.2. Modèle hydraulique mis en œuvre

Deux types de modélisation et donc d'outils ont été mis en œuvre :

- Une modélisation 1D de type barré de Saint Venant pour le réseau de collecte des eaux pluviales en centre urbain ;
- Une modélisation 1D ou 2D des écoulements en régime permanent pour les autres secteurs à enjeux.

3.2.2.1. Modélisation en centre urbain

Le logiciel utilisé est le logiciel EPA - SWMM5. Le module hydraulique de EPA - SWMM5 permet la simulation d'écoulements en réseau en régime variable, ces écoulements pouvant passer alternativement en charge ou à l'air libre. L'algorithme est basé sur la résolution numérique des équations de Barré de Saint-Venant (description des écoulements filaires à surface libre).

Ce modèle souple s'adapte automatiquement aux conditions d'écoulement, fluvial ou torrentiel, et les effets tels que les mises en charge, les contre-courants ou l'influence du niveau d'eau à l'exutoire, sont parfaitement représentés.

La pluie de projet à présent transposée en débit correspondant au débit au sol produit par le ruissellement de chaque sous bassin versant urbain. Cette variation temporelle du débit, différent pour chaque sous bassins versant, est appelé hydrogramme. Les hydrogrammes seront introduit, dans le modèle, à un nœud d'injection correspondant à chaque sous bassin urbain.

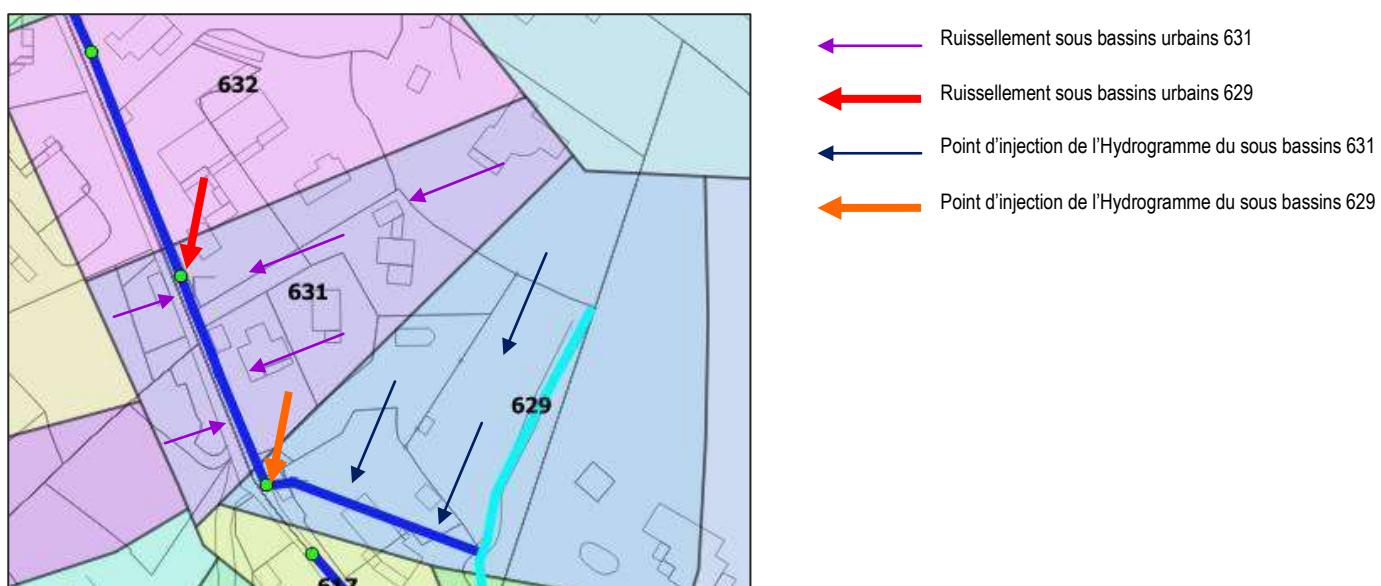


Figure 12 : Schéma explicatif de l'injection de l'hydrogramme

Le système d'équations résolu est alors le suivant :

- Continuité :

$$\frac{dS}{dt} + \frac{dQ}{dt} = q$$

- Énergie :

$$\frac{dQ}{dt} + \frac{d}{dx} \left(a \frac{Q^2}{S} \right) + gS \frac{dZ}{dx} = -gS(J + J_s) + kqV$$

Avec :

S la section mouillée

g la gravité

t le temps

Z la côte de la surface libre

Q le débit

J les pertes de charge linéaires

q les pertes ou apports latéraux (ruissellement, pluie, ...)

J_s les pertes de charge singulières

x l'abscisse

k = 1 si q < 0, k = 0 sinon

a le coefficient de quantité de mouvement

V la vitesse moyenne

Le logiciel permet une résolution numérique rapide de ce système d'équations. La résolution numérique repose sur une combinaison d'un schéma numérique implicite et explicite. En effet, l'équation de continuité aux nœuds du modèle est résolue explicitement alors que l'équation d'énergie dans les biefs et les ouvrages particuliers est résolue implicitement.

Le modèle calcule hauteurs d'eau et débits en tout point du domaine représenté. Il nous permet donc de connaître et de visualiser sous forme de graphiques et de profils en long les écoulements des eaux de pluie dans les réseaux modélisés. Une attention particulière est portée à la prise en compte des pertes de charges à l'entrée et à la sortie des différents ouvrages hydrauliques (pertes de charge singulières). Ces pertes dues à la contraction et à l'expansion de l'écoulement sont supérieures aux pertes par frottement dans les ouvrages (pertes linéaires). Elles sont calculées par la formule suivante :

$$\Delta H = \left(\frac{Q}{K.S.R^{2/3}} \right)^2 \cdot L + (C_{contraction} + C_{expansion}) \cdot \frac{Q^2}{2gS^2}$$

Avec :

ΔH la perte de charge totale à la traversée de l'ouvrage,

Q le débit,

K le coefficient de frottement dans l'ouvrage (Coefficient de Strickler),

S la section d'écoulement,

R le rayon hydraulique,

L la longueur de l'ouvrage,

Ccontraction le coefficient de pertes de charge par contraction à l'entrée de l'ouvrage,

Cexpansion le coefficient de pertes de charge par expansion à la sortie de l'ouvrage,

g l'accélération de la pesanteur.

3.2.2.2. Modélisation 1D/2D des écoulements en régime permanent pour les autres secteurs à enjeux

Le logiciel HEC-RAS a été utilisé pour modéliser les écoulements en 1D et 2D. HEC-RAS, Hydrologic Engineering Centers River Analysis System permet d'analyser les débits dans le lit des rivières et de déterminer les zones inondables. La procédure de base de calcul du logiciel HEC-RAS pour les écoulements permanents est basée sur la solution de l'équation de conservation de l'énergie à une dimension. Les pertes d'énergie sont évaluées par les frottements et les effets de contraction / expansion. Pour les écoulements non permanents, le logiciel résout l'ensemble dynamique des équations de Saint-Venant par la méthode des différences finies. Hec Ras permet donc de modéliser les hauteurs d'eau et débit dans le lit de la rivière mais aussi en dehors lors d'inondations.

3.3. Diagnostic du réseau de collecte des eaux pluviale en centre urbain

3.3.1. Réseaux modélisés

Le réseau modélisé est issu des reconnaissances de terrain réalisées dans le cadre de l'étude préalable. Les attitudes des nœuds ont été déterminées grâce aux relevés topographiques réalisés lors de la reconnaissance de terrain et complété à partir du MNT.

Le réseau pluvial de la commune de Flayosc, est assez complexe. Certaines parties du réseau pluvial sont composées de tronçons ayant une fonction irrigation et de vallons naturels.

3.3.2. Les caractéristiques des sous bassins versants urbains modélisés

Le réseau pluvial urbain a été découpé en 6 bassins versants urbains (cf . Figure 5 : Carte des bassins versant urbains), eux même découpés en 44 sous bassins versant urbains.

Nom	ID Bassin	ID point de rejet	Superficie (ha)	Linaire du plus long chemin hydraulique (ml)	Pente moyenne (%)	Coefficient de ruissellement
Sud Village	BV1	E1	26,5	1554	6,6	0,48
Stade	BV2	E2	1,5	288	3,1	0,40
Nord Village	BV3	E3	10,6	870	5,6	0,50
Poustouron	BV4	E4	6,4	610	5,4	0,50
Camp Grenier	BV5	E5	51,1	1700	5,9	0,50
Les Sigalloux	BV6	E6	29,2	1100	7,5	0,46

Tableau 7: Caractéristiques des bassins versants urbains



Chacun des sous-bassins versants modélisés, a été caractérisé:

- Calcul du chemin hydraulique, c'est à dire le chemin le plus long que peut parcourir une goutte d'eau avant d'atteindre le réseau.
- Calcul de la pente moyenne.
- Calcul de la surface du bassin versant.
- Calcul des surfaces imperméabilisées (bâties, voiries) et des surfaces vertes (les surfaces non imperméabilisées résultantes).
- Les coefficients de ruissellement (actuel et futur).
- Le temps de réponse.

Les trois premiers points sont calculés à partir de logiciel SIG. Les trois derniers points sont détaillés ci-dessous.

● **Imperméabilisation des sols**

A l'aide du cadastre, il a été défini, sur la commune, des zones pour catégoriser l'occupation du sol :

- Zone à forte artificialisation, tissu urbain continu.
- Zone à moyenne artificialisation, tissu urbain discontinu.
- Zone à faible artificialisation, cultures.
- Zone à très faible artificialisation, foret et milieu naturel.

L'occupation des sols est répartis sur la commune de la façon suivante (Cf Figure 1 : Répartition de l'occupation des sols sur le territoire communal et Figure 2 : Carte d'occupation du sol) :

- 3000 ha de surface arborée soit 65% ;
- 1200 ha de surface agricole soit 26% ;
- 415 ha de surface d'habitat discontinu soit 9% ;

Le caractère rural / urbain détermine au niveau hydrologique, la mise en œuvre de la méthode du réservoir linéaire simple ou double.

● **Coefficient de ruissellement**

Le coefficient de ruissellement actuel, est le rapport entre la l'intensité de la précipitation et le débit ruisselé. Ce coefficient est influencé par l'imperméabilisation des surfaces, la végétation, la pente. Pour chaque type de surface, un coefficient a été retenu :

- Zone à forte artificialisation, tissu urbain continu → 0.8 de coefficient de ruissèlement
- Zone à moyenne artificialisation, tissu urbain discontinu → 0.5 de coefficient de ruissèlement
- Zone à faible artificialisation, cultures → 0.4 de coefficient de ruissèlement
- Zone à très faible artificialisation, foret et milieu naturel → 0.2 de coefficient de ruissèlement

Pour chaque sous bassins versant urbains sont coefficient d'imperméabilisation en suivant la formule suivante :

$$\text{Coefficient total} = \frac{\sum \text{coef}(i) * \text{air}(i)}{\text{coef total}} ;$$

● **Temps de réponse**

Le temps de réponse correspond à l'intervalle de temps entre le centre de gravité de la pluie et le débit de pointe à l'exutoire. Le temps de réponse à la pluie d'un bassin versant, utilisé pour la mise en œuvre des modèles pluie-débit, a été estimé par la formule de Desbordes rappelée au paragraphe 3.2 Pluies de projets utilisées pour le diagnostic quantitatif.

ID noeud d'injection	ID Bassin	Surface (m²)	Longueur du plus long chemin hydraulique (ml)	Pente m/m	Coefficient de Ruissellement (%) ou Curve number (sans dimension)	Lag time K en min
217	23	4769	75.953	0.053	40.00	3.67
203	110	1556	14.789	0.001	40.00	9.77
204	21	7201	86.783	0.012	40.00	6.96
211	22	3145	35.344	0.057	40.00	2.96
191	19	10914	138.87	0.029	40.00	5.79
245	44	44206	346.45	0.035	50.00	7.01
244	51	70854	316.38	0.047	50.00	6.73
301	62	57811	205.17	0.039	50.00	6.52
306	52	207968	352.98	0.048	50.00	8.25
273	54	5161	95.121	0.063	50.00	3.16
227	55	49081	218.36	0.060	50.00	5.49
233	56	64554	543.67	0.048	50.00	7.15
263	57	13578	78.195	0.026	50.00	5.06
268	58	48784	246.5	0.069	50.00	5.29
252	41	3516	63.394	0.174	50.00	1.93
61	34	5472	68.299	0.205	80.00	1.41
188	35	5207	36.987	0.108	80.00	1.60
95	36	9098	67.806	0.001	80.00	10.47
31	37	5776	55.585	0.036	80.00	2.58
158	313	2878	41.037	0.049	80.00	1.95
25	111	5445	75.741	0.066	80.00	2.15
36	315	31121	306.59	0.072	57.84	4.51
299	61	95218	466.28	0.114	45.94	5.78
282	112	39254	272.83	0.062	53.65	5.12
283	63	139011	686.19	0.109	43.93	6.83
272	53	51110	703.6	0.108	48.54	5.41
143	11	10242	91.345	0.175	41.22	2.76
100	12	2692	28.034	0.107	60.81	1.70
77	15	1448	24.752	0.081	52.57	1.82
224	17	10742	81.163	0.111	43.76	3.12
1	31	4342	61.245	0.131	76.97	1.61
85	33	2642	64.088	0.062	47.93	2.72
83	38	12016	88.96	0.157	57.09	2.40
166	39	4087	37.464	0.027	75.05	2.68
170	311	7977	46.548	0.064	66.40	2.50
178	312	2824	55.338	0.235	49.88	1.63
226	13	75402	337.65	0.113	53.20	4.83
318	16	22377	227.64	0.070	50.46	4.49
339	14	27344	240.01	0.075	48.10	4.72
123	18	56807	407.06	0.101	47.36	5.29
12	32	4593	60.42	0.166	67.17	1.66
147	314	6484	70.738	0.141	62.23	2.03
255	45	13632	85.348	0.164	60.14	2.32
279	42	5840	105.68	0.161	50.99	2.32

Tableau 8 : Caractéristiques des sous bassins versants urbains modélisés pour la situation actuelle pour une pluie de période de retour 5 ans.

3.3.3. Hypothèses considérées pour le modèle hydraulique

RUGOSITE

La rugosité des conduites et des fossés a été choisie en considérant un mauvais état du réseau, c'est-à-dire qu'il a été pris en compte l'état d'ancienneté de certaines conduites et un entretien insuffisant pour les fossés dans leur ensemble. Les coefficients de rugosité suivant ont été appliqués aux différents biefs:

Type de tronçon	Manning n	Strickler K
Conduites actuelles	0,015	50
Canalisations futures	0,01	90
Ecoulements sur voirie	0,02	50
Vallons	0,04	20
Canal	0,04	40
Plaine d'inondation	0,1	10

Tableau 9: Coefficients de rugosité retenus pour le modèle

CONDITIONS LIMITES CONSIDERÉES

- Conditions limites amont

Les hydrogrammes générés par les bassins versants au cours de la simulation hydrologique sont utilisés comme condition limite amont.

- Conditions limites aval

La condition limite aval retenue est donc de type « hauteur normale » (pas d'influence du niveau de la Florière sur les rejets du réseau pluvial).

CALAGE ET VALIDATION DU MODELE

Le calage a pour but de valider le modèle construit, les hypothèses et les coefficients choisis. Dans le cadre de cette étude, le calage a essentiellement consisté à comparer les résultats obtenus avec observations constatées et rapportées par les riverains au cours de la campagne de cartographie du réseau, compte tenu de l'absence d'études déjà existantes et des mesures réelles sur le réseau.

3.3.4. Présentation des résultats

Ce chapitre présente les résultats en termes de débordements et de mise en charge (capacité du réseau) sur l'orthophotoplan pour chacune des trois pluies simulées.

Les résultats sont présentés pour T5, 10 et 30 ans de la façon suivante pour l'heure de simulation la plus critique:

- Aux noeuds, les volumes de débordements exprimés en m³ :
 - Les volumes de débordement inférieurs à 100 m³ sont considérés comme négligeables.
- Aux niveaux des tronçons (canalisations et fossés), la capacité hydraulique des collecteurs :
 - En bleu, un débit de pointe simulé inférieur à 90% de la capacité du collecteur
 - En orange et rouge un débit de pointe simulé compris entre 90% et 100% de la capacité du collecteur

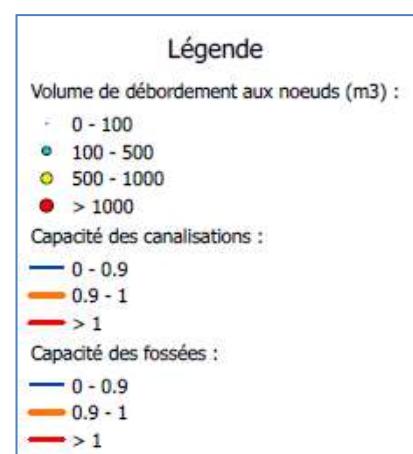
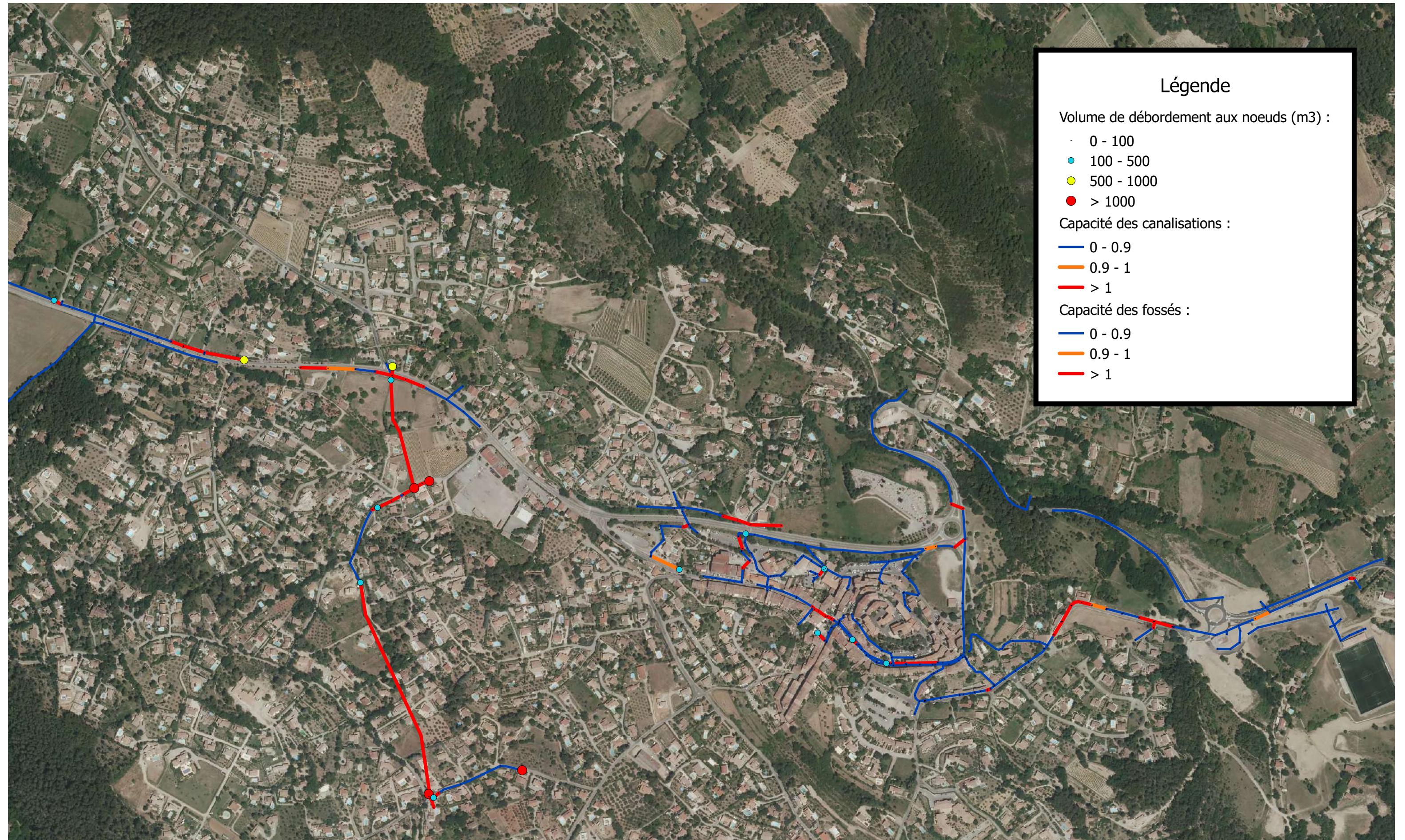
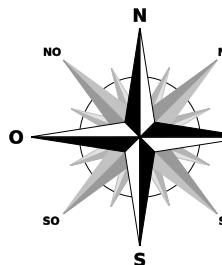


Figure 13 : Légende des résultats de la simulation SWMM



Carte des résultats de la modélisation sur SWMM

Capacité des canalisations et des fossés ainsi que le volume de débordement avec une pluie de période de retour de 5 ans



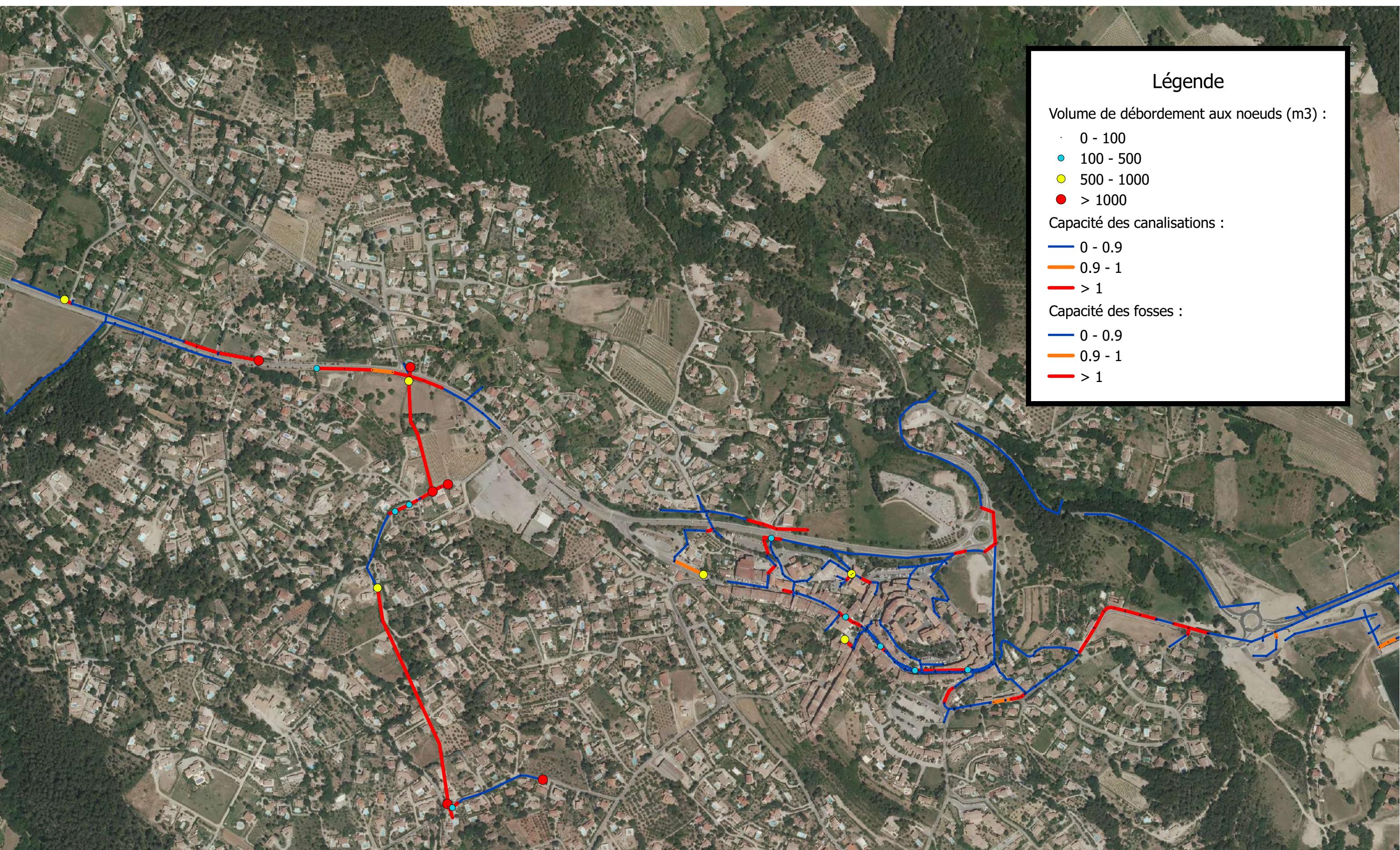
E15214

Echelle : 1 / 6 000

Réalisé par : REG

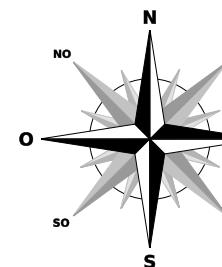
Imprimé le 24/05/2016





Carte des résultats de la modélisation sur SWMM

Capacité des canalisations et des fossés ainsi que le volume de débordement avec une pluie de période de retour de 10 ans



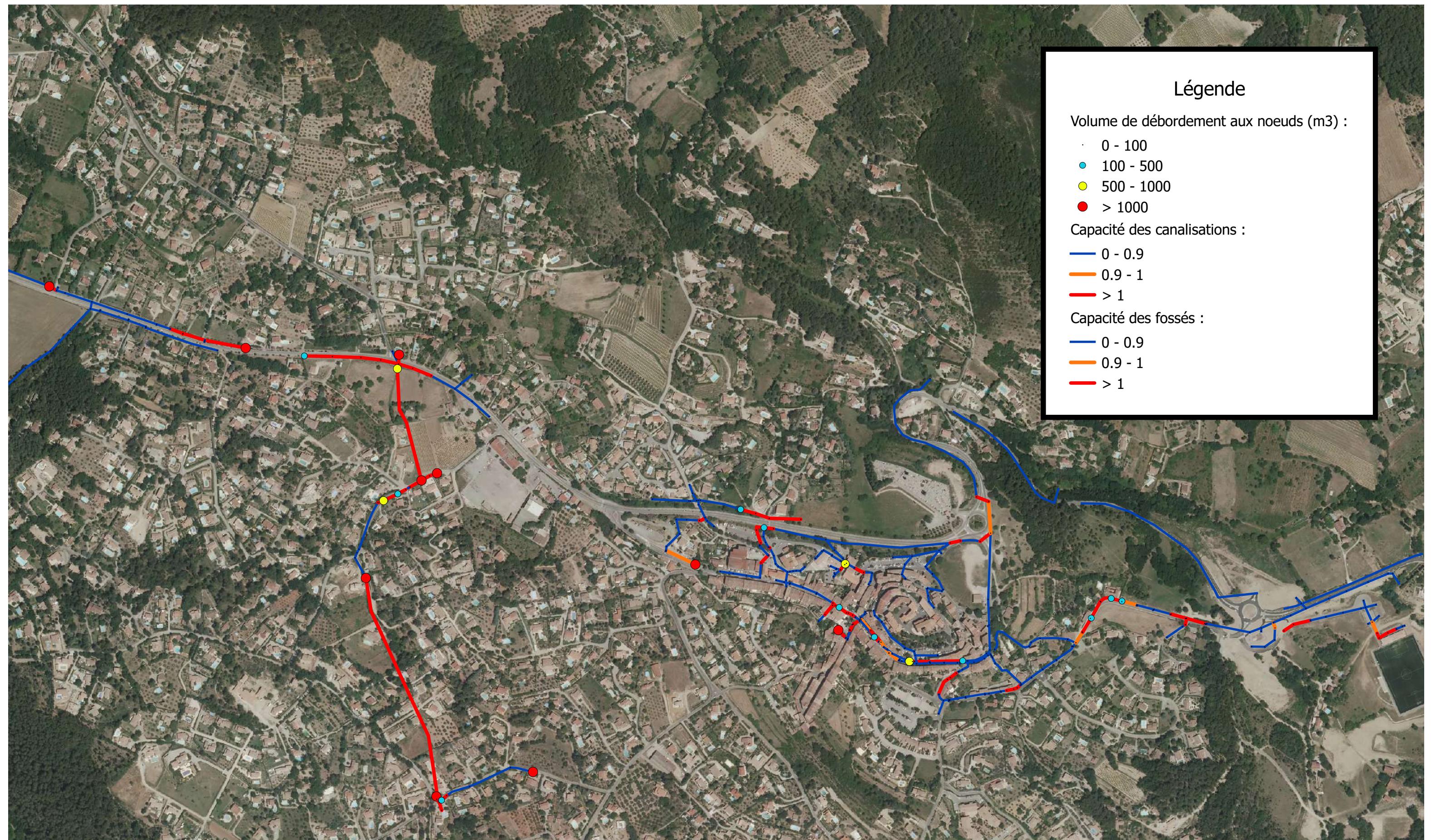
E15214

Echelle : 1 / 6 000

Réalisé par : REG

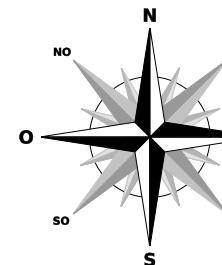
Imprimé le 24/05/2016





Carte des résultats de la modélisation sur SWMM

Capacité des canalisations et des fossés ainsi que le volume de débordement avec une pluie de période de retour de 30 ans



E15214

Echelle : 1 / 6 000

Réalisé par : REG

Imprimé le 24/05/2016



3.3.5. Synthèse du diagnostic

Le premier constat est que les observations formulées par les habitants lors des enquêtes menées en phase 1 se trouvent corroborées par les résultats des simulations. Plusieurs débordements sont ainsi observés et simulés et ce dès la pluie d'occurrence quinquennale (période de retour 5 ans). Ils sont principalement localisés au niveau :

- Secteur 1 : Chemin du stade.
- Secteur 2 : Fond de Roux Nord.
- Secteur 3 : Avenue François Dol.
- Secteur 4 : Rd point de la RD 557 au nord du village.
- Secteur 5 : Village, intersection du boulevard Général de Gaulle avec la rue Saint Anne.
- Secteur 6 : Réseau de Peyron.

Pour chacun de ces six secteurs (localisés sur la Figure 18 : Carte de situation des secteurs à problèmes), le tableau ci-dessous récapitule les différents problèmes observés pour les réseaux de collecte pour T5ans, T10 ans et T30 ans :

	Temps de retour			Commentaires
	5 ans	10 ans	30 ans	
	Volume de débordement			
Secteur 1	3 131 m ³	5 598 m ³	8 678 m ³	De gros volumes de débordement sont constatés après simulation et ce dès la période de retour de 5 ans. Ce secteur a déjà été répertorié comme problématique puisque des inondations importantes ont été observées. Ce secteur se situe dans une zone de ruissellement. Un projet visant à améliorer la collecte des eaux de pluie a déjà été établie (cf rapport de phase 1).
Secteur 2	2520 m ³	5 574 m ³	8 495 m ³	Ce secteur, au Sud et en lien hydraulique avec le secteur 1, possède le même type de problèmes. Le réseau de récolte des eaux de pluie est insuffisant ce qui provoque des débordements conséquents. Le projet cité en secteur 1 vise aussi à améliorer la collecte des eaux de pluie dans ce secteur.
Secteur 3	-	-	545 m ³	Ce secteur présente peu de débordement mais une partie du réseau est à sa capacité maximale dès la pluie quinquennale. Ce tronçon, situé en fin de réseau récupère une grande partie des eaux de ruissellement du village et a déjà été répertorié comme secteur à problème. Le développement de l'habitat ainsi que sa position en zone de ruissellement pourrait aggraver ce constat.
Secteur 4	-	-	-	Aucun débordement n'a été recensé par les simulations mais la canalisation qui traverse a deux reprise la route au niveau du rond point est sous dimensionnée.
Secteur 5	-	-	374 m ³	Très peu de débordement mis en évidence par le modèle.
Secteur 6	351 m ³	607 m ³	1 126 m ³	Le réseau de Peyron est recensé comme secteur à problème. La partie du réseau se situant juste en amont du point d'exutoire ne possède pas une capacité assez importante. Ce réseau se situe en zone de ruissellement importante ce qui peut aggraver les résultats au niveau des volumes de débordements.

Tableau 10 : Volume débordé pour les différents temps de retour simulé et commentaires associés

Pour illustrer les commentaires il convient de se reporter au paragraphe « 6. Recensement des secteurs problématiques vis-à-vis du risque ruissellement et inondation » du rapport de la phase 1, qui rassemble toutes les informations sur les secteurs à risque ainsi que les études déjà réalisées pour trouver des solutions aux différents problèmes recensés.

Les secteurs les plus problématiques mis en évidence par la modélisation sont les secteurs 1- 2, 3 et 6 (cf Figure 18 : Carte de situation des secteurs à problèmes pour T30 ans). Les dysfonctionnements mis en évidence ont pour origine :

- Un dimensionnement insuffisant de la trame pluviale existante ;
- Des discontinuités dans la trame pluviale.

Les solutions sont à rechercher avec des recalibrages, renforcement de réseau et la mise en place de mesures non structurelles à travers le zonage d'assainissement des eaux pluviales pour ne pas aggraver le ruissellement.

3.4. Diagnostic en régime permanent des autres secteurs à enjeux

3.4.1. Secteurs modélisés

La modélisation du secteur Figueiret/Peyron a été effectuée avec le logiciel Hec-Ras en 2D au vu de l'importance des enjeux et du caractère fortement bi dimensionnel de l'écoulement en cas de crue. L'étude sur la Florière/Saint-Lambert est réalisée en 1D.

➤ Figueiret /Peyron :

Affluent de la Florière, Le Figueiret se situe à l'est de la commune est suit la limite de commune entre Flayosc et Draguignan. Long de 10 km il s'étend du massif du Puy de la Sigue jusqu'au sud de Flayosc, au confluent avec La Florière. Le ruisseau du Peyron, situé au nord de la commune, est le vallon le plus important qui rejoint le Figueiret. Une description plus détaillée est présentée au paragraphe « 7.4.1. Le vallon du Figueiret et ses affluents » dans le rapport de phase 1.

Le Peyron et le Figueiret sont sensibles aux élévations du niveau d'eau et donc aux débordements comme pour la crue de 2010 qui a généré des dégâts très importants en milieu urbain ou d'habitat diffus.

Les parties des cours d'eau modélisés correspondent aux zones à enjeux. Pour le Figueiret, l'étude s'est focalisée aux abords de la commune, soit, en se référant à la carte ci-dessous, aux secteurs FIG04, FIG 03, FIG02, FIG01a, FIG01b défini comme les secteurs les plus à risque par le plan d'action et de présentation des inondations réalisé en 2014.

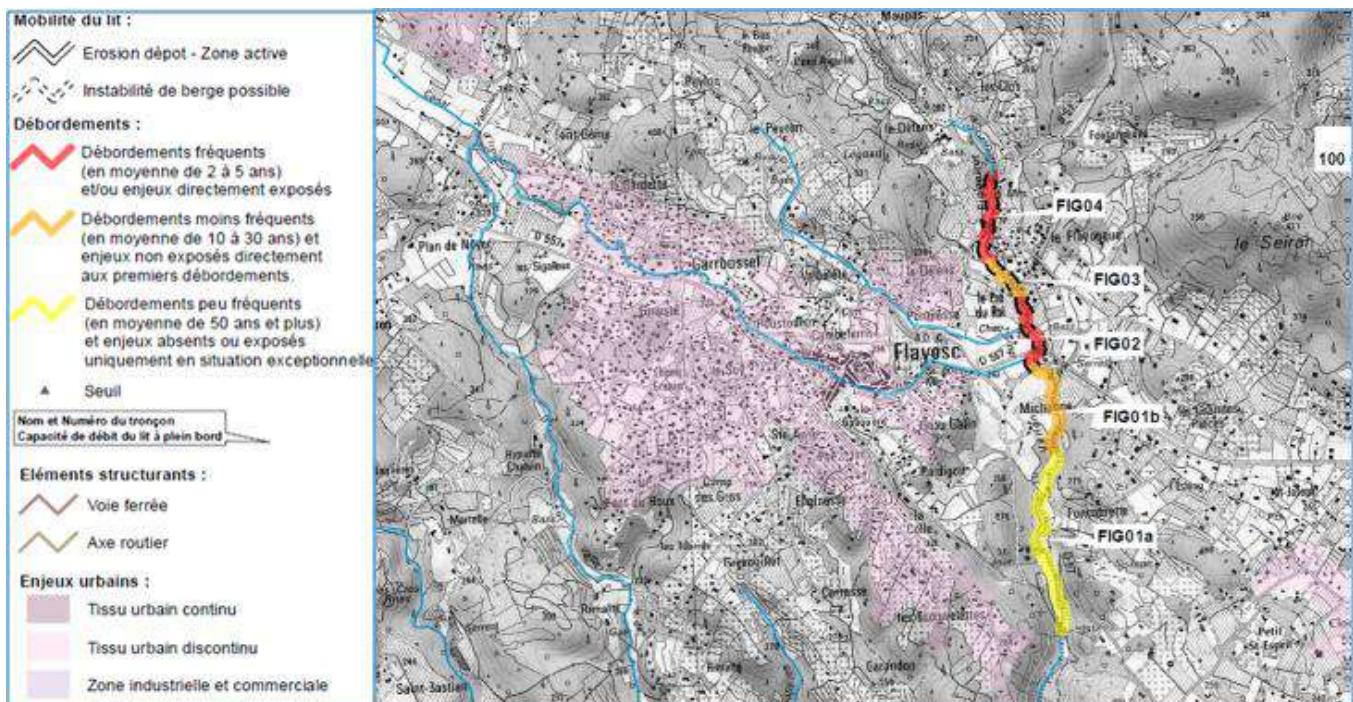
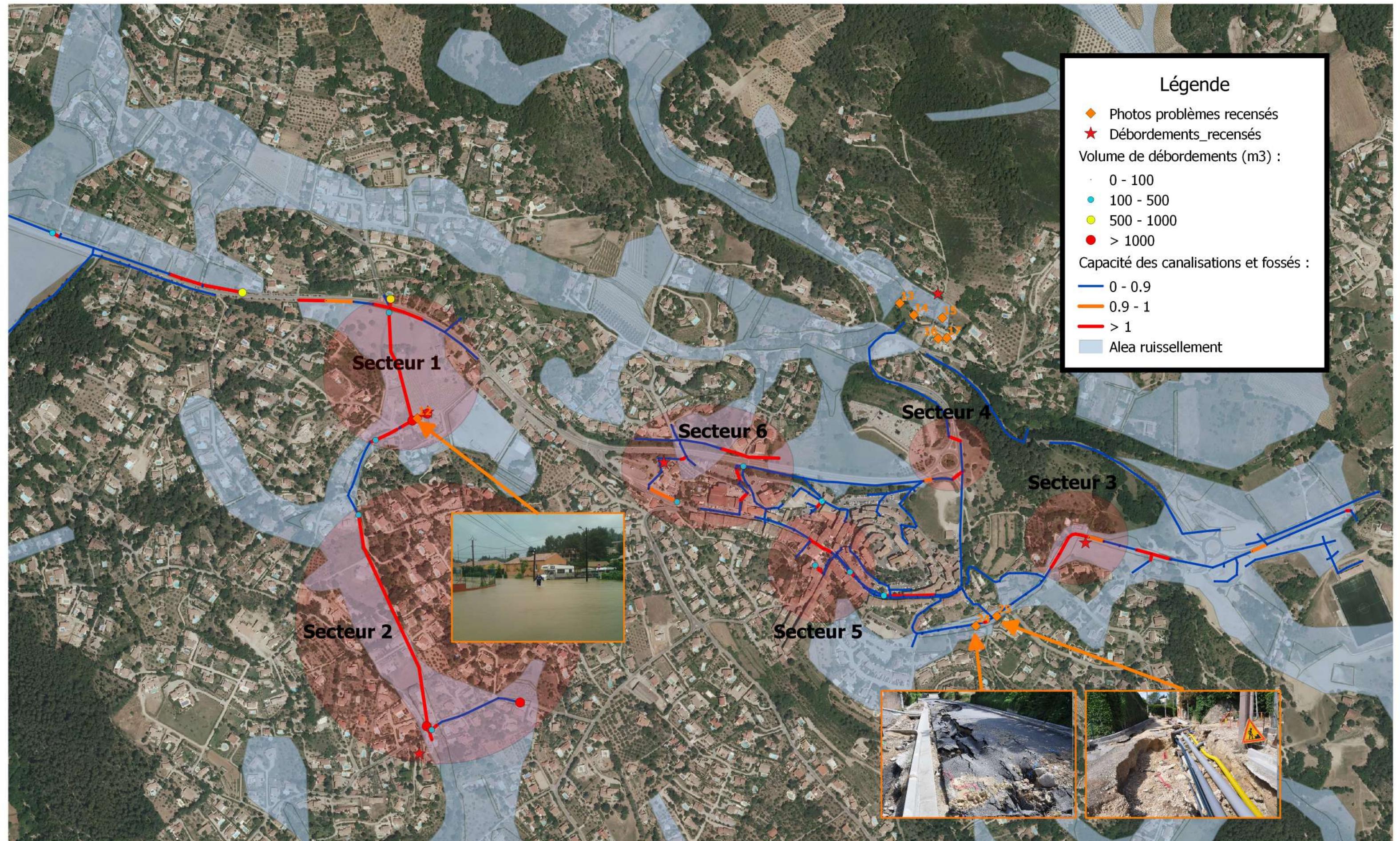


Figure 17 : Secteur à enjeux sur le Figueiret défini par le plan d'action et de prévention des inondations de 2014



La création d'un MNT (Modèle Numérique de Terrain) a été nécessaire pour la modélisation 2D sur Hec-Ras. Ce MNT a été composé à partir des données suivantes :

- Profils en travers sur le Figueiret et le Peyron effectués par un géomètre (15 sur le Figueiret et 12 sur le Peyron),
- Campagne de mesure GPS sur le terrain,
- MNT existant sur la partie nord du Figueiret (avant jonction avec le Peyron) d'une précision de 10 cm,
- MNT existant sur la totalité de la commune de Flayosc d'une précision de 1m.

La campagne de mesure réalisée sur le terrain a permis d'améliorer la précision sur la partie Sud du Figueiret (après jonction avec le Peyron) pour des résultats plus réalistes.

Le MNT utilisé pour la modélisation est présenté ci-dessous :

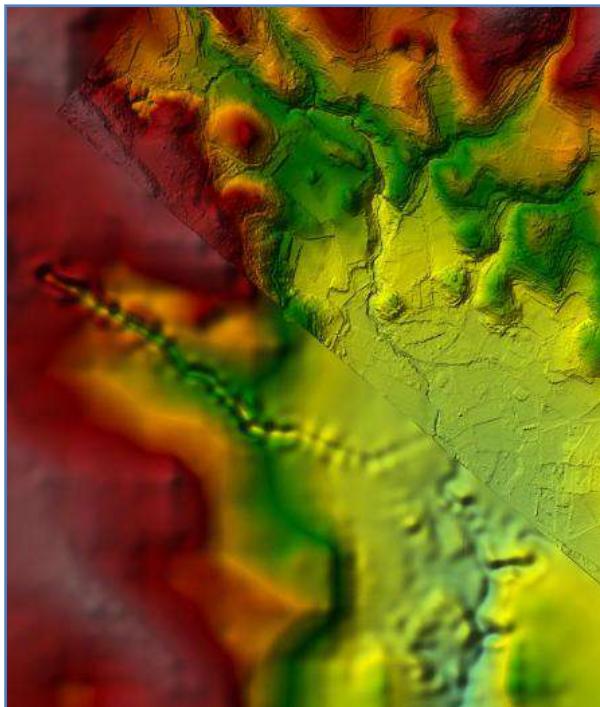


Figure 19 : MNT du modèle 2D

➤ Florière/Saint-Lambert :

Lorsqu'elle pénètre sur le territoire communal, la Florière est déjà un petit cours d'eau bien constitué, pourvu d'un petit lit majeur encadrant le lit mineur. Elle présente cette configuration jusqu'au lieu-dit Lavénon où, augmentée des apports du ruisseau de Saint-Lambert, elle gagne en puissance et se façonne un lit moyen. Le ruisseau de Saint-Lambert constitue le pendant ouest du Rimalté, prenant également source dans une cuvette synclinale vers laquelle convergent de nombreux vallons. Une description plus détaillée est présenté au paragraphe « 7.4.3. La Florière et ses affluents » dans le rapport de phase 1.

Les parties des cours d'eau modélisés correspondent aux zones à enjeux notamment au niveau de la confluence entre la Florière et le ruisseau de Saint-Lambert. Le modèle 1D a été créé à partir des 9 profils en travers réalisés par un géomètre, dont 5 au niveau du ruisseau de Saint-Lambert et 4 sur la Florière.



Figure 20 : Localisation des profils en travers de la Florièye

3.4.2. Les caractéristiques des bassins versants modélisés

➤ Figueiret /Peyron :

La Figure 4 : Carte des bassins versants ruraux présente les différents bassins versants concernés par le cours d'eau du Figueiret et du Peyron. Ainsi, le bassin versant 13 coresspond au vallon du Peyron alors que les bassins versant 11, 14, 15, 16 et 17 correspondent au vallon du Figueiret.

Les différentes caractéristiques des bassins versants concernées sont présentées dans le tableau suivant :

ID Bassin	Superficie (ha)	Linéaire du plus long chemin hydraulique (ml)	Cote max	Cote min	Pente moyenne (%)	Coefficient de ruissellement	Temps de concentration (min)
BV11	524	8000	460	160	3.8	0,30	222
BV13	207	3300	420	240	5.5	0,46	92
BV14	71	1600	360	270	5.6	0,30	44
BV15	114	2400	540	310	9.6	0,27	67
BV16	395	4300	760	350	9.5	0,22	119

Tableau 11 : Caractéristiques des bassins versants modélisés sur le Figueiret

➤ Florièye/Saint-Lambert :

Le Florièye possède un bassin versant assez important puisque sa superficie est presque de 15km², il s'agit du bassin versant 20. Le bassin versant 6 correspond quant à lui au vallon Saint-Lambert (Cf Figure 4 : Carte des bassins versants ruraux).

Les différentes caractéristiques des bassins versants concernées sont présentées dans le tableau suivant :

ID Bassin	Superficie (ha)	Linéaire du plus long chemin hydraulique (ml)	Cote max	Cote min	Pente moyenne (%)	Coefficient de ruissellement	Temps de concentration (min)
BV6	299	4000	680	330	8.8	0,24	111
BV20	1496	13700	840	180	0.5	0,3	381

Tableau 12 : Caractéristiques des bassins versants modélisés sur la Florièye

Ce document est la propriété de G2C ingénierie et ne peut être reproduit ni communiqué à des tiers sans son autorisation

© copyright Paris 2016 G2C ingénierie

3.4.3. Débit de crue modélisé pour les différentes occurrences

Les débits de crue sont calculés pour des pluies de période de retour 10 ans, 20 ans, 50 ans, 100 ans et 1000 ans.

➤ **Figueiret /Peyron :**

La méthode utilisée pour calculer le débit de pointe de la crue sera la méthode rationnelle comme décrit dans le référentiel hydrologique de l'Argens pour des bassins inférieurs à 5 km² comme expliqué au chapitre 3.3.1.1. Prise en compte du référentiel hydrologique de l'Argens.

Les débits pris en compte au niveau du modèle pour chaque scenario sont les suivants:

		Débits de crue
Q10	Figueiret Peyron	26,20 m ³ /s 10,67 m ³ /s
Q20	Figueiret Peyron	32,04 m ³ /s 13,05 m ³ /s
Q50	Figueiret Peyron	53,58 m ³ /s 14,94 m ³ /s
Q100	Figueiret Peyron	64,77 m ³ /s 18,05 m ³ /s
Q1000	Figueiret Peyron	95,60 m ³ /s 25,10 m ³ /s

Tableau 13 : Débits de crue calculés pour le Figueiret et le Peyron

➤ **Florièye/Saint-Lambert :**

Les débits de crues seront donc calculés à partir des débits spécifiques propres à la Florière donnés par le référentiel hydrologique :

		Débits spécifiques
T = 10 ans	2,8 m ³ /s/km ^{1,6}	
T = 20 ans	4,4 m ³ /s/km ^{1,6}	
T = 50 ans	6,0 m ³ /s/km ^{1,6}	
T = 100 ans	7,3 m ³ /s/km ^{1,6}	
T = 1000 ans	14,0 m ³ /s/km ^{1,6}	

Tableau 14: Débits spécifiques de la Florière

Les débits pris en compte au niveau du modèle pour chaque scenario sont les suivants:

		Débits de crue
Q10	Saint-Lambert Florièye	6,7 m ³ /s 17,6 m ³ /s
Q20	Saint-Lambert Florièye	10,6 m ³ /s 27,7 m ³ /s
Q50	Saint-Lambert Florièye	14,4 m ³ /s 37,8 m ³ /s
Q100	Saint-Lambert Florièye	17,5 m ³ /s 46,0 m ³ /s
Q1000	Saint-Lambert Florièye	33,6 m ³ /s 88,2 m ³ /s

Tableau 15: Débits de crue calculés pour la Florière et le Saint-Lambert

3.4.4. Hypothèses considérées pour le modèle hydraulique

Les hypothèses pour le modèle hydraulique sont les mêmes pour les deux modélisations, Figueiret et Florière.

RUGOSITE

Les différentes valeurs données au coefficient ont été choisies en fonction de la nature des surfaces, ainsi que des différents obstacles à l'écoulement de l'eau.

Le tableau ci-dessous décrit les valeurs à choisir en fonction de plusieurs critères :

CONDITIONS LIMITES CONSIDERÉES

- Conditions limites amont

Les débits de crue calculés seront utilisés comme conditions en amont de chaque cours d'eau.

- Conditions limites aval

La condition limite aval pour les modèles est de type « hauteur normale ».

CALAGE ET VALIDATION DU MODELE

Le calage a pour but de valider le modèle construit, les hypothèses et les coefficients choisis. Dans le cadre de cette étude, le calage a essentiellement consisté à comparer les résultats obtenus avec les observations constatées et rapportées par les riverains au cours de la campagne de cartographie du réseau ainsi que les différentes cartes représentant les zones inondables (approche hydrogéomorphologique réalisée en phase 1 et zone inondable définie dans le PPRI), compte tenu de l'absence de mesures réelles sur la zone d'étude.

3.4.5. Synthèse des résultats obtenus

➤ Figueiret /Peyron :

Les résultats issus de la modélisation 2D sur HEC-RAS sont présentés sous forme de cartes avec les hauteurs d'eau maximales et les vitesses maximales. Les résultats présentés concernent les périodes de retour 10, 100 et 1000 ans.

Les résultats obtenus sont en cohérence avec l'enveloppe hydrogéomorphologique (aléa débordement représenté sur les cartes) et les zones inondables définies dans le PPRI.

Cette approche modélisatrice permet de préciser l'aléa sur le Figueiret – Peyron.



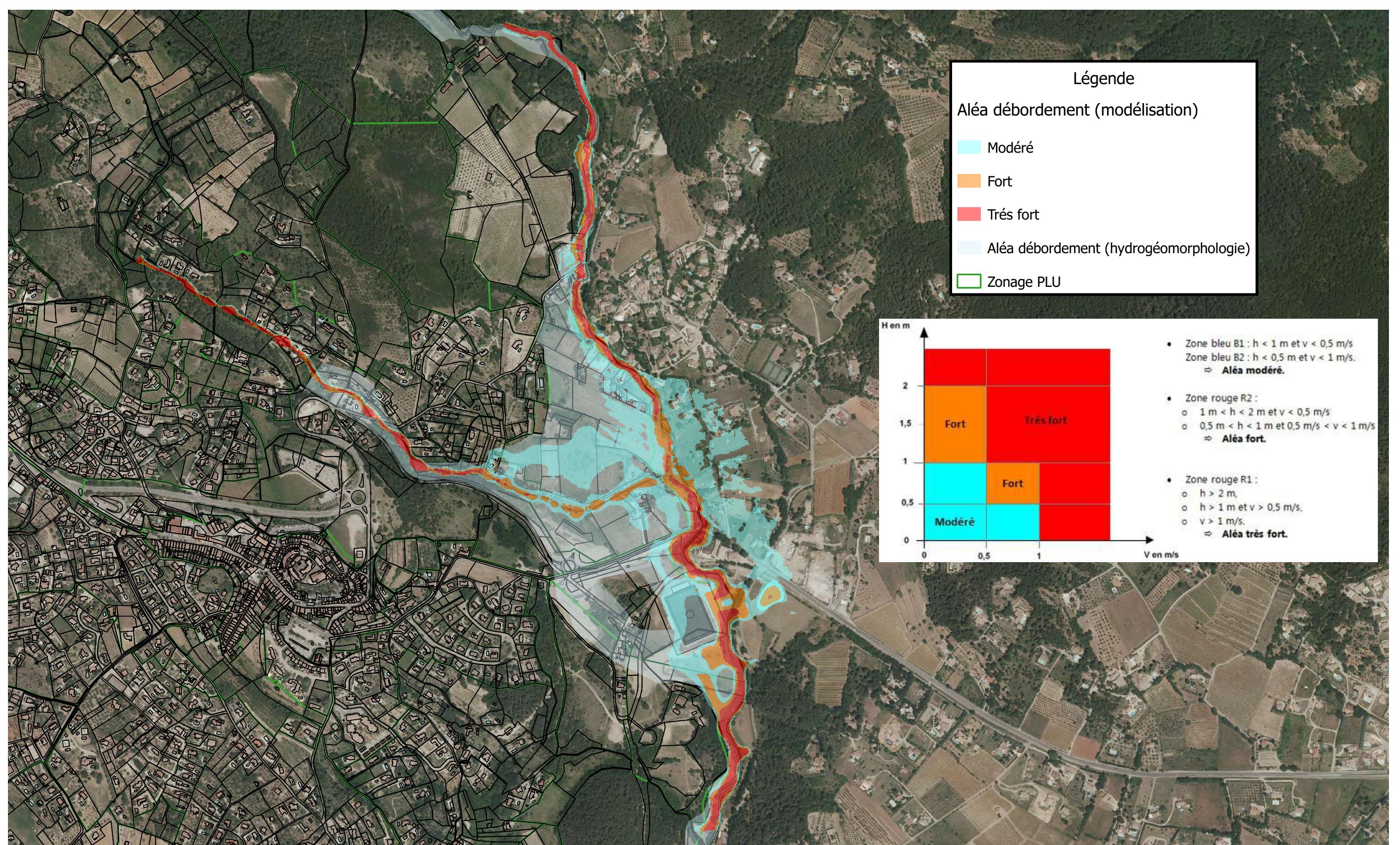
Figure 21 : Aléa représenté pour le Figueiret - Peyron

➤ Florière:

Les différentes crues modélisées ont permis de déterminer l'aléa inondation pour ce cours d'eau.

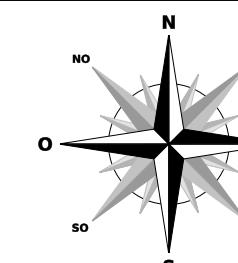
Les résultats présentés concernent la période de retour 100 ans.

Ces zones sont en corrélation avec celles déterminées par approche hydrogéomorphologique.



Carte des aléas de débordement du Figeiret pour une crue décennale

Résultat de la modélisation 2D sur HEC-RAS et de l'approche
hydrogéomorphologique



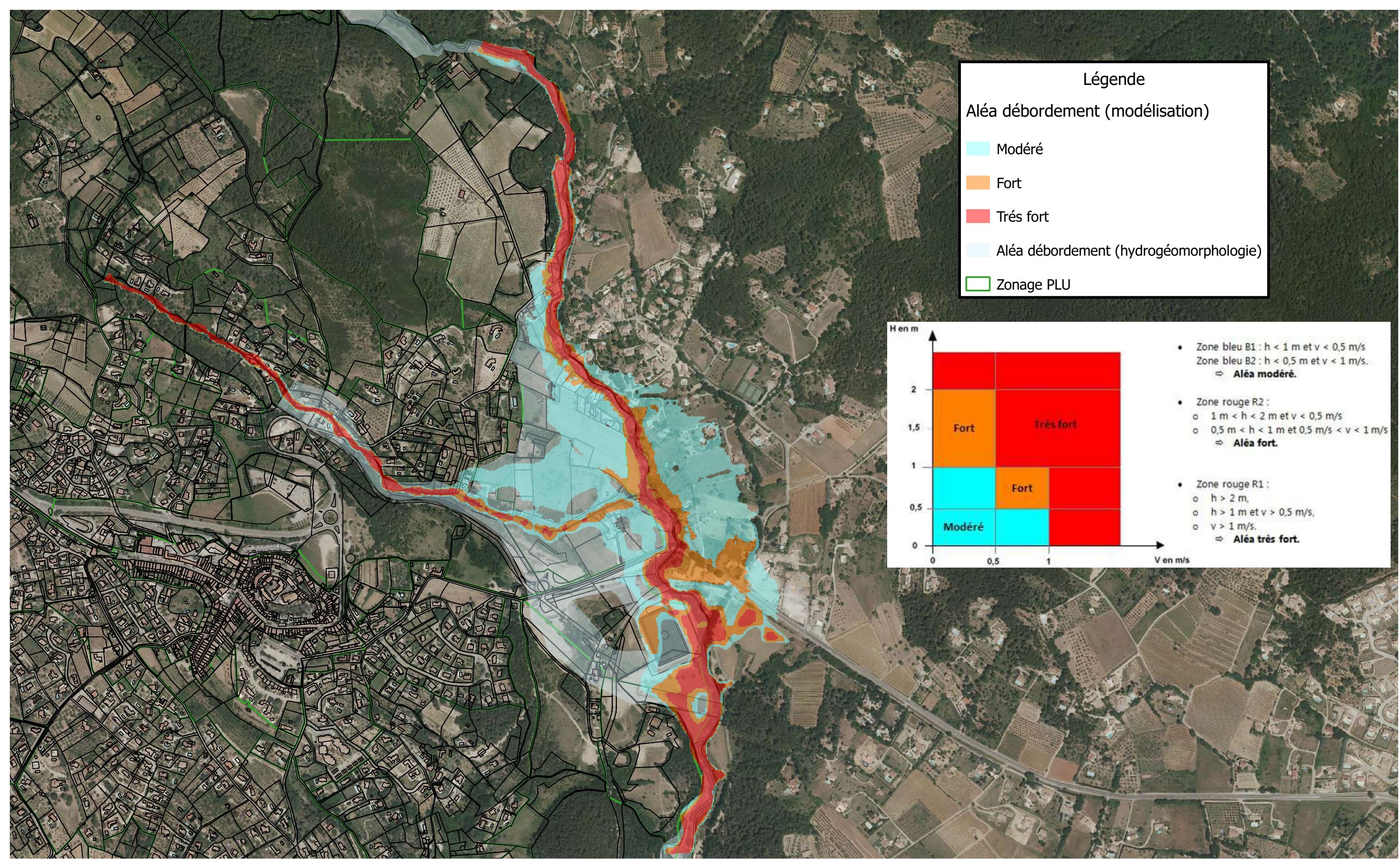
E15214

Echelle : 1 / 7 500

Réalisé par : REG

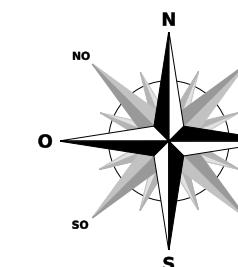
Imprimé le 20/07/2016





Carte des aléas de débordement du Figueiret pour une crue centennale

Résultat de la modélisation 2D sur HEC-RAS et de l'approche hydrogéomorphologique



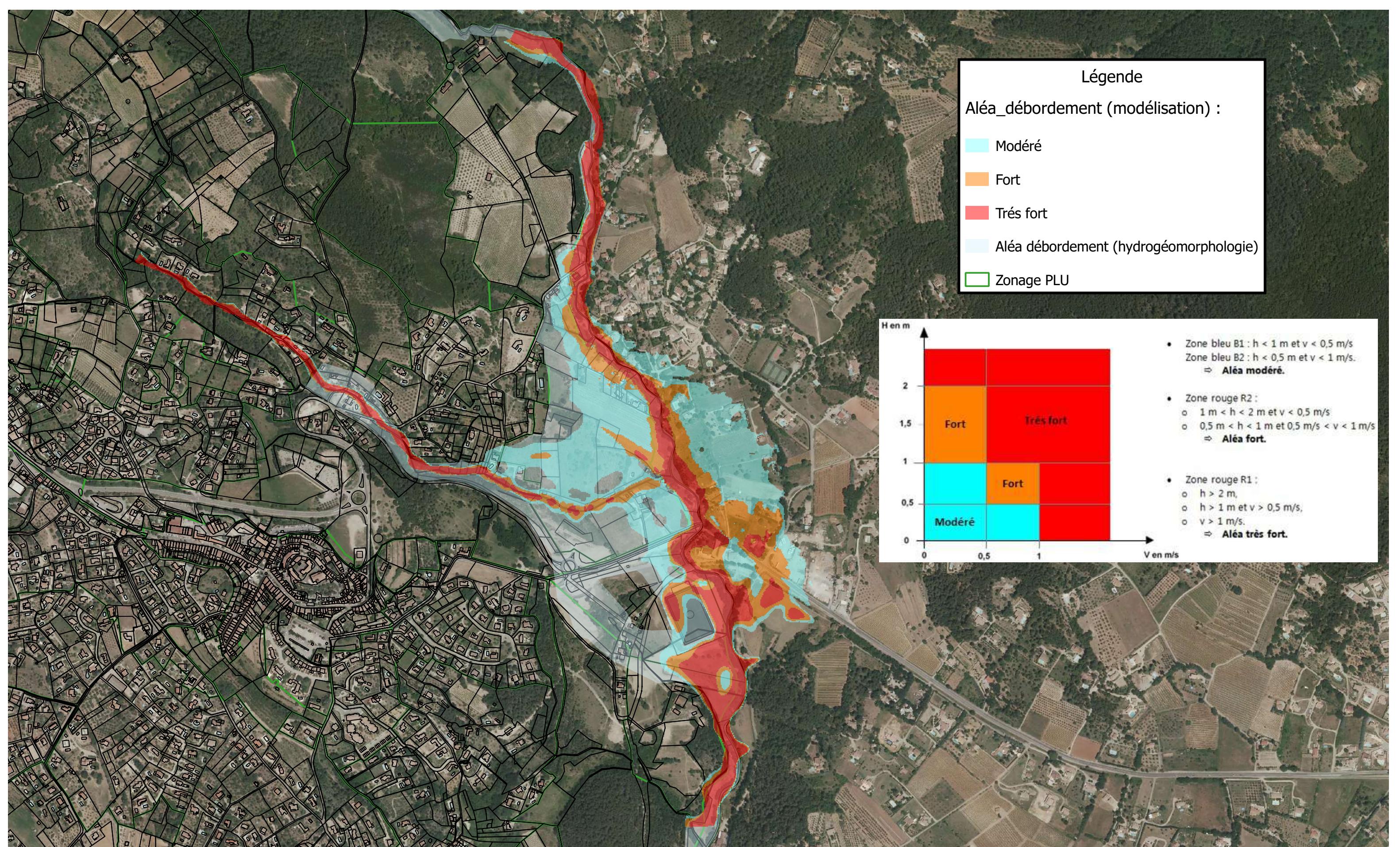
E15214

Echelle : 1 / 7 500

Réalisé par : REG

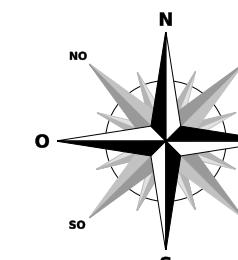
Imprimé le 20/07/2016





Carte des aléas de débordement du Figueiret pour une crue millénale

Résultat de la modélisation 2D sur HEC-RAS et de l'approche
hydrogéomorphologique



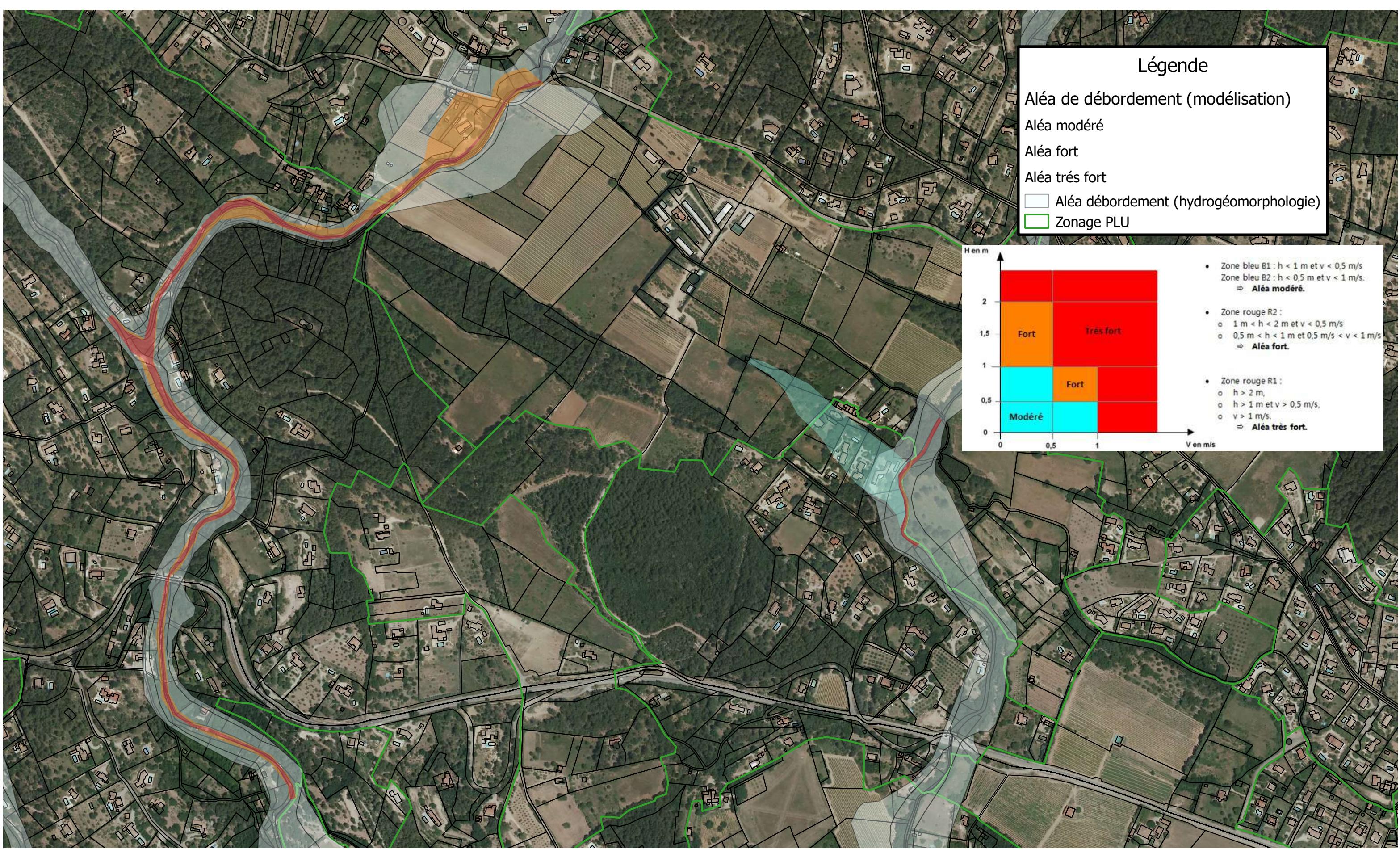
E15214

Echelle : 1 / 7 500

Réalisé par : REG

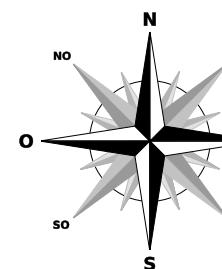
Imprimé le 20/07/2016





Carte des aléas de débordement de la Florière et sur Le Clos pour une crue centennale

Résultat de la modélisation 1D sur HEC-RAS et de l'approche hydrogéomorphologique



E15214

Echelle : 1/ 5 000

Réalisé par : REG

Imprimé le 20/07/2016



4. Diagnostic qualitatif des rejets

4.1. Méthodologie

4.1.1. Préambule

Lors des reconnaissances du réseau sur le terrain, aucun rejet de pollution par temps sec n'a été repéré.

Le réseau de la commune se découpe en 6 bassins versants urbains qui possèdent, chacun d'entre eux, un exutoire. Cette multiplicité d'exutoires engendre une diffusion de la charge polluante au travers des différents exutoires et rend difficilement acceptable la réalisation d'une campagne de mesures des charges de pollution réelle au regard des enjeux sur le milieu récepteur.

Aux vues de ces deux points, il a donc été décidé de réaliser une analyse des flux de pollution théorique associés au bassin versant urbain et de corroborer ces résultats avec des mesures ponctuelles de concentration de polluants lors d'épisodes pluvieux afin de caler et conceptualiser les ratios théoriques utilisés.

L'approche théorique est basée sur la méthode suivante :

Dans un premier temps, la concentration de polluants pour chaque bassin versant urbain est déterminée sur la base de ratio type afin d'en déduire la charge polluante de chaque bassin qui est rejetée dans le milieu récepteur.

Cette charge polluante dépend de la pluviométrie. Dans cette étude, la pluie est exprimée en hauteur d'eau pour des fréquences d'apparition très courante, inférieur à la fréquence d'apparition annuelle. Le tableau ci-dessous, provient de la station du Luc sur une période statistique de 1982 à 2013 pour une pluie de durée 1h.

Fréquence d'apparition	hauteur estimée	
	1h	24h
hebdomadaire	3,6 mm	
bi-mensuelle	5,9 mm	8,2 mm
mensuelle	8,8 mm	21,3 mm
bimestrielle	12,2 mm	33,6 mm
trimestrielle	15,8 mm	43,4 mm
semestrielle	23,3 mm	59,3 mm
annuelle	28,8 mm	75,8 mm
bisannuelle		91,4 mm

Figure 26 : Hauteur de pluie en fonction de la fréquence pour des cumuls de pluie sur 1h et 24h.

Dans un deuxième temps une comparaison est nécessaire entre la charge polluante rejetée par le réseau aux exutoires le milieu urbain et les objectifs de qualité du cours d'eau du milieu récepteur.

Les eaux pluviales de Flayosc, se déverse dans le Florière qui se jette lui-même dans l'Argens en amont de la commune de Vidauban. La qualité de l'Argens en période d'étiage en amont du point de confluence avec le Florière, est considérée comme la qualité de référence.

L'analyse est menée avec l'objectif de vérifier si l'apport de pollution par l'eau de pluie en milieu urbain ne modifie pas la classe de qualité dans laquelle se trouve l'Argens.

4.1.2. Type de pollution à considérer

Il existe différents types de pollution dont les sources polluantes associées sont abordées de manière différentes.

- **Pollution saisonnière**

Cette pollution provient principalement de l'entretien hivernal des routes, lors du salage par exemple. Elle est caractérisée par la forte concentration en NaCl et saumure et l'utilisation de produits phytosanitaires (herbicides sélectifs, engrains ou limiteur de croissance pour la couverture végétale des bas-côtés. La pollution saisonnière est très soluble. La commune de Flayosc n'est pas affectée par ce type de pollution.

- **Pollution accidentelle**

La commune de Flayosc est touchée par ce type de pollution mais de façon limité. La pollution accidentelle est principalement liée au déversement de matières polluantes sur la chaussée, notamment lors d'accident sur la route par exemple.

- **Pollution chronique**

La pollution chronique causée par le lessivage de la chaussée est le principal type de pollution sur la commune de Flayosc. Cette pollution peut être caractérisée par la présence d'hydrocarbures, de zinc et matières en suspension dont l'origine provient de la corrosion des équipements de la route et l'usure des pneumatiques, de DCO et d'éléments métalliques.

Les paramètres à considérer dans la suite de l'étude sont donc décrits ci-dessous, ils proviennent essentiellement d'une pollution chronique.

Indicateurs	Paramètres	Effets sur le milieu
Matière organiques et oxydables	DCO, DBO5	Consommation de l'O ₂ du milieu
Matières azotée en nitrate	Azote Kjeldal, indice permanganate, orthophosphate	Contribuent à la prolifération des algues
Particules en suspensions	MES	Trouble l'eau et gène à la pénétration de la lumière
Acidification	pH	Perturbe la vie aquatique
Hydrocarbures	Hydrocarbures (HAPs)	
Métaux	Métaux lourds	

Figure 27 : Paramètres physico-chimiques analysables pour la qualité d'une eau

4.1.3. Qualité du milieu naturel à considérer

Aucune donnée sur la qualité physico-chimique du Florière n'étant disponible c'est donc la qualité de l'Argens qui est utilisé comme référence de qualité.

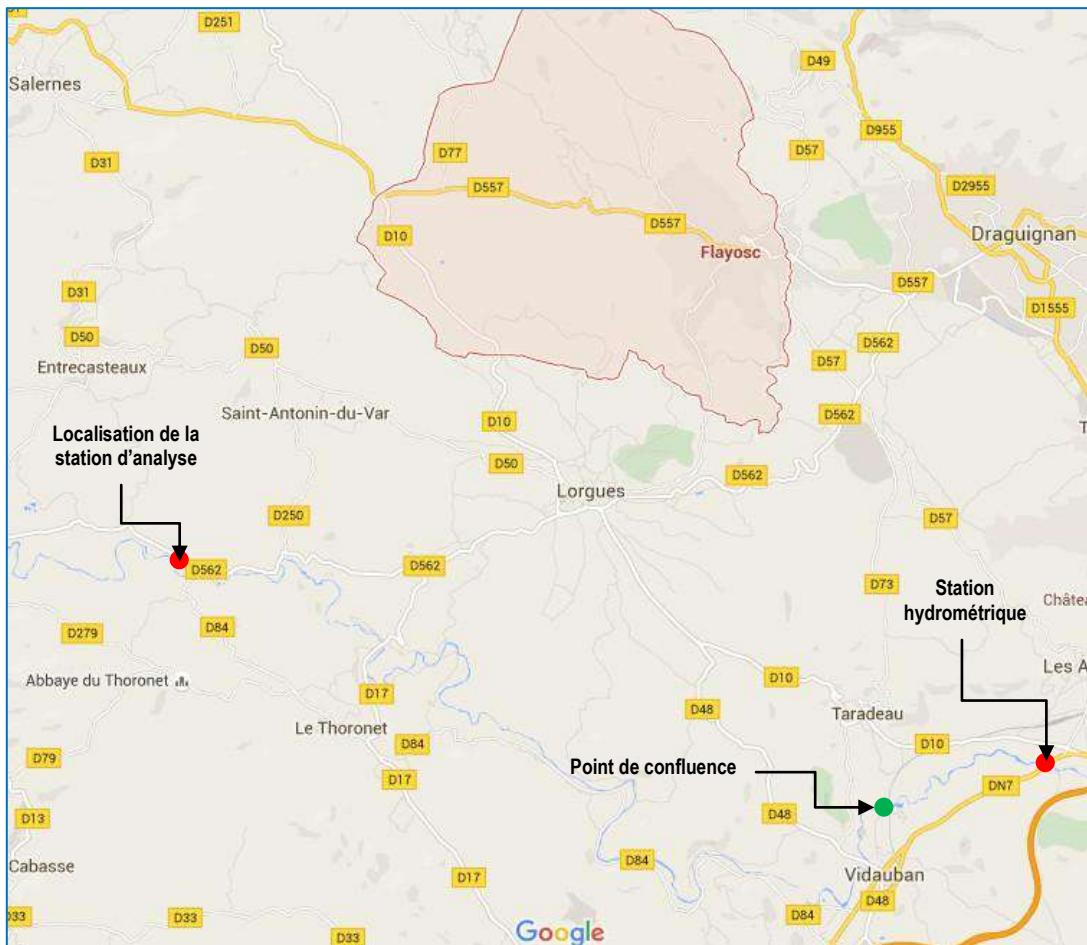


Figure 28 : Localisation du point d'analyse de la qualité de l'Argens

Les résultats d'analyses disponibles (septembre 2010), en période d'étiage sont les suivants :

Résultats d'analyses	Valeurs	Classes de qualité
MES (mg/l)	2	TB
DBO ₅ (mgO2/l)	6	B
DCO (mgO2/l)	<5	TB
NTK (mg/l)	<1	TB
Pb (mg/l)		

Tableau 16 : Résultats d'analyse physico-chimique de l'Argens en amont du point de confluence

Ce sont ces classes de qualités définis ci-dessus qui sont prises comme référence. Pour le Plomb, nous prendrons comme référence 0,52 mg/l, qui correspond à une classe de qualité très bonne.

Le débit utilisé pour calculer la charge polluante en amont du point de confluence est le débit spécifique moyen du bassin versant de l'Argens sur l'année 2015 donnée par la station hydrométrique de l'Argens aux Arcs situé peu après le point de confluence. Ce débit spécifique est de 7,31 l/s/km² pour un bassin versant total de 1730 km² soit un débit de 12.65 m³/s.

4.2. Mesures réalisées par temps de pluie

Des mesures et analyses ont été effectuées par temps de pluie pour différents paramètres chimiques. Les prélèvements ont été réalisées le 7 Juin 2016 à deux points différents sur la commune (points 1 et 2).

	Début pluie 14h40	Prélèvements 15h00
Localisation	Point 1	Point 2
Diam. Réseau	500 mm	1000 mm
Hauteur d'eau dans le réseau	300 mm	250 mm
Débit évalué	210 l/s	270 l/s

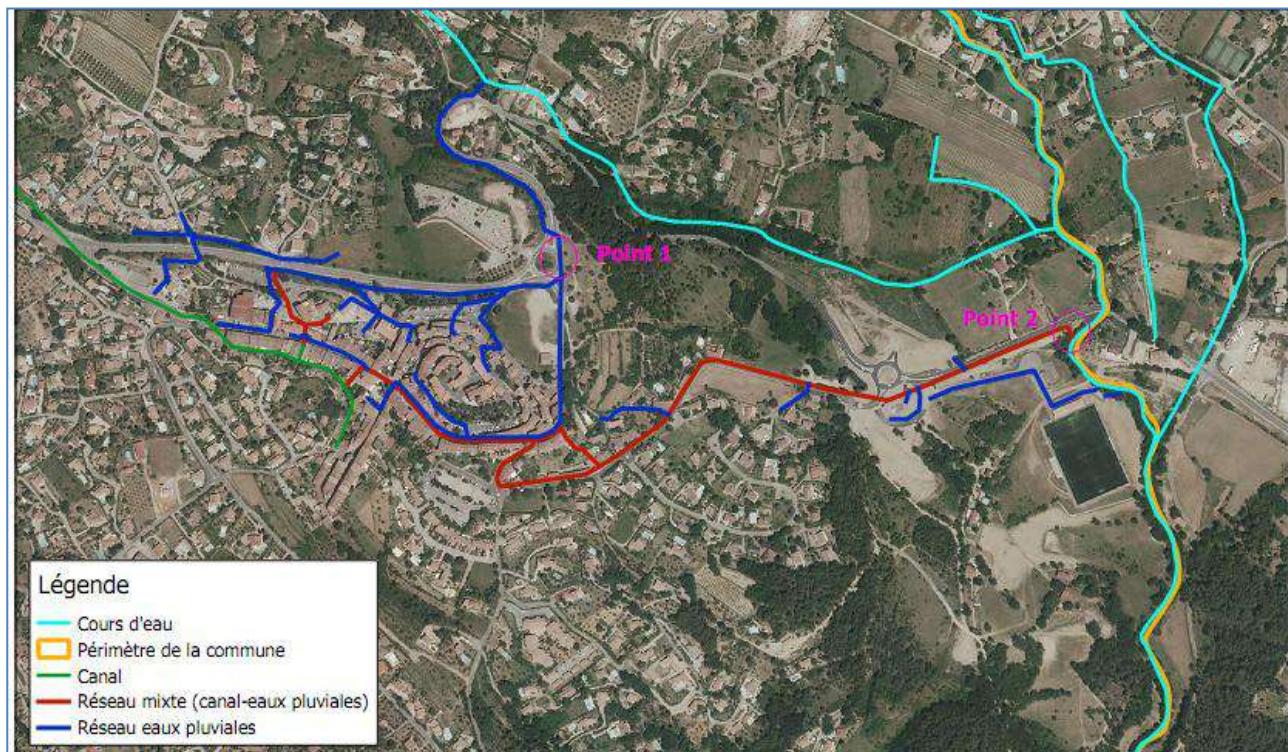


Figure 29 : Localisation des points de prélèvement pour analyse ponctuelle de la qualité

Le rapport intégral des analyses est disponible en annexe. Les paramètres concernés par l'étude sont présentés dans le tableau suivant :

	Point 1	Qualité	Point 2	Qualité
MES (mg/L)	140	Mauvaise	200	Mauvaise
DBO ₅ (mg/L O ₂)	6	Bonne	5,4	Bonne
DCO (mg/L O ₂)	106	Mauvaise	58	Médiocre
NTK (mg/L)	3,94	Passable	2,03	Passable
Pb (mg/L)	0,0202	Très bonne	< 0,02	Très bonne

Tableau 17 : résultats des analyses terrain

Les analyses permettent de révéler des traces d'éléments en plus forte concentration qu'attendu. Le Fluor en fait parti à raison de 3,7 mg/l (point 2), le phosphore avec 0,436 mg/l (point 1) qui correspond à une classe de qualité passable pour ce paramètre. Des métaux sont aussi détectés comme l'aluminium et le fer avec respectivement 3,30 mg/l (point 2) et 3.63 mg/l (point 1).

On peut noter l'absence d'hydrocarbure pour les deux prélèvements.

4.3. Estimation de la pollution au milieu par temps de pluie

La pollution se retrouvant dans les eaux pluviales, étant relative au sol sur lequel l'eau de pluie à ruisseler, il est possible d'approcher la concentration moyenne des eaux de ruissellement en fonction du type de sol. Cette analyse est basée sur des ratios classiquement employés en hydraulique urbaine et présentés dans le tableau ci dessous.

Paramètres	Zone résidentielle	Zone mixte	Zone commerciale	Zone non urbaine	Valeurs Max*
Coefficients d'imperméabilisation associé (%)	40	35		20	80
MES (mg/l)	101	67	69	70	235
DBO ₅ (mgO ₂ /l)	10	7,8	9,3		25
DCO (mgO ₂ /l)	73	65	57	40	180
NTK (mg/l)	1,9	1,29	1,18	0,965	
Pb (mg/l)	0,1	0,114	0,104	0,03	0,35

*Concentrations moyennes des eaux pluviales urbaines en réseau séparatif d'après J.P.PHILIPPE, DREIF

Tableau 18 : Concentrations moyennes des eaux de ruissellement en fonction du type de sol.

Des courbes de tendance ont pu être dégagées par le biais d'une régression linéaire avec l'aide du tableau ci -dessus.

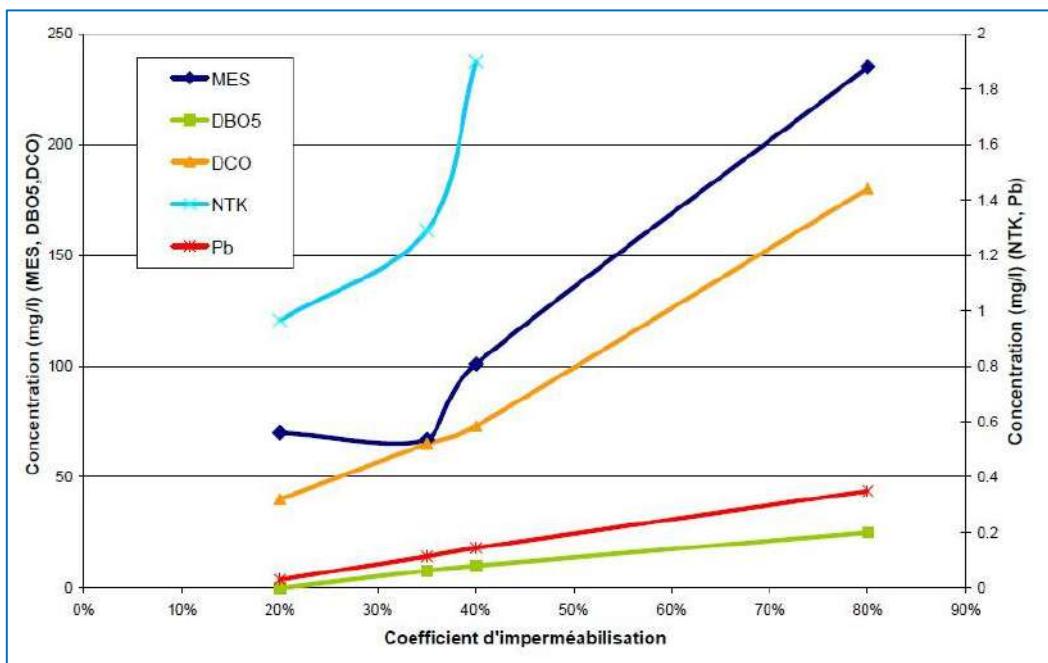


Figure 30 : Courbes de tendances des concentrations en fonction de la perméabilité du sol

Une estimation théorique de la pollution rejetée au milieu naturel au niveau des principaux exutoires a été réalisée pour l'ensemble des réseaux pluviaux de la commune, en se basant sur le coefficient d'imperméabilité de chaque bassin versant urbain principaux. On considère dans ce cas, le coefficient d'imperméabilité étant égal au coefficient de ruissellement.

ID BV	MES (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DCO (mg/l)	NTK (mg/l)	Pb (mg/l)
BV1	131	13,21	97	3,00	0,159
BV2	101	9,77	73	1,90	0,102
BV3	134	13,49	99	3,09	0,163
BV4	135	13,59	100	3,12	0,165
BV5	134	13,51	99	3,09	0,164
BV6	122	12,21	90	2,68	0,142

Tableau 19 : Estimation des concentrations des bassins versants urbains

Les concentrations en polluant calculées de façon théorique sont de la même grandeur que les concentrations relevées sur le terrain pour l'événement du 7 juin 2016. On note tout de même des valeurs de concentration légèrement supérieurs pour les analyses terrains qui peuvent s'expliquer par une pluie plus faible que les pluies théoriques utilisées pour le calcul pendant les prélèvements et donc des résultats moins diluées.

Pour la suite de l'analyse qualitative les concentrations théoriques sont lissées en fonction des analyses terrains représentatives des caractéristiques de l'activité sur les bassins versants urbains de la commune. Les concentrations calculées de DBO₅ sont divisées par deux et les concentrations calculées en Plomb seront divisées par 10 pour se rapprocher des résultats des mesures réelles.

ID BV	MES (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DCO (mg/l)	NTK (mg/l)	Pb (mg/l)
BV1	131	6,60	97	3,00	0,016
BV2	101	4,88	73	1,90	0,010
BV3	134	6,75	99	3,09	0,016
BV4	135	6,80	100	3,12	0,017
BV5	134	6,76	99	3,09	0,016
BV6	122	6,10	90	2,68	0,014

Figure 31 : Concentration utilisées pour la suite de l'étude qualitative

4.4. Impact des rejets pluviaux urbains sur la qualité du cours d'eau

Pour chaque bassin versant urbain, la charge de chaque polluant a été calculée en fonction d'une hauteur de pluie précipitée.

ID BV	MES (kg)	DBO5 (kg)	DCO (kg)	NTK (kg)	Pb(kg)
BV1	61	3,09	45	1,40	0,007
BV2	2	0,10	2	0,04	0,000
BV3	25	1,28	19	0,59	0,003
BV4	16	0,78	12	0,36	0,002
BV5	123	6,19	91	2,84	0,015
BV6	60	2,98	44	1,31	0,007

Tableau 20 : Tableau des charges polluantes par bassins pour une pluie hebdomadaire sur 1h.

Par la suite la concentration de chaque polluant de la rivière en aval des points de rejets est calculée puis comparée aux concentrations de référence. (Tableau 16 : Résultats d'analyse physico-chimique de l'Argens en amont du point de confluence).

La formule suivante est utilisée :

$$C_{eTB} * V_{étage} + C_{BVs} * V_{BVs} = C_{tot} * V_{tot} ;$$

C_{eTB} : Concentration de référence pour une classe de qualité "Très Bien" (mg/l) ;

$V_{étage}$: Volume d'étiage de l'Argens sur une période d'une heure (l) ;

C_{BVs} : Concentration provenant de la pollution des bassins versants urbains (mg/l) ;

V_{BVs} : Volume d'eau ruisselant sur la surface totale des bassins versants en fonction d'une hauteur d'eau précipitée (l) ;

C_{tot} : Concentration à estimer correspondant à celle de l'Argens après l'apport de pollution par les bassins versants (mg/l) ;

V_{BVs} : Somme des volumes étiage et des ruissellement (l) ;



Pour chaque pluie donnée, la concentration de l'Argens en charge polluante est décrite ci-dessous.

	Pluie de durée = 1 h									
	Fréquence : hebdomadaire Pluie (mm) : 3.60		Fréquence : mensuelle Pluie : 8.80		Fréquence : trimestrielle Pluie : 15.80		Fréquence : semestrielle Pluie : 23.30		Fréquence : annuelle Pluie : 28.80	
Paramètres de qualité	Concentrations rivière en aval (mg/l)	Classe de qualité	Concentrations rivière en aval (mg/l)	Classe de qualité	Concentrations rivière en aval (mg/l)	Classe de qualité	Concentrations rivière en aval (mg/l)	Classe de qualité	Concentrations rivière en aval (mg/l)	Classe de qualité
MES (mg/L)	8	B	16	B	24	B	33	P	38	P
DBO (mg(O ₂)/L)	6	B	6	B	6	B	6	B	6	B
DCO (mg(O ₂)/L)	9	TB	15	TB	21	B	27	B	30	P
NTK (mg(N)/L)	1.09	B	1.21	B	1.34	B	1.47	B	1.55	B
Pb (mg(Pb)/L)	0.50	TB	0.47	TB	0.43	TB	0.40	TB	0.38	TB

Tableau 21 : Résultat théorique sur la qualité en fonction des hauteurs d'eaux précipitées pour un cumul de pluie de 1h

	Pluie de durée = 24 h									
	Fréquence : bi-mensuelle Pluie (mm) : 8.20		Fréquence : mensuelle Pluie : 21.30		Fréquence : trimestrielle Pluie : 43.40		Fréquence : semestrielle Pluie : 59.30		Fréquence : annuelle Pluie : 75.80	
Paramètres de qualité	Concentrations rivière en aval (mg/l)	Classe de qualité	Concentrations rivière en aval (mg/l)	Classe de qualité	Concentrations rivière en aval (mg/l)	Classe de qualité	Concentrations rivière en aval (mg/l)	Classe de qualité	Concentrations rivière en aval (mg/l)	Classe de qualité
MES (mg/L)	3	B	4	B	5	B	6	B	7	B
DBO (mg(O ₂)/L)	6	B	6	B	6	B	6	B	6	B
DCO (mg(O ₂)/L)	5	TB	6	TB	7	TB	8	TB	9	TB
NTK (mg(N)/L)	1.01	B	1.02	B	1.05	B	1.06	B	1.08	B
Pb (mg(Pb)/L)	0.52	TB	0.51	TB	0.51	TB	0.50	TB	0.50	TB

Tableau 22 : Résultat théorique sur la qualité en fonction des hauteurs d'eaux précipitées pour un cumul de pluie de 24h

On constate une augmentation de la concentration de certains paramètres et ce dès la pluie hebdomadaire pour un cumul de pluie de 1h. En effet pour les différentes fréquences simulées, pour un cumul de pluie de 1h, la classe de qualité de l'Argens passe de TB à B pour les paramètres MES, DCO et NTK.

Pour les différentes fréquences d'apparition simulées, pour un cumul de pluie de 24h, le changement de classe de qualité est moins important en raison d'une plus forte dilution. Les résultats montrent une petite dégradation de la qualité pour les paramètres MES et NTK mais l'augmentation de la concentration est presque négligeable.

En définitive, les simulations théoriques (pour lesquelles les ratios de concentration des différents paramètres ont été ajustés aux mesures réelles réalisées) démontrent que les charges de pollution apportées au milieu naturel (l'Argens) par les bassins versants urbains lors de différents épisodes pluvieux ne sont pas importantes et ne nécessite pas de traitements particuliers avant évacuation dans le milieu récepteur.

5. Synthèse et orientation

5.1. Cadre de réflexion

La stratégie doit être définie en tenant compte du cadre législatif, réglementaire et normatif existant. Notamment :

5.1.1. SDAGE RM / PGRI RM

- **Respecter les principes d'un aménagement du territoire intégrant les risques d'inondations**
 - D.1-6 Éviter d'aggraver la vulnérabilité en orientant le développement urbain en dehors des zones à risque
 - La maîtrise de l'urbanisation en zone inondable est une priorité et nécessite une bonne prise en compte du risque inondation dans l'aménagement du territoire, au travers des documents d'urbanisme et de planification à une échelle compatible avec celles des bassins versants, notamment les schémas de cohérence territoriale (SCOT).
 - En l'absence de PPRI, les principes suivants s'appliquent pour les documents d'urbanisme concernant l'aménagement des zones à risques d'inondation:
 - L'interdiction de construire en zone d'aléa fort avec une possibilité d'exception en centre urbain dense ;
 - L'interdiction de construire en zone inondable non urbanisée ;
 - La préservation des champs d'expansion des crues tels que définis par la disposition D.2-1, des zones humides et des massifs dunaires sur le littoral ;
 - La limitation des équipements et établissements sensibles dans les zones inondables afin de ne pas compliquer exagérément la gestion de crise, et la réduction de la vulnérabilité des équipements et établissements sensibles déjà implantés ;
 - Lorsqu'elles sont possibles, l'adaptation au risque de toutes les nouvelles constructions en zone inondable ;
 - l'inconstructibilité derrière les digues dans les zones non urbanisées ;
 - L'interdiction de l'installation de nouveaux campings en zone inondable.
 - D.1-9 Renforcer la prise en compte du risque dans les projets d'aménagement
- **Augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques**
 - D.2-1 Préserver les champs d'expansion des crues
 - L'article L.211-1 du code de l'environnement rappelle l'intérêt de préserver les zones inondables comme élément de conservation du libre écoulement des eaux participant à la protection contre les inondations.
 - Les champs d'expansion des crues sont définis comme les zones inondables non urbanisées, peu urbanisées et peu aménagées dans le lit majeur et qui contribuent au stockage ou à l'écrêtement des crues.
 - Les champs d'expansion de crues doivent être conservés sur l'ensemble des cours d'eau du bassin, notamment par leur prise en compte dans les documents d'urbanisme (SCoT, PLU...). Ce principe est par ailleurs un des fondements de l'élaboration des PPRI (article L562-8 du code de l'environnement).
 - D.2-2 Rechercher la mobilisation de nouvelles capacités d'expansion des crues
 - Les collectivités compétentes en termes de prévention des inondations étudient, en lien avec les acteurs concernés, les possibilités de mobilisation fonctionnelles de nouvelles capacités d'expansion des crues, notamment celles correspondant à la remobilisation de zones soustraites à l'inondation en tenant compte de l'impact éventuel sur les activités existantes.
 - Pour les territoires identifiés sur cette carte, les stratégies locales de gestion des risques d'inondation (SLGRI) et les programmes d'action de prévention des inondations (PAPI) mettent en œuvre des programmes d'action intégrés prenant à la fois en compte les enjeux de la prévention des inondations et ceux du fonctionnement naturel des milieux aquatiques.



- Par ailleurs, lorsqu'une SLGRI ou un PAPI prévoit la mobilisation de nouvelles capacités d'expansion de crue, les porteurs du programme d'action examinent, en lien avec les acteurs de l'eau du territoire concerné, si des synergies d'action sont possibles pour mettre en œuvre, via ce programme d'action, des actions de restauration morphologique.
- D.2-3 Éviter les remblais en zones inondables
- D.2-4 Limiter le ruissellement à la source
 - En milieu urbain comme en milieu rural, des mesures doivent être prises, notamment par les collectivités locales par le biais des documents et décisions d'urbanisme et d'aménagement du territoire, pour limiter les ruissellements à la source, y compris dans des secteurs hors risques mais dont toute modification du fonctionnement pourrait aggraver le risque en amont ou en aval. Ces mesures qui seront proportionnées aux enjeux du territoire, doivent s'inscrire dans une démarche d'ensemble assise sur un diagnostic du fonctionnement des hydrossystèmes prenant en compte la totalité du bassin génératrice du ruissellement, dont le territoire urbain vulnérable (« révélateur » car souvent situé en point bas) ne représente couramment qu'une petite partie.
 - Aussi, en complément des dispositions 5A-03, 5A-04 et 5A-06 du SDAGE, il s'agit, notamment au travers des documents d'urbanisme, de :
 - limiter l'imperméabilisation des sols et l'extension des surfaces imperméabilisées ;
 - favoriser ou restaurer l'infiltration des eaux ;
 - favoriser le recyclage des eaux de toiture ;
 - favoriser les techniques alternatives de gestion des eaux de ruissellement (chaussées drainantes, parking en nid d'abeille, toitures végétalisées, ...)
 - maîtriser le débit et l'écoulement des eaux pluviales, notamment en limitant l'apport direct des eaux pluviales au réseau ;
 - préserver les éléments du paysage déterminants dans la maîtrise des écoulements, notamment au travers du maintien d'une couverture végétale suffisante et des zones tampons pour éviter l'érosion et l'aggravation des débits en période de crue ;
 - préserver les fonctions hydrauliques des zones humides ;
 - éviter le comblement, la dérivation et le busage des vallons dits secs qui sont des axes d'écoulement préférentiel des eaux de ruissellement ;

5.1.2. PAPI

Les grands axes de la stratégie de réduction de l'aléa du PAPI :

- Limiter les débits lors des pics de crues
- Faciliter l'écoulement dans les secteurs les plus vulnérables
- Protéger ponctuellement les enjeux sensibles
- Aménager localement le lit des cours d'eau

La stratégie du PAPI repose sur les actions suivantes :

- Préserver les zones d'expansions de crues,
- Aménager les ZEC connues pour renforcer leur efficacité,
- Maitriser le ruissellement dans les zones urbanisées,
- Prendre en compte l'aléa dans l'urbanisme et la compensation du ruissellement lors de tout nouveau projet de construction.

5.1.3. La norme NF EN 752-2

La norme NF EN 752-2 (1996) relative aux réseaux d'évacuation et d'assainissement a introduit 3 notions essentielles :

- Le concept d'insuffisance des réseaux doit être précisé, en distinguant notamment les risques de mise en charge et les risques de débordement ;
- Le niveau de protection assuré par les ouvrages d'assainissement doit être adapté à la vulnérabilité du site ;
- Le concepteur doit utiliser les intensités de précipitation propres à la zone considérée.

Le choix du niveau de protection est clairement de la responsabilité du maître d'ouvrage, en l'absence de prescriptions de l'autorité compétente, la norme propose de retenir les critères du tableau suivant relatifs aux périodes de retour de mise en charge et à celles de débordement :

Période de retour sans mise en charge	Type d'occupation du sol	Période de retour de débordement
1 an	Zones rurales	10 ans
2 ans	Zones résidentielles	20 ans
2 ans à 5 ans	Centre ville et zones	30 ans
	industrielles ou commerciales	
10 ans	Passages souterrains	50 ans
	routiers ou ferrés	

Tableau 23 : Norme NF EN 752-2

La période de retour décennale ne doit donc absolument plus être considérée comme la référence. Nous retiendrons dans le cadre de cette étude pour le choix du niveau de protection et de non défaillance des ouvrages, pour l'analyse et le dimensionnement des aménagements :

- une pluie d'occurrence 5 ans pour les ouvrages de franchissement en zones rurales,
- une pluie d'occurrence 30 ans pour les ouvrages de collecte des eaux pluviales en zones urbaines et ou à enjeux en zones rurales.

TYPE D'ENJEU EXPOSÉ	TYPE D'ALÉA EN CAUSE	OBJECTIF CIBLÉ DES AMÉNAGEMENTS
Centres urbains denses, zones d'activité économique et infrastructures majeures	Risques torrentiels et ruissellements rapides	Crues rares de période de retour ≥ 50 ans
	Débordements de cours d'eau et inondation de plaine	Crues relativement fréquentes de période de retour entre 10 et 30 ans
Zones d'habitat dispersé, enjeux économiques et infrastructures secondaires, activité agricole vulnérable	Risques torrentiels et ruissellements rapides	Crues assez rares de période de retour entre 30 et 50 ans
	Débordements de cours d'eau et inondation de plaine	Crues assez fréquentes de période de retour entre 10 et 20 ans
Zones agricoles peu vulnérables	Débordements de cours d'eau et inondation de plaine	Crues fréquentes de période de retour entre 5 et 10 ans
Zones naturelles	Tout type d'aléa	Libre inondation en crue

Tableau 24 : Objectifs ciblés des aménagements du PAPI

5.2. Orientations pour la phase 3

Mise en place d'une stratégie globale à l'échelle de la commune portant sur :

- **Des solutions structurelles pour la trame pluviale urbaine**
 - Travaux de renforcement – recalibrage de la trame pluviale en centre urbain et sur l'axe d'écoulement chemin du stade, fond de Roux Nord.
 - Valorisation des ZEC.
- **Des solutions non structurelles**
 - Adaptation PLU (règlement et zonage) pour la prise en compte de l'aléa.
 - Zonage EP.

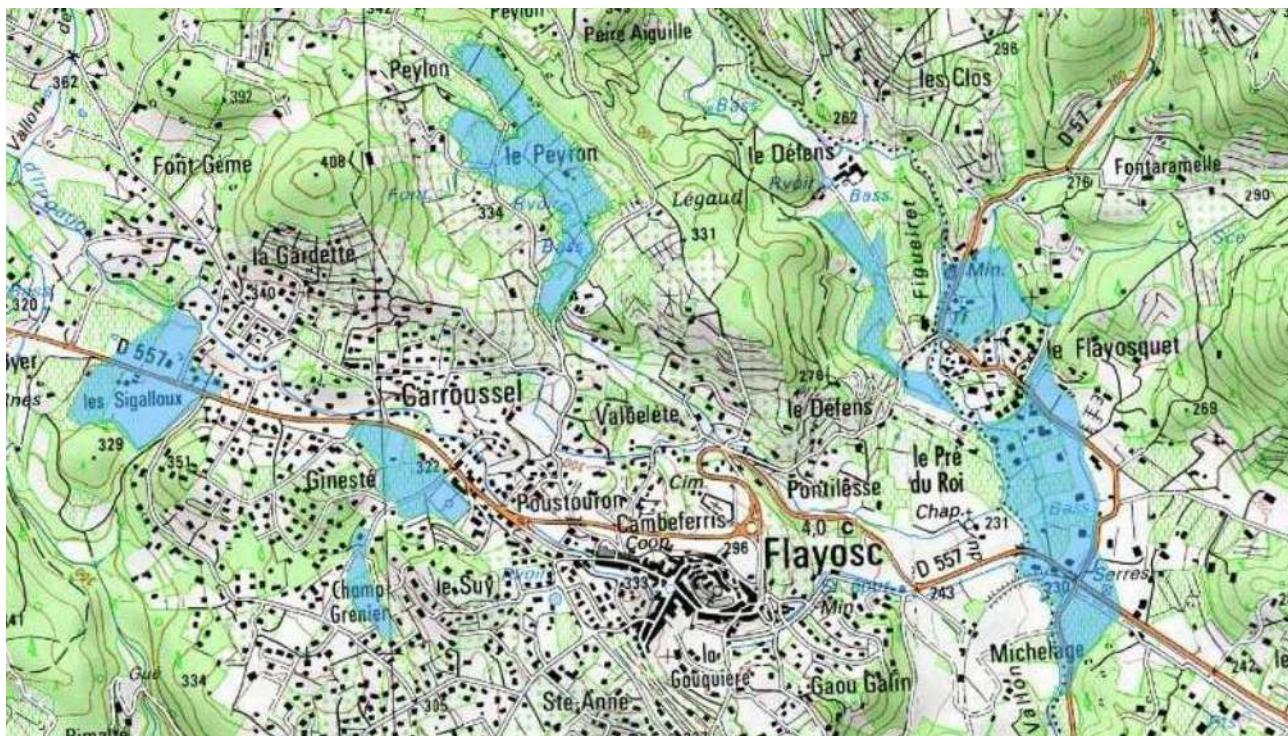


Figure 32 : ZEC identifiées dans le PAPI

6. Annexes

6.1. Notice SIG des tables fournies en phase 2

La cartographie hydrogéomorphologique de la commune de Flayosc a été réalisée sous Q.GIS et plusieurs tables vectorielles (.shp) ont été constituées. Toutes les tables sont construites à l'identique, les tables attributaires contenant les champs suivants :

- Identifiant : numéro unique d'objet
- Type : codification relative à la nature de l'objet
- Libellé : nature de l'objet en toute lettre
- Nom de l'étude, du maître d'ouvrage, du producteur
- Date : date de la dernière modification.

Cette cartographie hydrogéomorphologique établie en phase 1 afin de donner le plus rapidement possible à la commune les éléments nécessaires à la prise en compte du risque dans le cadre de la réflexion menée sur le PLU a été affinée lors de cette phase 2 sur les secteurs Figueiret – Peyon et Florieye.

Dans cette phase la table S_ALEADEBOR (livrée en phase 1) est modifiée de la façon suivante :

Rappel Version phase 1 :

S_ALEADEBOR	Surfaciques	Qualification des aléas inondation par débordement de cours d'eau 1 : Aléa fort 2 : Aléa modéré (occurrence rare) 3 : Aléa modéré (occurrence exceptionnelle)
-------------	-------------	--

Version phase 2 :

S_ALEADEBOR	Surfaciques	Qualification des aléas inondation par débordement de cours d'eau 1 : Aléa fort hydrogéomorphologique (Identique version 1 hors secteur Figueiret – Peyron) 2 : Aléa modéré hydrogéomorphologique - occurrence rare (Identique version 1 hors secteur Figueiret – Peyron) 3 : Aléa modéré hydrogéomorphologique – occurrence exceptionnelle (Identique version 1 hors secteur Figueiret – Peyron) 4 : Aléa très fort approche modélisatrice 5 : Aléa fort approche modélisatrice 6 : Aléa modéré approche modélisatrice 7 : Aléa résiduel par approche hydrogéomorphologique
-------------	-------------	---