

Mairie de Bellegarde



ZONAGE PLUVIAL

Phases 1 & 2 : Etat des lieux de l'assainissement pluvial et diagnostic du réseau



Novembre 2018

LE PROJET

Client	Mairie de Bellegarde
Projet	Zonage Pluvial
Intitulé du rapport	Phases 1 & 2 : Etat des lieux de l'assainissement pluvial et diagnostic du réseau

LES AUTEURS

	<p>Cereg Ingénierie - 589 rue Favre de Saint Castor – 34080 MONTPELLIER Tel : 04.67.41.69.80 - Fax : 04.67.41.69.81 - montpellier@cereg.com www.cereg.com</p>
--	---

Réf. Cereg -M18056

Id	Date	Etabli par	Vérifié par	Description des modifications / Evolutions
V1	Novembre 2018	Julien AZEMA	Fabien CHRISTIN	Version initiale



TABLE DES MATIERES

A. ETAT DES LIEUX DE L’ASSAINISSEMENT PLUVIAL	8
A.I. PRESENTATION GENERALE DE LA COMMUNE ET RECUEIL DE DONNEES	9
A.I.1. Contexte de l’étude.....	9
A.I.1.1. Situation géographique	9
A.I.1.2. Topographie	9
A.I.1.3. Réseau hydrographique.....	11
A.I.1.4. Géologie et hydrogéologie	14
A.I.1.5. Patrimoine	24
A.I.1.6. Démographie et urbanisme.....	27
A.I.2. Analyse de la cartographie EXZECO	28
A.II. ANALYSE DES ETUDES ANTERIEURES	30
A.II.1. Généralités	30
A.II.2. Analyse de l’étude BRL Ingénierie.....	30
A.II.3. Analyse du PPRI.....	32
A.II.4. Synthèse.....	33
A.III. RECONNAISSANCE DU RESEAU D’ASSAINISSEMENT DES EAUX PLUVIALES	34
A.III.1. Caractérisation du réseau de la commune	34
A.III.2. Observations sur le réseau	35
A.III.3. Témoignages des habitants.....	36
A.IV. RECONNAISSANCE DES BASSINS VERSANTS	37
A.IV.1. Exutoire des eaux pluviales de la commune	37
A.IV.2. Bassins versants	38
B. DIAGNOSTIC DU RESEAU PLUVIAL	41
B.I. PRINCIPES GENERAUX.....	42
B.I.1. Méthode de calcul	42
B.I.2. Principes de modélisation du processus hydrologique.....	42
B.I.2.1. Utilisation du code de calcul PC SWMM.....	42
B.I.2.2. Le réseau modélisé	43
B.I.2.3. Pluviométrie	45
B.I.2.4. Fonction de production.....	45
B.I.2.5. Fonction de transfert	46
B.I.2.6. Construction des pluies de projet	47
B.I.2.7. Prise en compte du Rieu ,de son système d’écroulement et des prises d’eau	49
B.I.2.8. Levés topographiques.....	51
B.I.2.9. Le réseau d’assainissement pluvial.....	51
B.II. DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE FONCTIONNEL	52

B.II.1.1.	<i>Caractérisation du réseau</i>	52
B.II.1.2.	<i>Insuffisances du réseau et analyse des axes d'écoulements surfaciques</i>	54
B.III.	DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE PAR SECTEUR.....	57
B.III.1.	Secteur Nord-Ouest	58
B.III.2.	Secteur Nord-Est	61
B.III.3.	Secteur Centre-ville.....	64
B.III.3.1.	<i>Secteur amont</i>	64
B.III.3.2.	<i>Secteur aval</i>	69
B.III.4.	Secteur Est	75
B.III.5.	Secteur Sud-Est	76
B.III.6.	Secteur Sud-Ouest.....	77
B.IV.	CONCLUSION	79
C.	ANNEXES.....	80

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Synthèse de l'état et des objectifs de qualité du Rieu.....	14
Tableau 2 :	Etat quantitatif et objectifs de qualité des masses d'eau souterraines présentes sur le territoire communal.	18
Tableau 3 :	Variation de niveau d'eau au droit du point de mesure.....	19
Tableau 4 :	Population communale à Bellegarde (sources : Ldh/EHESS/Cassini jusqu'en 1999 puis Insee à partir de 2006).	27
Tableau 5 :	Synthèse des observations réalisées sur les ouvrages de franchissement et fossés.....	36
Tableau 6 :	Synthèse des observations réalisées sur le réseau pluvial enterré.	36
Tableau 7 :	Coefficients de rugosité selon la nature des tronçons modélisés	43
Tableau 8 :	Coefficients de Montana de la station de Nîmes Courbessac 1964-2014	45
Tableau 9 :	Curve Number retenus	46
Tableau 10 :	Pluies de projet pour différentes périodes de retour et durées intenses	48
Tableau 11 :	Valeur de perméabilité du sol utilisées	51
Tableau 12 :	Relation entre l'occupation des sols et la fréquence de protection contre les inondations pluviales (source : La Ville et son Assainissement – CERTU).	55
Tableau 13 :	Pourcentage de réseau pluvial défaillant selon plusieurs occurrences.....	56
Tableau 14 :	Couple hauteurs vitesses des écoulements surfaciques constatés pour différentes occurrences de pluie sur le chemin de Coste Canet et du Cros des Bards.....	59
Tableau 15 :	Couple hauteurs/vitesses des écoulements surfaciques simulés sur le chemin des costières	62
Tableau 16 :	Couple hauteurs/vitesses des écoulements simulés sur la chaussée du chemin du Mas St Jean	63
Tableau 17 :	Couple hauteur/vitesse des écoulements simulés sur la rue du pré.....	68
Tableau 18 :	Couples hauteurs/vitesses des écoulements simulés sur la Rue d'Arles.....	74
Tableau 19 :	Couples hauteurs/vitesses des écoulements simulés sur la route de Beaucaire	76
Tableau 20 :	Couples hauteurs/vitesses des écoulements simulés sur la rue de Saint Gilles	78

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Localisation des points de suivi piézométrique	18
Illustration 2 : Variation des niveaux d’eau au droit du point de mesure	19
Illustration 3 : Population communale à Bellegarde (sources : Ldh/EHESS/Cassini jusqu'en 1999 puis Insee à partir de 2006) .	27
Illustration 5 : Cartographie de l’aléa débordement de cours d’eau à Bellegarde. Source PPRI	32
Illustration 6 : Répartition des linéaires selon le type de réseau	34
Illustration 7 : Répartition des linéaires de réseau enterré selon le diamètre des conduites.	35
Illustration 8 Localisation des différents exutoires pluviaux	37
Illustration 9 Vue amont et aval du thalweg du mas Saint Jean.	38
Illustration 10 : Réseaux de drainage	44
Illustration 11 : Schéma d’une pluie de projet double - triangle.....	47
Illustration 12 : Tableau de constructions des pluies de Desbordes	48
Illustration 13 : Localisation des prises d’eau.....	49
Illustration 14 : Localisation des bassins d’infiltration et de rétention	50
Illustration 15 : Localisation des différents secteurs	53
Illustration 16 : Les différents types d’écoulement.....	54
Illustration 17 : Limites de déplacement en fonction des caractéristiques du ruissellement.....	55
Illustration 18 : Localisation des différents secteurs.....	57
Illustration 19 : Carte des périodes de retour de défaillances du réseau pluvial du secteur Nord-Ouest	58
Illustration 20 : Distinction des bassins versant drainés ou non vers des mesures compensatoires.....	59
Illustration 21 : Dispositif servant à diriger le ruissellement vers le réseau pluvial (Chemin du Cros des Bards), source Google maps.....	60
Illustration 22 : Carte des insuffisances du réseau pluvial du secteur Nord-Est	61
Illustration 23 : Localisation des rues mentionnées	61
Illustration 24 : Aménagements surfaciques organisant l’écoulement surfacique dû à l’insuffisance du réseau pluvial.....	62
Illustration 25 : Caniveau insuffisant aménagé pour collecter le débit produit par la source du Mas Saint Jean	63
Illustration 26 : Cartographie des insuffisances du réseau pluvial du centre-ville et identification des branches de réseau	64
Illustration 27 : Gabarit de la branche 4, vue amont et aval.	65
Illustration 28 : Localisation des rues mentionnées	65
Illustration 29 : Localisation du secteur étudié	66
Illustration 30 : Ligne d’eau biennale dans le réseau pluvial entre les points A et B	66
Illustration 31 : Localisation de la branche de la rue du Pré	67
Illustration 32 : Ligne d’eau occurrence décennale de la branche de réseau de la rue du pré	68
Illustration 33 : Cartographie des défaillances des réseaux pluviaux du secteur aval	69
Illustration 34 : Localisation des rues mentionnées	70
Illustration 35 : Axes d’écoulements surfaciques induit par le débordement du réseau drainant la rue du Rieu.....	71
Illustration 36 : Ligne d’eau centennale dans le fossé exutoire	71

Illustration 37 : Refoulement du fossé exutoire dans la branche de réseau.....	72
Illustration 38 : Localisation du fossé qui contraint les écoulements du secteur	72
Illustration 39 : Profil en long du réseau pluvial de la branche 3	73
Illustration 40 : Cartographie des occurrences de défaillances de la branche 3.....	74
Illustration 41 : Cartographie des occurrences de défaillances des réseaux pluviaux du secteur Est	75
Illustration 42 : Cartographie des occurrences de défaillances du réseau pluvial du secteur Sud-Est	76
Illustration 43 : Cartographie des occurrences de défaillances du réseau pluvial du secteur Sud-Ouest	77
Illustration 44 : Illustration de la typologie de bassin versant drainé	78

PREAMBULE

Dans le cadre de l'élaboration de son PLU, la commune de Bellegarde souhaite se doter d'un schéma d'assainissement pluvial. L'objectif de cette étude est de diagnostiquer les problèmes existants du réseau et d'élaborer un zonage pluvial permettant de pérenniser le bon fonctionnement du réseau tout en permettant le développement urbain.

La réalisation s'organise en 3 phases distinctes :

- **Phase 1 : Etat des lieux de l'assainissement pluvial.** Cette phase permet la reconnaissance sur le terrain de l'ensemble du réseau pluvial et le recueil des données existantes, notamment en ce qui concerne les dysfonctionnements connus du réseau et la caractérisation du milieu naturel.
- **Phase 2 : Diagnostic du réseau pluvial.** Le diagnostic du fonctionnement du réseau est établi sur la base de la reconnaissance de ce dernier ainsi que des levés topographiques effectués. Ce diagnostic permet de mettre en évidence les zones les plus sensibles en termes de capacité d'évacuation et de risques de saturation.
- **Phase 3 : Zonage pluvial.** Le zonage fournit les prescriptions à respecter en fonction des contraintes hydrauliques identifiées dans les phases précédentes afin de prévenir la dégradation de la situation sur les secteurs posant déjà problèmes et d'éviter l'apparition de nouveaux désordres.

Ce rapport présente les phases 1 et 2 de l'étude.

A. ETAT DES LIEUX DE L'ASSAINISSEMENT PLUVIAL



A.I. PRESENTATION GENERALE DE LA COMMUNE ET RECUEIL DE DONNEES

A.I.1. Contexte de l'étude

A.I.1.1. Situation géographique

La commune de Bellegarde est située dans le département du Gard, à 17 km au Sud-Ouest de Nîmes et s'étend sur 44,96 km². Elle est limitrophe des communes Saint Gilles, Manduel, et Garons.

A.I.1.2. Topographie

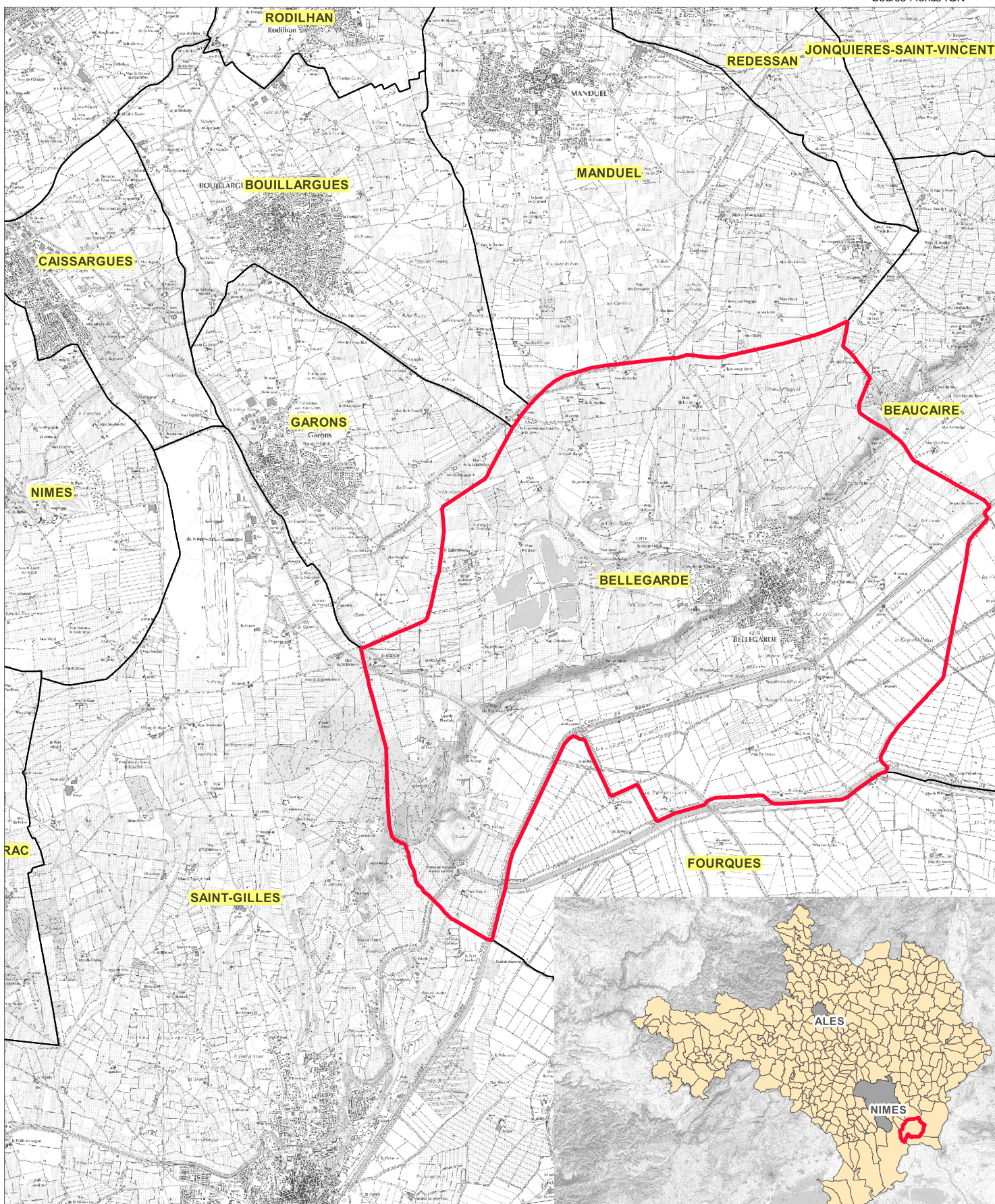
Le centre historique de la commune se situe sur les contreforts d'une colline culminant à 60 m d'altitude. Il est dominé par un plateau. L'Est de la commune est situé dans le delta du Rhône, dans la plaine de Camargue. L'altitude moyenne de cette plaine au droit de Bellegarde oscille entre 0 et 2 m NGF.

La ville se situe au carrefour entre le plateau des Costières et la plaine de Camargue. Le centre-ville est dominé par un plateau ayant une altitude de 60 m NGF environ où se concentre l'urbanisation récente de la commune (Lotissement des Ferrières). Sur ce plateau, est implanté une tour, vestige du moyen âge.


La commune est traversée par un cours d'eau : Le Rieu.

Localisation géographique

Source : fonds IGN



LEGENDE

 Commune de Bellegarde

1:100 000

0 1000 2000 m



A.I.1.3. Réseau hydrographique

A.I.1.3.1. Contexte général

La ville est drainée par une multitude de cours d'eau, fossé, ruisseau ou encore roubine. Certains des canaux servent autant à l'irrigation qu'au drainage pluvial. La grande majorité du réseau de fossé, roubine, ruisseau ne présente pas d'écoulement pérenne mais est susceptible de produire de forts débits lors d'épisode pluvieux intenses.

On distingue les cours d'eaux principaux suivants :

- Le Rieu, cours d'eau principal traversant la commune d'Ouest vers le Sud-Est. Ce cours d'eau a fait l'objet de vaste aménagement d'écêtement des débits, notamment par le biais des gravières de Sautebraut. Il trouve son exutoire dans le contre canal du Canal du Rhône à Sète (CRS) au Sud Est de la commune.
- Le ruisseau de L'Amarine, alimenté par une prise d'eau sur le canal des Costières, est un affluent rive Gauche du Rieu.
- La Roubine de Campuget, drainant une grande partie du territoire Nord de la commune. C'est un affluent rive Gauche du Rieu.
- Le Talweg de Vaque Basse, draine le secteur éponyme. C'est un affluent rive Gauche du Rieu.
- Le Talweg du Mas St Jean, affluent rive gauche du Rieu.

La planche 2 ci-dessous précise la localisation de ces principaux cours d'eau.

A.I.1.3.2. Données quantitatives

A.I.1.3.2.1. Données débit-métriques

Aucune mesure de débit n'est effectuée sur le réseau hydrographique traversant la commune. Les données débit-métriques les plus proches sont disponibles sur le Rhône. Les stations hydrométriques les plus proches sont situées :

- À Beaucaire, sur le Rhône, à environ 10 km au Nord-Ouest de Bellegarde ;

Les données sont mesurées depuis 9 ans.

L'étude de zonage s'intéresse au ruissellement urbain, de sorte que l'analyse des crues du Rhône ne sera pas effectuée puisque directement liées à une problématique fluviale et non de ruissellement urbain.

A.I.1.3.2.2. Risque inondation

La commune est concernée par un Plan de Prévention des Risques Inondation (PPRI). Le PPRI de Bellegarde, prend en compte le risque inondation induit par le débordement des cours d'eau suivants :

- Le Rieu ;
- Le Rhône.

Le Rhône, localisé à environ 10 km de la commune peut inonder Bellegarde dans le cas où les digues de protection viendraient à rompre. Ce cas s'est produit plusieurs fois dans l'histoire. Le dernier cas étant la crue de 2002.

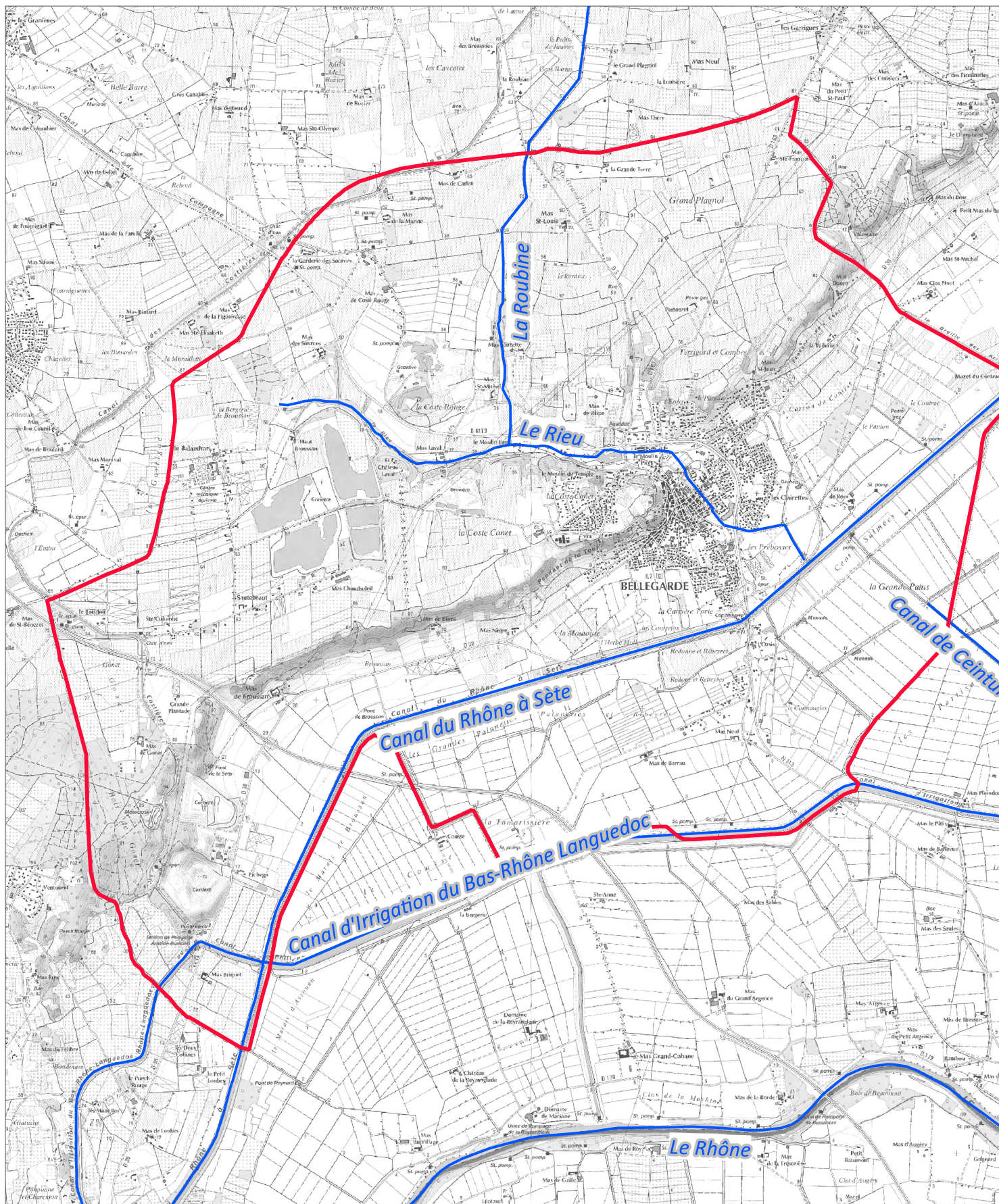
Le Rieu est également en mesure de provoquer des inondations dommageables sur la commune. La dernière crue majeure s'est produite en 2005. L'aléa d'inondation provoqué par une crue du Rieu a fait l'objet d'une étude en 2007. Cette étude visait à cartographier les zones inondables du Rieu en intégrant l'ensemble des dispositifs d'écrêtement mis en place à l'Amont de la commune.

En effet, les anciennes carrières exploitées en amont de la ville, ont été transformées en système d'écrêtement pour un volume d'écrêtement estimé à environ 575 000 m³ pour les gravières de Coste Rouge et 850 000 m³ pour celles de Sautebraut. De part, les aménagements réalisés, environ 30 % du bassin versant du Rieu est contrôlé par un système d'écrêtement des débits.



Le PPRI intègre dans sa cartographie, les mesures d'écrêtement réalisées sur le Rieu.

Réseau hydrographique

Source : fonds IGN



LEGENDE

-  Commune de Bellegarde
-  Réseau hydrographique

1:65 000

0 650 1300 m



A.I.1.3.3. Données qualitatives

La qualité de l’eau du Rieu fait l’objet d’un suivi de la part des services de l’Etat. Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Masses d’eau			Etat écologique			Etat chimique		
			2016			2016		
Référence de la masse d’eau	Nom	Statut	Etat	Niveau de confiance	Objectif de bonne qualité	Etat	Niveau de confiance	Objectif de bon état
FRDR10361	<i>Le Rieu</i>	<i>Masse d’Eau Naturelle</i>	<i>Moyen</i>		<i>2021</i>	<i>Bon état</i>		<i>2015</i>

Tableau 1 : Synthèse de l’état et des objectifs de qualité du Rieu

Le Rieu est donc en moyen état écologique, bien qu’il soit en bon état chimique.

A.I.1.4. Géologie et hydrogéologie

A.I.1.4.1. Géologie

Le territoire communal s’implante sur un substrat diversifié majoritairement de nature sédimentaire. La commune s’implante sur les formations suivantes :

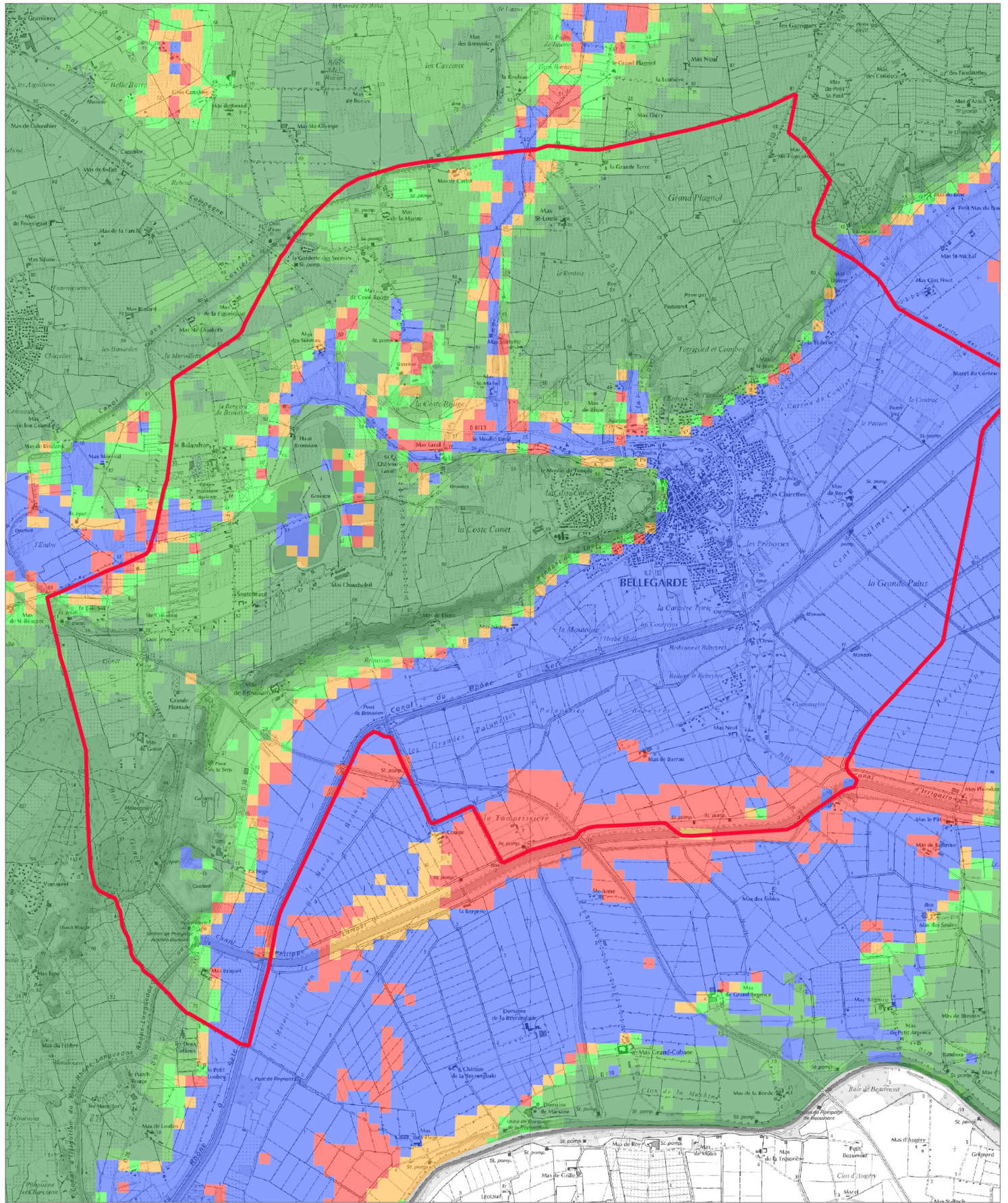
- Imbrication limon et cailloutis en bordure Sud-Est des Costières ;
- Limon palustre des dépressions inter-fluviales et des étangs éventuellement avec influence fluviale ;
- Alluvions anciennes, alluvions des plus hautes terrasses ;
- Sables littoraux et argiles saumâtres.

Ainsi, la commune s’implante sur des formations globalement peu perméables.

En outre, la grande majorité du territoire communal est particulièrement sensible au risque de remontées de nappes.

Remontées de nappes

Source : fonds IGN



LEGENDE

- Commune de Bellegarde
- Sensibilité moyenne
- Sensibilité faible
- Sensibilité très élevée, nappe affleurante
- Sensibilité très faible
- Sensibilité forte
- Sensibilité très faible à inexistante

1:65 000

0 650 1300 m



A.I.1.4.2. Hydrogéologie

Le SDAGE 2016-2021 Rhône-Méditerranée identifie plusieurs masses d’eau souterraines au droit de la commune :

- FRDG 323 : Alluvions anciennes du Rhône du confluent de la Durance jusqu’à Arles et Beaucaire et alluvions du bas gardon ;
- FRDG 101 : Alluvions anciennes de la Vistrenque et des Costières.

Le SDAGE a fixé les états suivants pour ces différentes masses d’eau.

Masses d’eau		Etat quantitatif		Etat chimique	
Référence de la masse d’eau	Nom	Etat	Objectif de bon état	Etat	Objectif de bon état
FRDG 323	Alluvions anciennes du Rhône du confluent de la Durance jusqu’à Arles et Beaucaire et alluvions du bas gardon	Bon	2015	Bon	2015
FRDG 101	Alluvions anciennes de la Vistrenque et des Costières	Bon	2015	Médiocre à cause des Nitrates et des pesticides	2027

Tableau 2 : Etat quantitatif et objectifs de qualité des masses d’eau souterraines présentes sur le territoire communal.

Les masses d’eaux présentes sur le territoire communal, sont en bon état quantitatifs. En revanche, la masse d’eau des alluvions anciennes de la Vistrenque et des Costières est dans un état qualitatif médiocre à cause notamment d’une trop forte concentration en Nitrate et en Pesticides. La masse d’eau FRDG 323 est quant à elle en bon état chimique.

A.I.1.4.3. Suivi piézométrique

Le territoire communal est équipé d’un point de suivi piézométrique des masses d’eaux souterraines.



Illustration 1 : Localisation des points de suivi piézométrique

Le point de mesure est situé sur la nappe de la Vistrenque au droit du Mas Ballandran. Le suivi piézométrique est réalisé depuis 1973. Le niveau du sol au droit du point de suivi est d’une altitude de 52 m NGF.

L’évolution de la piézométrie de la masse d’eau est présentée ci-dessous :

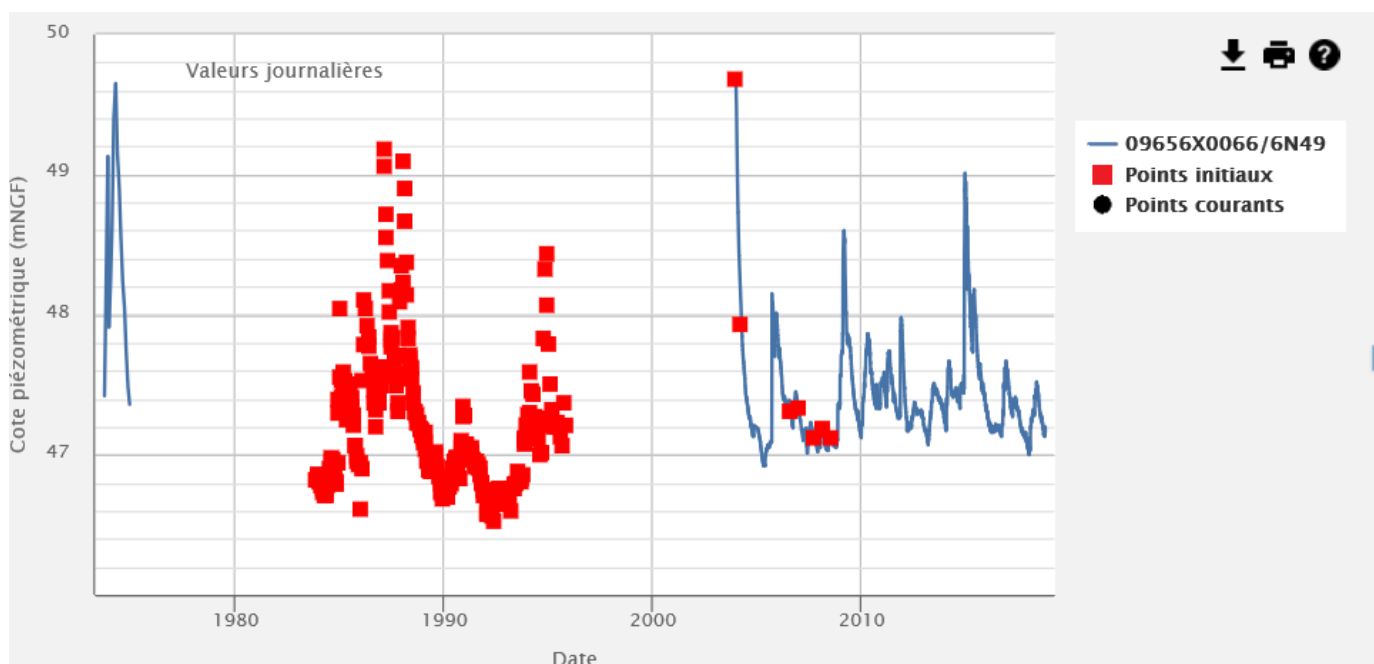


Illustration 2 : Variation des niveaux d’eau au droit du point de mesure

Le portail national d’accès aux données sur les eaux souterraines (*ades*), indique que la masse d’eau au droit de ce point sur la période d’observation 1973-2018 présente les variations de piézométrie suivantes :

Point de mesure BSS002EVTV ; Mas Ballandran	
Profondeur relative minimale	2.51 m
Profondeur relative moyenne	4.78 m
Profondeur relative maximale	5.68 m

Tableau 3 : Variation de niveau d’eau au droit du point de mesure

Sur la partie du plateau des costières (secteur où est localisé le point de mesure), la nappe phréatique est en moyenne située à 4.78 m sous la surface du sol. Néanmoins, en période de hautes eaux, la nappe se rapproche de la surface. Ceci est susceptible de contraindre la vidange par infiltration des bassins de d’infiltrations présents et notamment si ces derniers ont une profondeur importante.

A.I.1.4.4. Périmètres de protection rapprochés

Trois captages pour l'alimentation en eau potable se trouvent sur la commune. Il s'agit des captages Poul, Berard et Reille. Ces trois captages sont situés en rive Gauche du Rieu, au Nord Est du secteur urbanisé de la commune de Bellegarde.

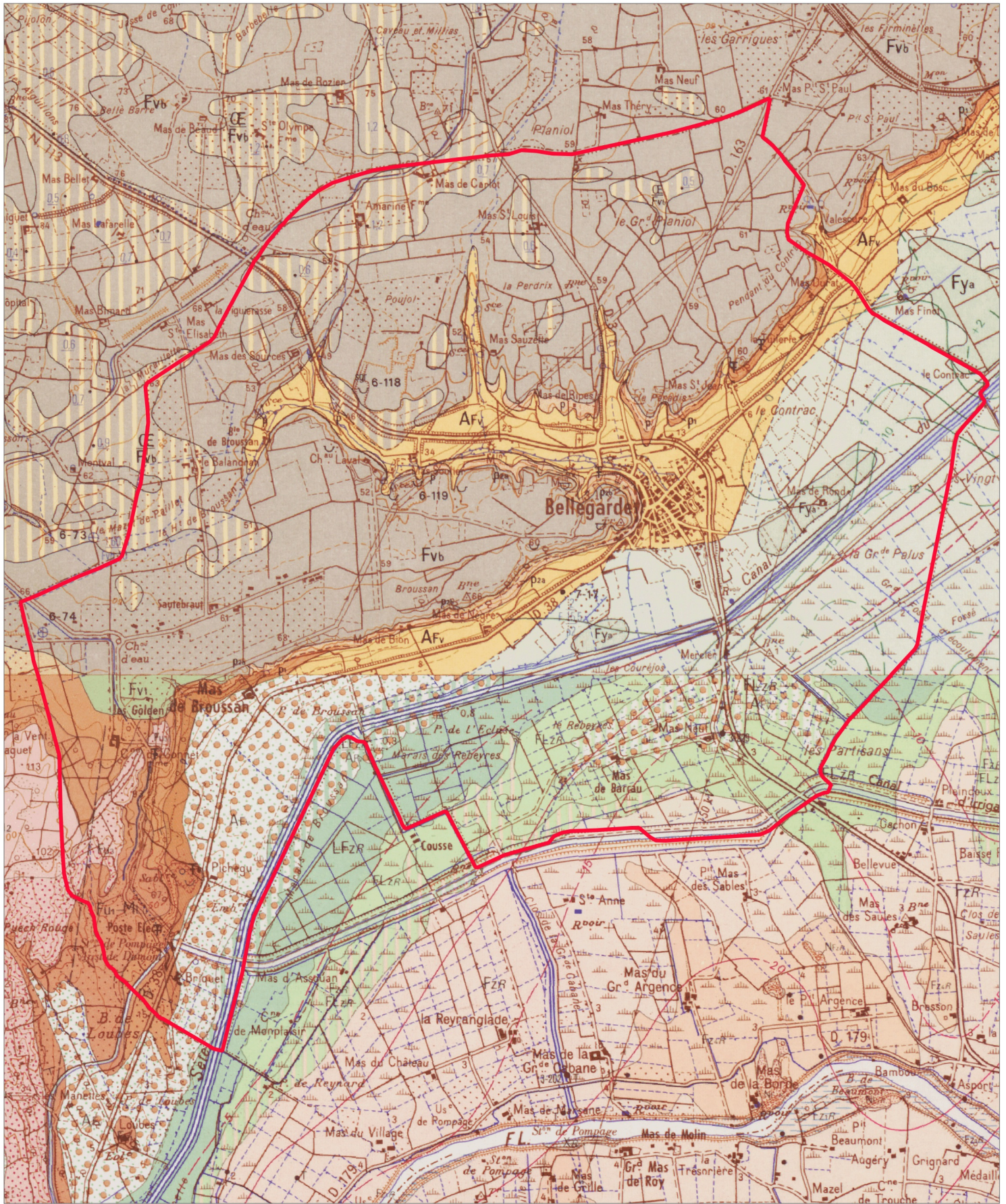
Les périmètres de protection immédiat sont restreints, mais leurs périmètres de protection rapproché et étendu sont importants. Néanmoins ils n'empiètent pas sur le territoire urbanisé de la commune.

Les règlements régissant l'utilisation du sol pouvant être faite dans la limite du périmètre de protection stipulent notamment l'interdiction de toute activité susceptible d'altérer la qualité de l'eau ou d'en modifier les caractéristiques dans les limites définies par les périmètres de protection éloigné et étendu des forages définis ci-dessus.


Au sein de ces périmètres de protection, les aménagements éventuels prévus dans le cadre d'une urbanisation future devront prendre en compte cette contrainte en interdisant notamment la construction de bassins permettant l'infiltration d'eaux pluviales dans le sol en raison de la qualité de ces dernières.

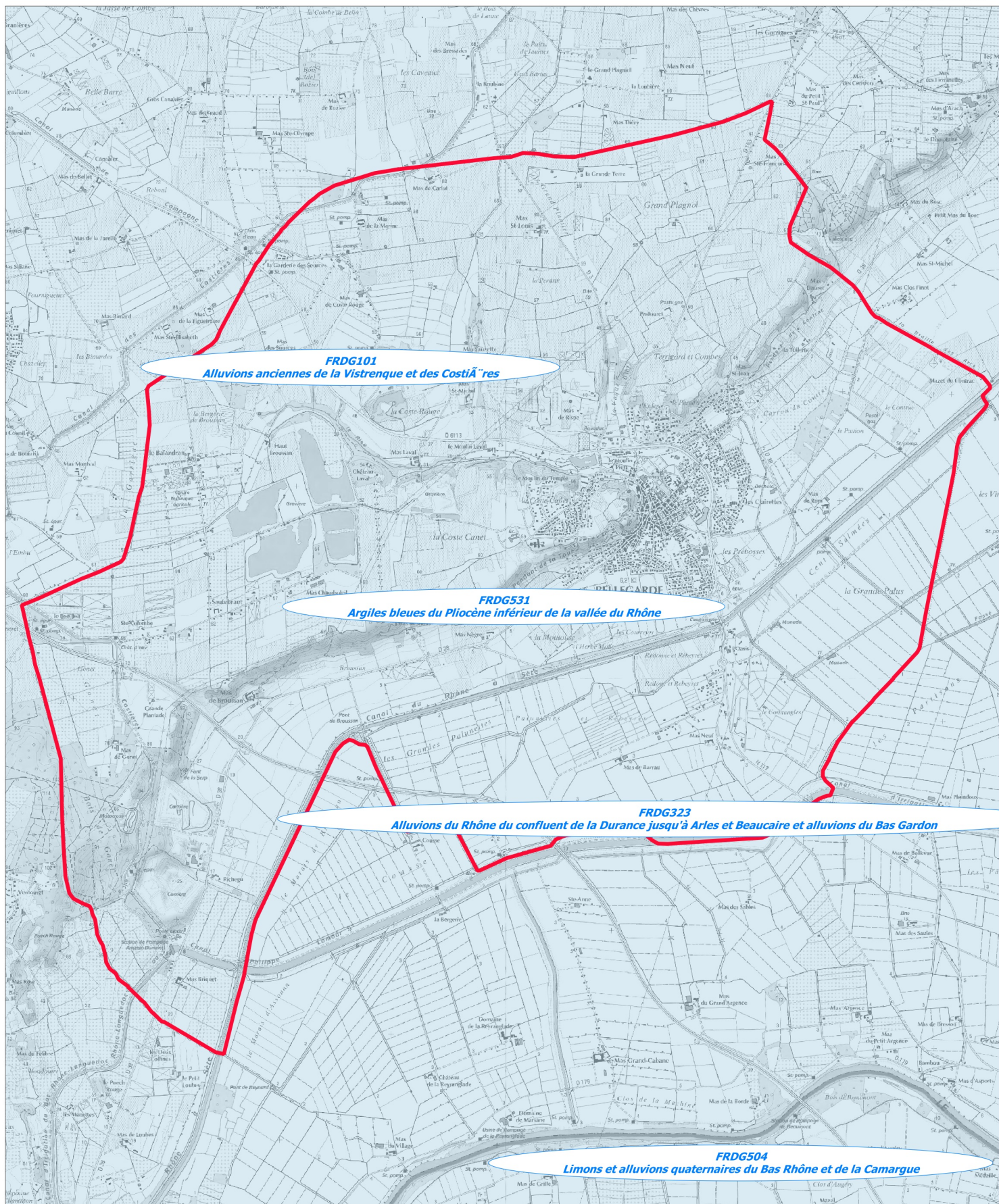
Géologie

Source : fonds IGN



LEGENDE
 Commune de Bellegarde

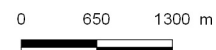
1:65 000
0 650 1300 m




LEGENDE

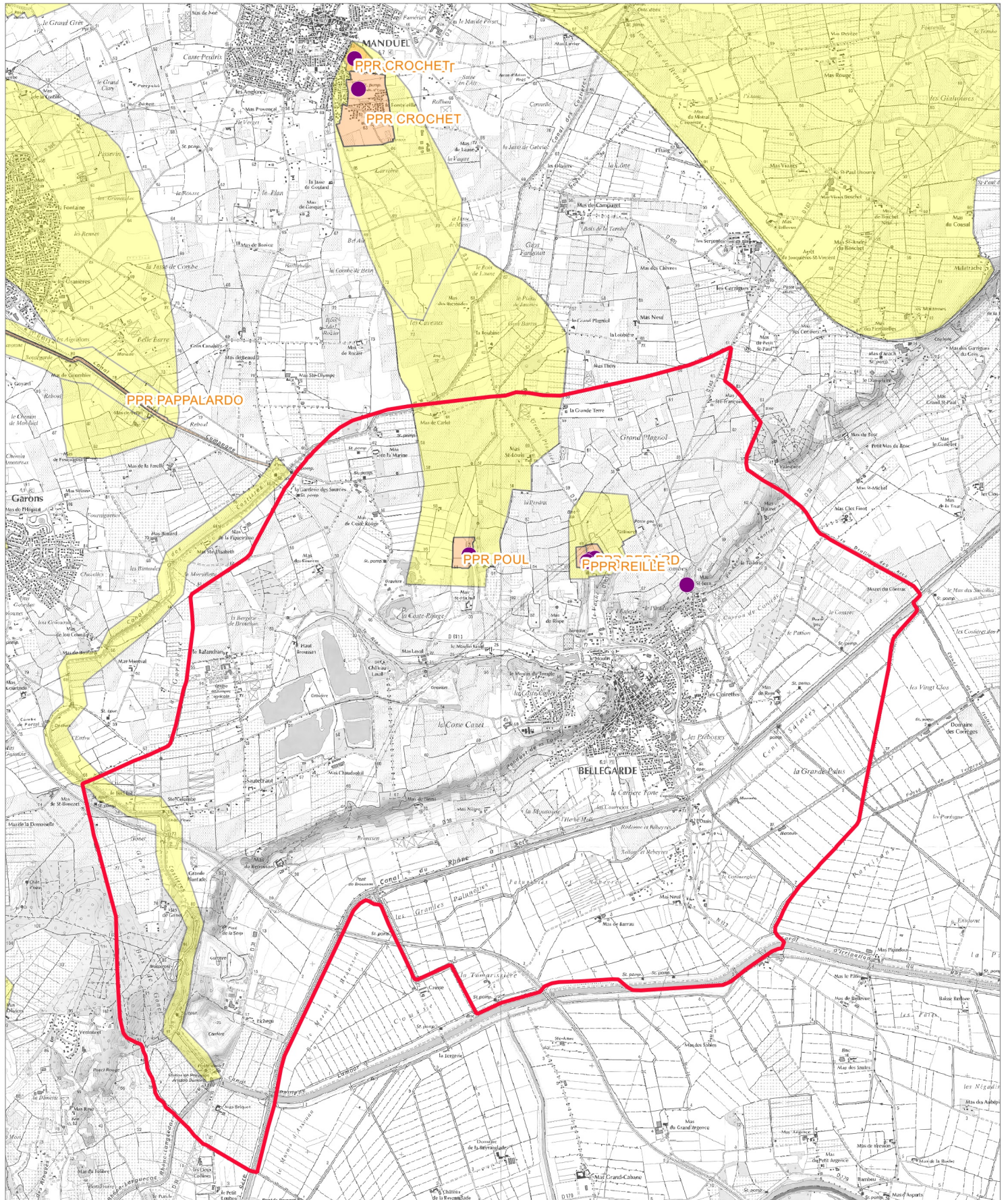
-  Commune de Bellegarde
-  Masses d'eaux souterraines

1:65 000



Captages AEP

Source : fonds IGN



LEGENDE

-  Commune de Bellegarde
-  Point de captage
-  Périètre de protection rapproché
-  Périètre de protection éloigné
-  Périètre de protection immédiat

1:75 000

0 650 1300 m



A.I.1.5. Patrimoine

A.I.1.5.1. Milieux naturels

Le patrimoine naturel est relativement riche sur le territoire communal, comme en atteste les différents classements dont fait l'objet une partie du territoire communal :

- **Réserve de biosphère :**
 - Réserve de biosphère FR 6500005.
- **Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) :**
 - ZNIEFF de type 1 (0000-2004) : Le Rieu et la Coste Rouge ;
 - ZNIEFF de type 1 (3025-2002) : La grande Palus et le Pattion ;
 - ZNIEFF de type 1 (3025-2003) : Marais de Broussan et Grande Palunettes ;
 - ZNIEFF de type 2 (3025-0000) Camargue Gardoise.
- **Directive Natura 2000 :**
 - ZPS (FR 9112015) : Costière Nîmoise.
- **Zones humides**
 - Plans d'eau de l'ancienne gravière de Château Laval ;
 - Plans d'eau de l'ancienne gravière au niveau de Bitumix ;
 - Plans d'eau de la gravière en activité du Mas de Chaud soleil ;
 - Zone humide Tête de Camargue ;

Le territoire communal est concerné par les zonages réglementaires liés aux milieux naturels : Quatre ZNIEFF une zone Natura 2000 et quatre zones humides y sont recensées.

La gestion des eaux pluviales ne devra pas conduire à une dégradation de ce patrimoine naturel.

A.I.1.5.2. Sites remarquables

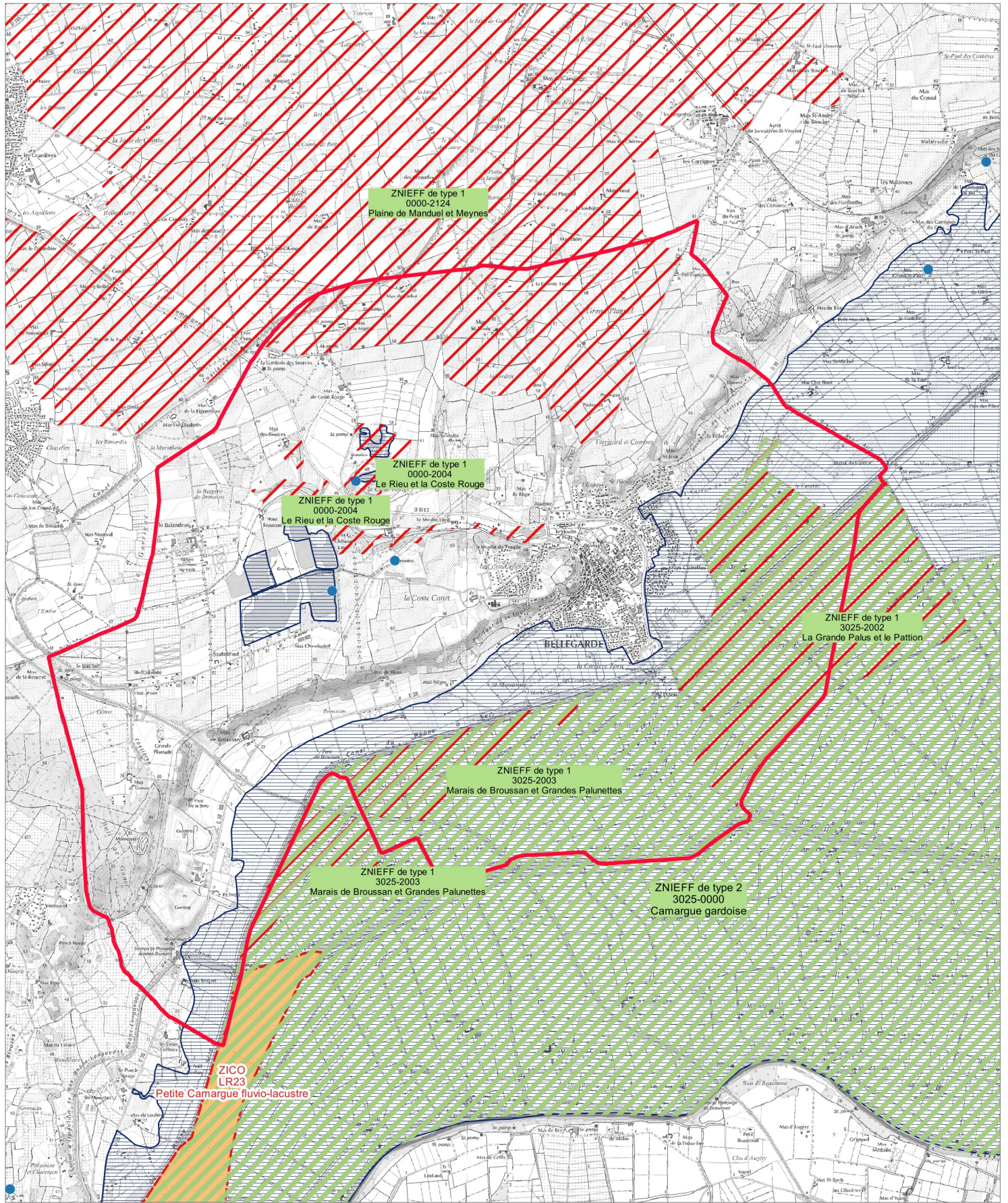
Aucun site remarquable ne concerne la commune. Les sites remarquables identifiés à proximité sont :

- **Sites inscrits (SI)**
 - SI 1963101501 : Ensemble formé par la Camargue, à Saint Gilles, à environ 18 km au Sud-Ouest de Bellegarde.
- **Sites classés (SC)**
 - SC 1950070601 : Le jardin du Château de Beaucaire et sa dépendance à Beaucaire, à environ 16 km au Nord-Est de Bellegarde ;

Le territoire n'est pas concerné par les zonages réglementaires liés aux sites remarquables.

Patrimoine naturel

Source : fonds IGN



LEGENDE

-  Commune de Bellegarde
-  Zones humides
-  ZNIEFF de type 1
-  Mares
-  ZNIEFF de type 2
-  ZICO

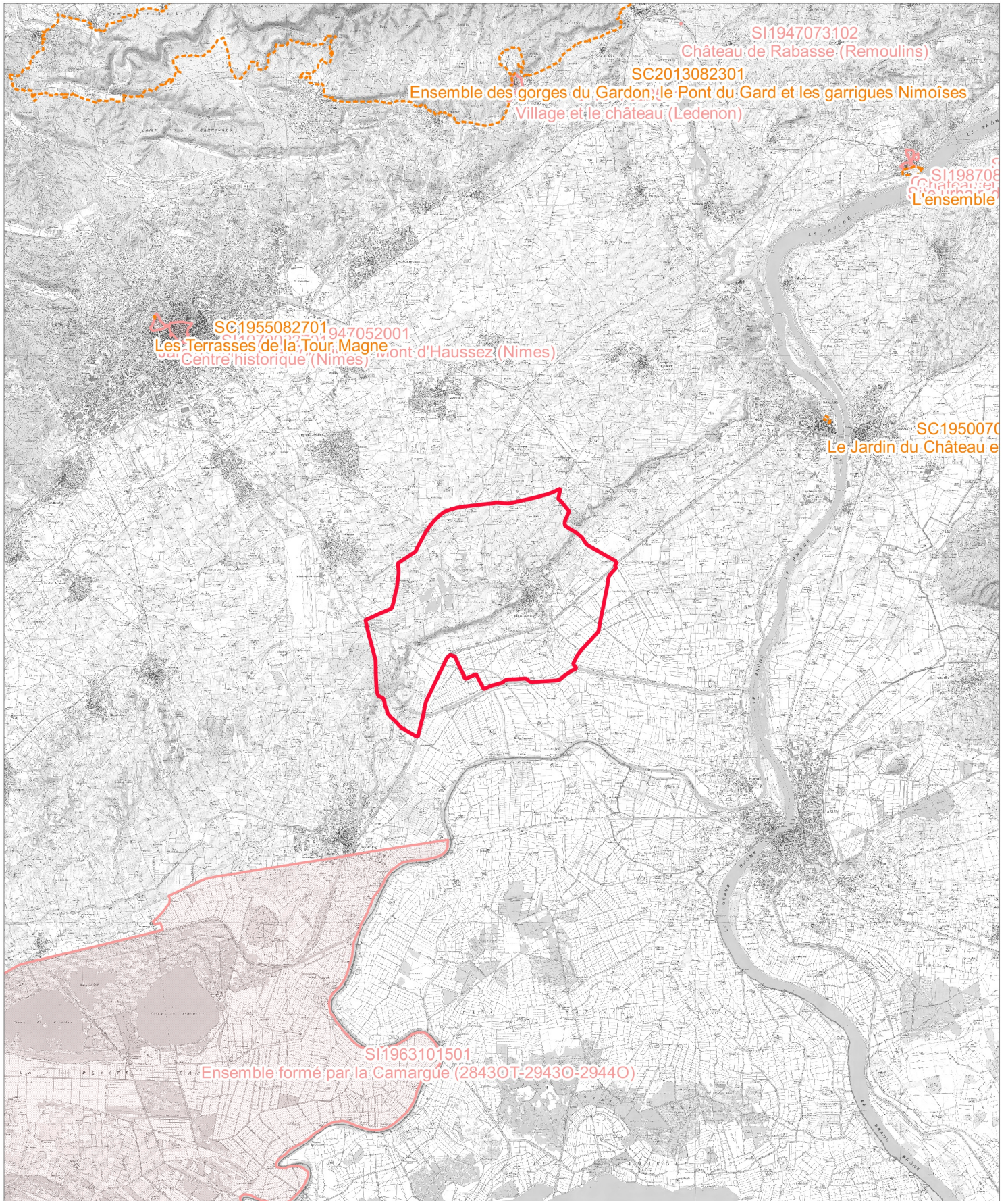
1:75 000

0 650 1300 m



Patrimoine historique

Source : fonds IGN



LEGENDE

-  Commune de Bellegarde
-  Site inscrit
-  Site classé

1:250 000

065000 m



A.I.1.6. Démographie et urbanisme

A.I.1.6.1. Population

Le tableau et le graphique suivants reprennent l'évolution de la population depuis les années 1800.

Année	1793	1800	1806	1821	1831	1836	1841	1846	1851
Population (hab)	880	1 207	1 053	1 409	1 541	1 640	1 796	1 969	2 167
Année	1856	1861	1866	1872	1876	1881	1886	1891	1896
Population (hab)	2 553	2 855	2 820	2 753	2 689	2 372	2 517	2 765	2 594
Année	1901	1906	1911	1921	1926	1931	1936	1946	1954
Population (hab)	2 729	2 668	2 581	2 536	2 251	2 433	2 452	2 317	2 236
Année	1962	1968	1975	1982	1990	1999	2008	2013	2014
Population (hab)	2 484	3 052	3 163	3 924	4 508	4 913	6 109	6 336	6 847

Tableau 4 : Population communale à Bellegarde (sources : Ldh/EHESS/Cassini jusqu'en 1999 puis Insee à partir de 2006).

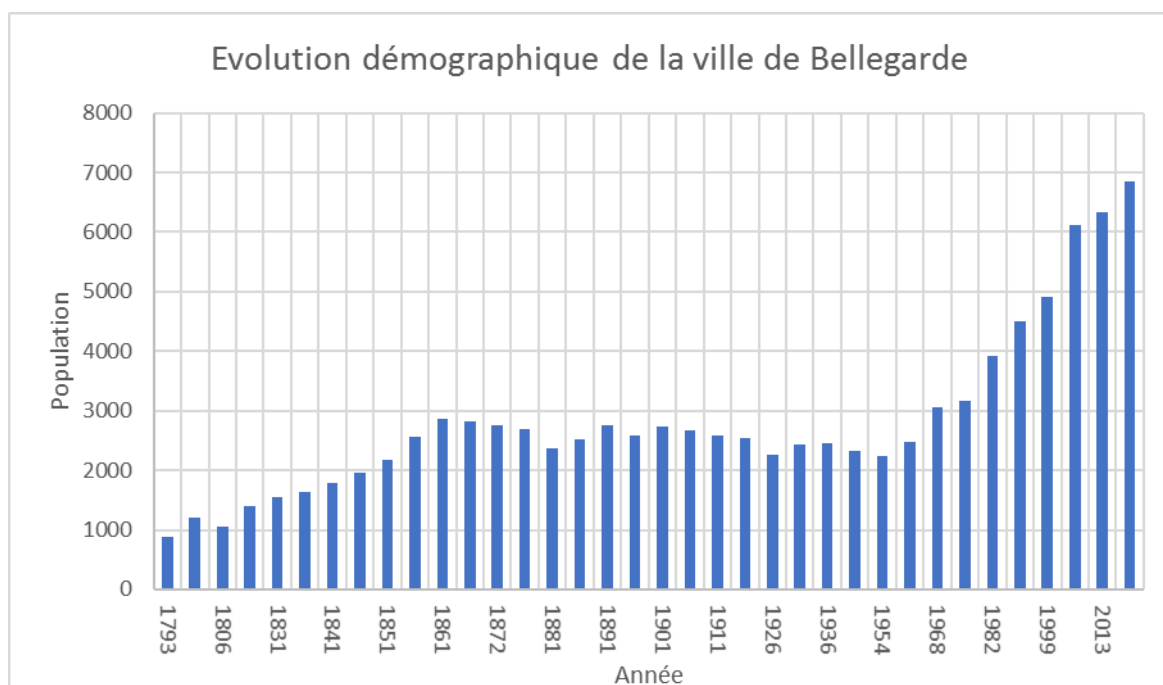


Illustration 3 : Population communale à Bellegarde (sources : Ldh/EHESS/Cassini jusqu'en 1999 puis Insee à partir de 2006).

La population communale a connu une évolution assez stable jusqu'au début des années 1960. Depuis cette époque, la population croît fortement et selon un rythme relativement régulier.

En 60 ans, la commune a gagné 4 363 habitants, soit une croissance moyenne de près de 1.7 % par an.

Dans le cadre de la révision du PLU, les objectifs de population à l'horizon 2030 sont fixés à 10 000 habitants.

A.I.2. Analyse de la cartographie EXZECO

EXZECO est un outil développé par le CEREMA. Il permet de donner un ordre d’idée des zones potentiellement inondables à l’échelle de la France

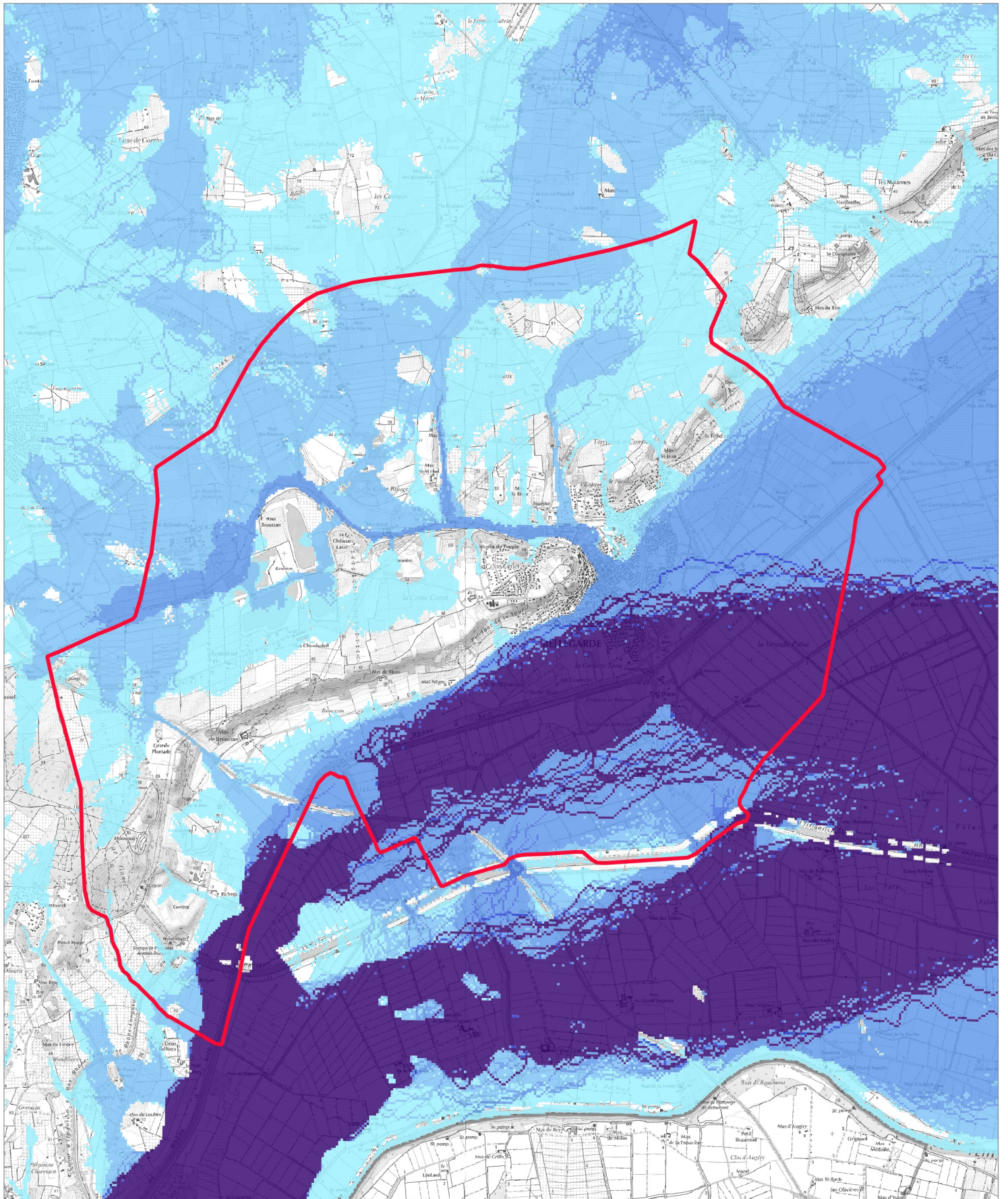
Il s’agit d’une méthode uniquement basée sur la topographie du terrain : en chaque maille du MNT est calculée la superficie drainée et EXZECO en déduit les zones de concentration des écoulements issus de ruissellement. Cela permet de définir a priori les zones dans lesquelles se situent le réseau hydrographique naturel et son espace de mobilité ainsi que les endroits où les écoulements seront les plus concentrés.

En première approche, ces zones de concentration des écoulements peuvent être considérées comme des zones inondables.








Le territoire communal est largement concerné par le zonage EXZECO. En effet, le secteur Sud (plaine de Camargue) est concerné par des accumulations importantes. Les secteurs Nord et Ouest sont également concernées bien que les emprises soient plus réduites du fait que les thalwegs sont plus marqués que dans la partie Sud.

Dans le département du Gard, la politique des services de l’Etat est de considérer que les zones concernées par un aléa EXZECO sont inconstructibles sauf si une étude hydrogéo-morphologique a minima ou 2D est réalisée pour déterminer plus finement l’emprise des zones inondables.

La planche ci-dessous précise la cartographie EXZECO.



LEGENDE

- | | | | |
|--|---------------------------|---|--------------------------|
|  | Commune de Bellegarde |  | Concentration modérée |
|  | Concentration très faible |  | Concentration moyenne |
|  | Concentration faible |  | Concentration forte |
| | |  | Concentration très forte |

1:75 000

0 750 1500 m



A.II. ANALYSE DES ETUDES ANTERIEURES

A.II.1. Généralités

La commune est particulièrement exposée au risque inondation de par le fait qu'elle se situe en partie dans la basse plaine de la Camargue. Un cours d'eau traverse la commune, il s'agit du Rieu, d'autres talwegs identifiés comme cours d'eau par la DDTM 30 sont présents en rive Gauche du Rieu sur la commune bien que ne présentant pas d'écoulements pérennes.

Le Rieu est un petit cours d'eau de 11.2 km de long trouvant son exutoire dans le contre canal du canal du Rhône à Sète. Le bassin versant du Rieu, d'une superficie de 5 100 hectares environ, est essentiellement occupée par des cultures agricoles.

La commune est également soumise à l'aléa d'inondation par rupture des digues du Rhône.

Du fait de la présence de ces cours d'eau et d'inondations importantes de la commune, plusieurs études ont déjà été réalisées.

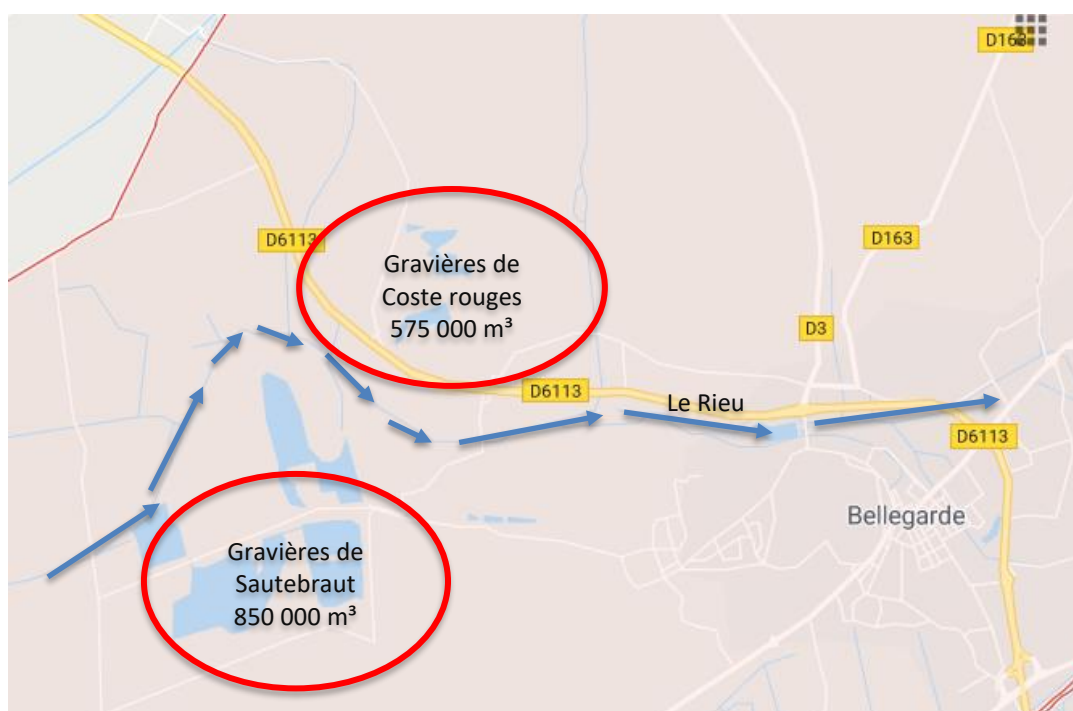
Les études suivantes (transmises par la commune) ont été analysées préalablement à l'élaboration du zonage pluvial.

- Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) du bassin versant du Rhône (commune de Bellegarde) ;
- Cartographie de l'aléa inondation du Rieu de Bellegarde depuis le plan d'eau des Moulins jusqu'au canal du Rhône à Sète, BRL ingénierie, 2007

A.II.2. Analyse de l'étude BRL Ingénierie

L'étude de cartographie de l'aléa d'inondation du Rieu de Bellegarde depuis le plan d'eau des moulins jusqu'au canal du Rhône à Sète, propose une étude hydrologique et hydraulique complète du Rieu. Le Rieu, cours d'eau long de 11.5 km, ayant un bassin versant de 5 100 hectares environ. Ce cours d'eau est pourvu d'un système écrêteur assez important formé par les anciennes gravières de Sautebraut et de Coste Rouge. Le volume d'écrêtement disponible dans les gravières s'élève à

Le rapport présente la réponse hydraulique du Rieu selon différents états d'achèvement du système écrêteur des gravières de Sautebraut. Ce dernier n'étant pas terminé lors de la réalisation de l'étude.



Le rapport propose également l'analyse de deux évènements historiques marquant :

- Episode pluvieux du 20 et 21 octobre 1999, générant une inondation des secteurs urbanisés de la commune sous 30 à 70 cm d'eau ;
- Episode pluvieux des 6 et 8 Septembre 2005, ne générant aucun débordement dans la zone urbaine.

L'étude de cartographie de l'aléa inondation de la commune est réalisée sur la base d'une pluie centennale théorique construite avec les coefficients de Montana de Nîmes Courbessac de durée totale 6h et de durée intense 1h.

L'analyse hydraulique, a été réalisée par une modélisation hydraulique en pseudo 2D, permettant de rendre compte d'écoulements bidimensionnels. Les trois scénarii présentés dans cette étude sont :

- Scénario A : Hydrogramme du bassin versant du Rieu prenant en compte l'écêtement par les gravières de Sautebraut en état final d'aménagement ;
- Scénario A' : Hydrogramme de bassin versant du Rieu prenant en compte l'écêtement par les gravières de Sautebraut, en état final d'aménagement et écêtement partiel de l'Amarine et Sauzette par les gravières de Coste Rouge en état actuel d'exploitation.
- Scénario B : Hydrogramme du bassin versant du Rieu prenant en compte l'écêtement réalisés par les gravières de Sautebraut et de Coste Rouge.

Enfin, le scénario A' est celui qui a été retenu et intégré au PPRI.

A.II.3. Analyse du PPRI

Le PPRI de Bellegarde a été approuvé le 7 Février 2014. Il reprend l'aléa d'inondation du Rhône, issu de la modélisation hydraulique (modèle à casier) de la crue de mai 1856 en prenant en compte l'intégralité des aménagements hydrauliques de la CNR (usine de production hydroélectrique) aménagés le long du Rhône.

L'aléa de débordement du Rieu correspond à la modélisation hydraulique (1D) du scénario d'aménagement A' de l'étude de BRL présentée ci-dessus.

La cartographie de l'aléa à l'échelle du territoire communal est présentée ci-dessus :

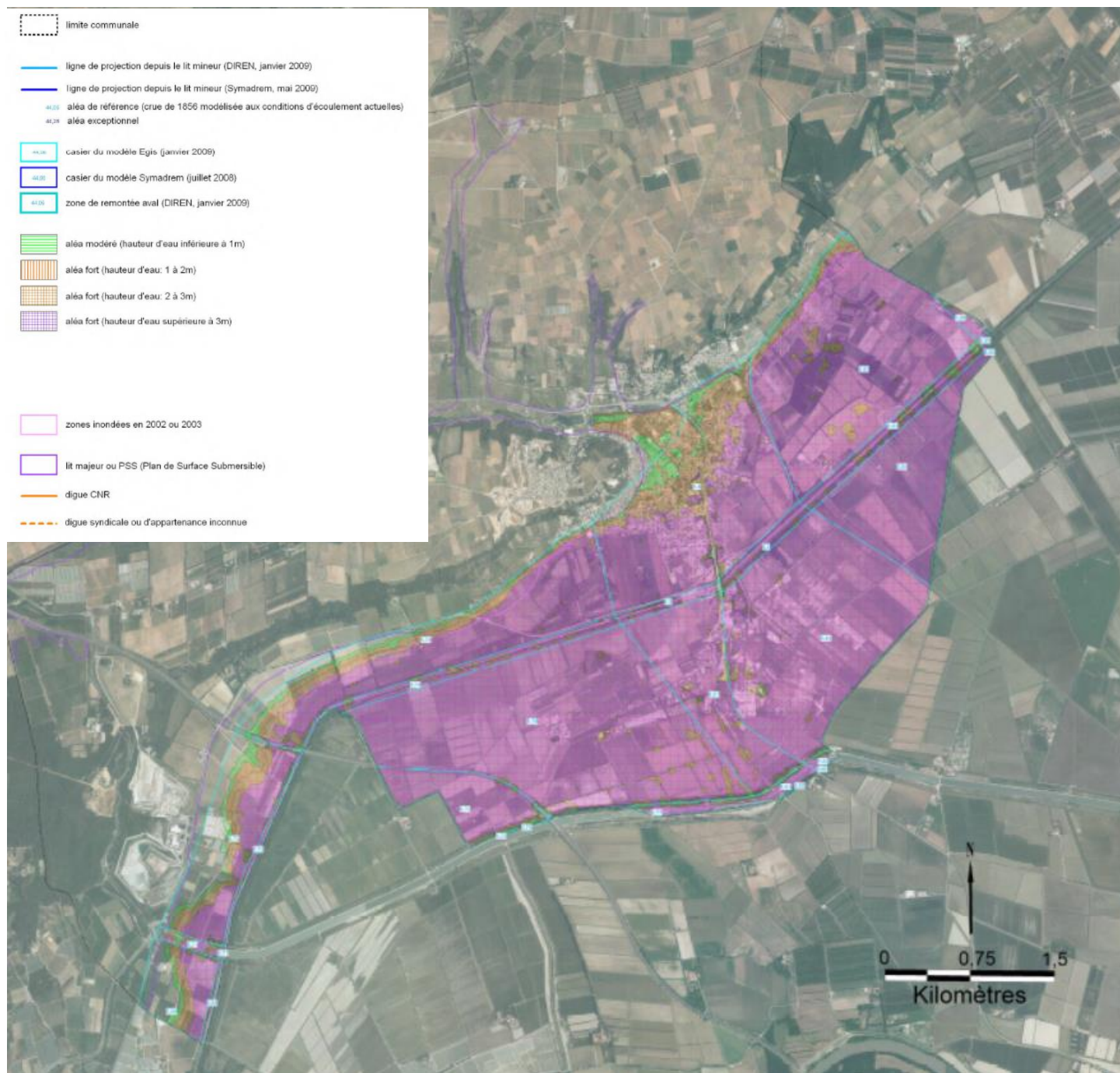


Illustration 4 : Cartographie de l'aléa débordement de cours d'eau à Bellegarde. Source PPRI

La partie Sud de la commune correspondant au début de la plaine de Camargue est soumise à un aléa particulièrement fort puisque les hauteurs d'eau peuvent être supérieure à 3m.

A.II.4. Synthèse

L'analyse des différentes études qui ont pu être consultées montre que le territoire communal est soumis à un aléa d'inondation par débordement du Rieu important. Ainsi, des aménagements d'écêtement des crues ont été réalisés sur le bassin versant du Rieu en amont de la partie urbanisée du village. Il s'agit de l'aménagement des Gravières de Sautebraut, de Coste Rouge. Enfin, le plan d'eau des Moulins permet un ultime écêtement des débits avant la traversée du village.

Le Rieu n'est pas le seul cours d'eau susceptible d'inonder Bellegarde, Le Rhône dans le cas de rupture de digue est également susceptible de l'inonder.

L'aléa débordement de cours d'eau qu'il soit dû au Rhône ou au Rieu est bien pris en compte dans le PPRi. Le PPRi intègre les aménagements d'écêtement des crues mis en place sur le Rieu. Ainsi la problématique des inondations par débordements des cours d'eau est maîtrisée à l'échelle communale.

En revanche, aucune étude du risque pluvial (ruissellement urbain) n'a été réalisée, traduisant la méconnaissance de cette problématique.

A.III. RECONNAISSANCE DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT DES EAUX PLUVIALES

A.III.1. Caractérisation du réseau de la commune

Le réseau pluvial situé sur le territoire de la commune et permettant de faire transiter les eaux pluviales jusqu'au Rieu a été relevé de Juin à Juillet 2018. La reconnaissance du réseau a permis de relever :

- 185 tampons et ouvrages hydrauliques pour un linéaire total de 16.6 km ;
- 82 tronçons de fossés sur un linéaire total d'environ 8.4 km rejoignant le Rieu ;

Le Rieu, n'est pas comptabilisé comme réseau pluvial, étant donné qu'il ne draine directement quasiment aucun bassin versant, il est uniquement considéré comme un l'exutoire pluvial de la commune

Chacun de ces éléments fait l'objet d'une fiche présentée en annexe.

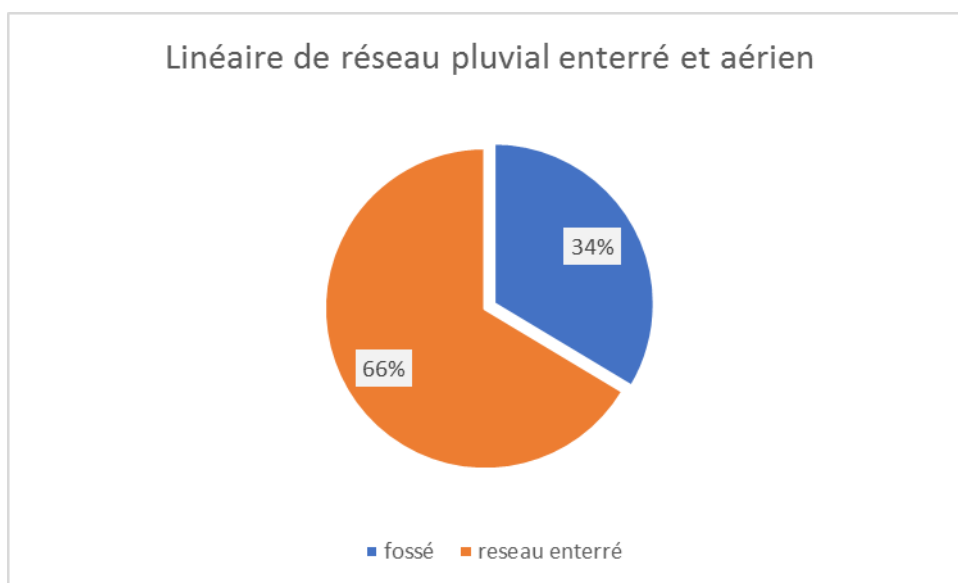


Illustration 5 : Répartition des linéaires selon le type de réseau

Ce graphique montre que la majorité du réseau d'assainissement pluvial de la commune est composé de conduites enterrées. Le réseau pluvial n'a été repéré que partiellement, les tronçons secondaires de collecte n'ont pas été repérés de sorte que la proportion de réseau enterré est certainement plus grande. Néanmoins, l'intégralité du réseau pluvial structurant (qui est intéressant dans cette étude) a été repéré.

En revanche, le repérage des fossés est exhaustif, tous les tronçons de réseau aérien ont pu être repérés.

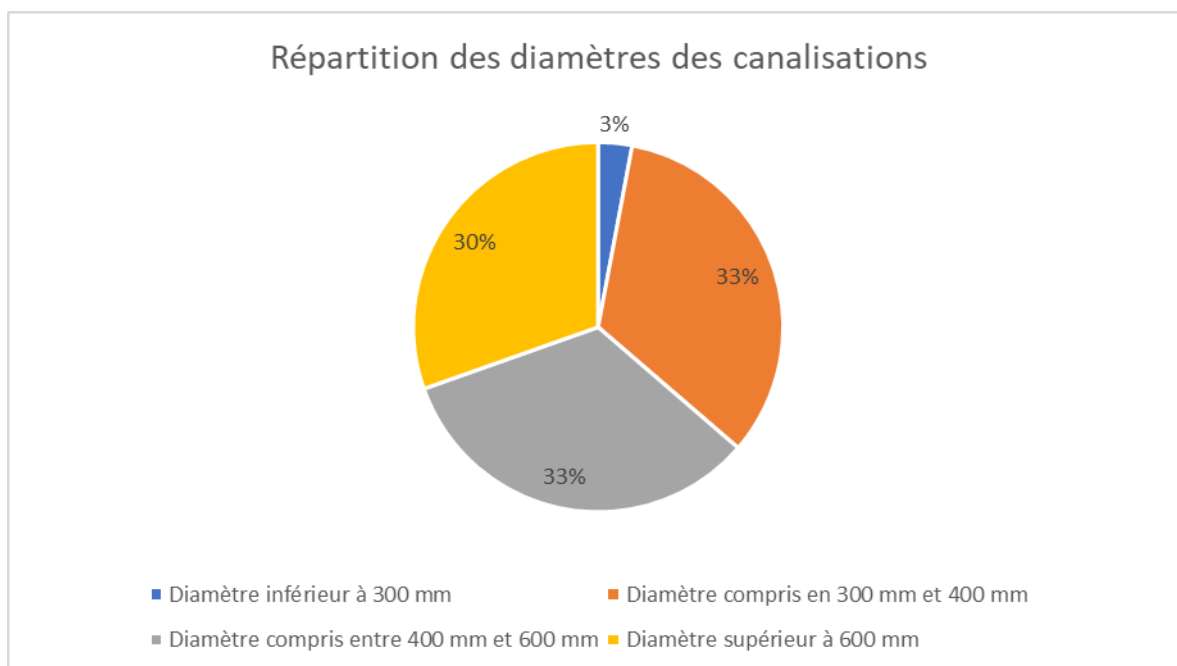


Illustration 6 : Répartition des linéaires de réseau enterré selon le diamètre des conduites.

La majorité du réseau pluvial communal enterré est constitué de canalisation de diamètre supérieur à 300 mm.

A.III.2. Observations sur le réseau

La reconnaissance du réseau a été l’occasion d’établir une série d’observations sur son état. Elle a notamment permis de mettre en évidence certains défauts sur quelques ouvrages. Les emplacements de ces collecteurs et les fiches regards correspondantes sont synthétisés ci-dessous.

Les observations réalisées sont classées selon leur gravité en trois niveaux :

- **Niveau 1** : présente des défauts sans impact hydraulique sur le fonctionnement du réseau. Ces ouvrages/regards peuvent cependant faire l’objet d’une surveillance afin de s’assurer que les défauts présentés ne s’aggravent pas.
- **Niveau 2** : présente des défauts ayant un impact hydraulique modéré sur le fonctionnement du réseau. La capacité d’évacuation des débits n’est pas optimale et une action à moyen terme est nécessaire.
- **Niveau 3** : présente des défauts importants nuisant au bon fonctionnement hydraulique ou concernant l’intégrité de l’ouvrage.

Réseau aérien

Les fossés et les ouvrages de franchissement sont globalement en bon état même si certains tronçons sont envahis par de la végétation buissonnante (ronces etc...). Cependant, vu la saison où a été fait le repérage (fin d'été) ces constats ne constituent pas en soi des défauts d'entretiens si un plan d'entretien est prévu en début d'automne.

Identifiant du fossé de l'ouvrage de franchissement	Observations		Gravité
	Description	Caractérisation	
17/18/23/74/75/76	Fossé envahi par des taillis	Perte de capacité hydraulique susceptible d'entraîner le débordement du cours d'eau sur voirie ou sur les propriétés avoisinantes	2
75/76	Ouvrage de franchissement partiellement obstrué		2

Tableau 5 : Synthèse des observations réalisées sur les ouvrages de franchissement et fossés.

Réseau enterré

Identifiant du regard	Observations	Gravité
55/56/84/87/93/103/111/143/152/157/163/171	Regards ensablés	2

Tableau 6 : Synthèse des observations réalisées sur le réseau pluvial enterré.

Certains regards sont ensablés à plus de 75%. L'ensablement du regard a pour conséquence la réduction locale de la capacité hydraulique, entraînant des débordements sur la voirie. Ces désordres ne sont pas structurels et peuvent donc être corrigés facilement avec un entretien régulier.

A.III.3. Témoignages des habitants

Au cours du repérage mené en Août 2018, les habitants rencontrés n'ont pas soulignés de graves dysfonctionnements. Seuls des phénomènes de ruissellements urbains dans le centre-ville ont été relatés.

A.IV. RECONNAISSANCE DES BASSINS VERSANTS

A.IV.1. Exutoire des eaux pluviales de la commune

Le territoire communal ne possède qu'un seul exutoire pluvial, il s'agit du Rieu.

Cependant, de petits affluents du Rieu sont présents sur le territoire communal de sorte qu'ils constituent des exutoires intermédiaires qu'il convient d'identifier.

La carte ci-dessous permet d'identifier l'ensemble du réseau hydrographique du secteur :

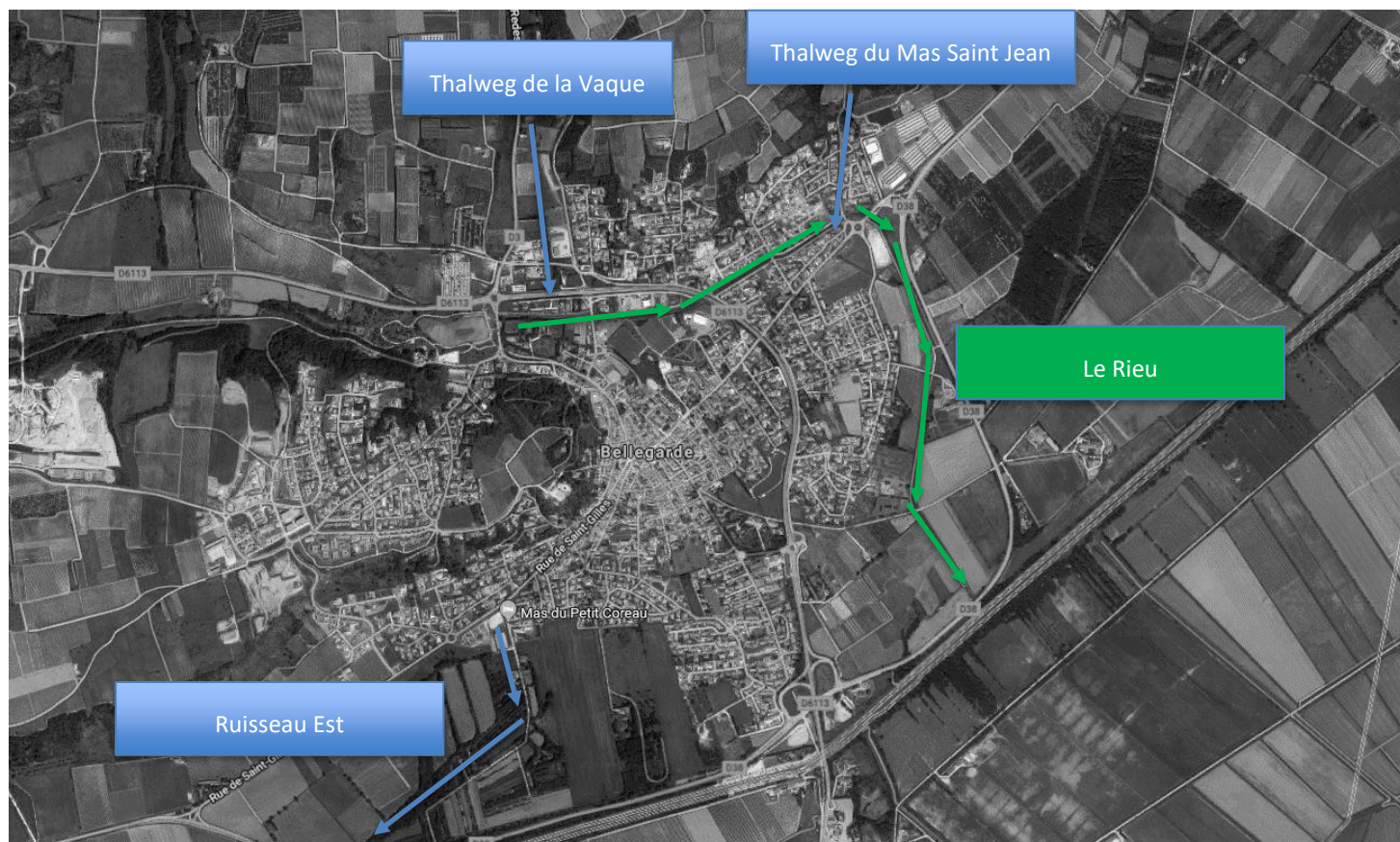


Illustration 7 Localisation des différents exutoires pluviaux

- Le thalweg du mas Saint Jean, est complètement artificialisé, il est occupé par une route. Un caniveau de faible dimension est présent au bord afin de drainer le débit fourni à l'étiage par la source présente dans ce secteur. Les illustrations ci-dessous montre l'artificialisation de ce thalweg :
- Le Rieu, est un cours d'eau fortement modifié du fait qu'il a été recalibré pour protéger la commune. Le Rieu à l'aspect d'un canal.
- Le ruisseau Est, est un ruisseau de drainage de tout le secteur qui trouve son exutoire dans le Rieu au croisement entre le chemin de l'herbe molle et la RD 38 ;
- Le talweg de la Vaque, possède un gabarit artificiel.

Seul le talweg du mas Saint Jean est totalement obstrué et a été remplacé par une route.



Illustration 8 Vue amont et aval du thalweg du mas Saint Jean.

A.IV.2. Bassins versants

Le territoire communal a été découpé en 203 sous bassins versants dont la délimitation est précisée sur la planche bassin versant ci-dessous.

Le bassin versant global du Rieu n'a pas été étudié car ce n'est pas l'objectif de l'étude. Seul les bassins versants générant du ruissellement pluvial sur le territoire communal ont été considérés. En outre, l'aléa de débordement de cours d'eau est globalement bien maîtrisé puisque plusieurs études ont été réalisées et validées par les services de l'état.

B. DIAGNOSTIC DU RESEAU PLUVIAL



B.I. PRINCIPES GENERAUX

Le diagnostic hydraulique du réseau d'écoulement s'appuie sur une modélisation de son fonctionnement dont les grands principes sont explicités ci-dessous.

Le diagnostic s'appuie sur le réseau relevé lors de la phase 1 du zonage pluvial ainsi qu'un levé topographique partiel.

B.I.1. Méthode de calcul

La modélisation hydrologique et hydraulique des bassins versants et du réseau s'organise en trois étapes principales :

- Le découpage des bassins versants principaux en sous bassins élémentaires et leur caractérisation ;
- La simulation du processus de ruissellement sur chacun des sous bassins élémentaires à l'aide d'un modèle pluie-débit et à partir de pluies de projet ;
- La propagation des hydrogrammes dans le réseau reproduisant le fonctionnement de l'ensemble du réseau.

Cette étude est réalisée à l'aide d'une modélisation hydraulique 1D via le code de calcul SWMM5.

B.I.2. Principes de modélisation du processus hydrologique

La modélisation du processus hydrologique peut-être décomposé en deux étapes :

- La **fonction de production** permet de déterminer le rapport entre la lame d'eau précipitée et la lame d'eau effectivement ruisselée encore appelée pluie nette. Cette fonction de production peut être variable ou constante au cours du temps.
- La **fonction de transfert** permet la transformation de la pluie nette en hydrogramme : sur la base des caractéristiques morpho-métriques des bassins versants, les débits à l'exutoire sont déterminés.

B.I.2.1. Utilisation du code de calcul PC SWMM

Le diagnostic hydraulique du fonctionnement du réseau a été mené par modélisation hydraulique à l'aide du logiciel PC SWMM.

Le logiciel PC SWMM est un logiciel de **modélisation hydraulique** couplant sous une même interface à la fois : **une base de données, une modélisation hydrologique et hydraulique et un rendu SIG.**

Plus précisément, il possède les particularités suivantes :

- Il intègre un modèle de simulation hydraulique complet par résolution des équations complètes de Barré de Saint Venant, permettant une représentation des écoulements en régime transitoire en surface libre et/ou en charge (rivières et/ou systèmes d'assainissement).
- Le logiciel comprend **un module de simulation de la pollution**, permettant d'obtenir des polutogrammes en chaque point du système (enterré et/ou superficiel).
- L'ensemble des **ouvrages hydrauliques** susceptibles d'être rencontrés ou créés dans un système peuvent être pris en compte de **manière dynamique** (règles de contrôle) dans la modélisation y compris :
 - Les interconnexions avec des ouvrages à surface libre de type canaux, fossés, rues, rivières

- Les bassins de rétention et d’infiltration
- Les pompes (postes de refoulement...)
- Les déversoirs
- Les vannes
- Tous les types d’exutoire sont possibles : chutes libres ou avec contrainte aval de tout type (niveau fixe, marée, ou variable dans le temps de type hydrogramme).
- La **qualité de sortie des résultats et des données** permet un **rendu SIG** aisément **exploitable, dynamique et didactique** permettant notamment de faire apparaître les éventuelles insuffisances du système ou toute autre information pertinente :
 - Vue en plan figurant le diagnostic des réseaux (quantité et/ou qualité),
 - Cartographie des champs d’inondation,
 - Profils en long dans les zones débordées,
 - Informations rattachées aux différents éléments du système (conduites, regards, postes de refoulement, exutoires, vannes...)
 - Lien direct avec Google Earth directement interfacé avec PCSWMM France (vue 2D et 3D du système).

B.I.2.2. Le réseau modélisé

L’intégralité du réseau ainsi que des axes de ruissellement surfaciques relevés lors de la reconnaissance du réseau ont été modélisés.

Les données géométriques (pente, section, cotes) permettant de construire le modèle sont tirées de la reconnaissance et du levé topographique du réseau.

Les pertes de charges linéaires pour chaque tronçon sont prises en compte par le modèle en assignant un coefficient de rugosité de Manning. Plus le coefficient de Manning est important, plus la rugosité du lien considéré sera forte et plus le débit capable sera faible.

La rugosité des tronçons est fonction de la nature des collecteurs, comme l’indique le tableau ci-dessous :

Collecteur	Matériau	Manning
Enterré	PVC, béton	0.011 - 0.014
Voirie	Enrobé	0.016
Aérien	Herbe, terre	0.03 - 0.04
	Béton	0.016 - 0.02

Tableau 7 : Coefficients de rugosité selon la nature des tronçons modélisés

Les valeurs présentées dans le tableau ci-dessus sont issus de la bibliographie et sont des valeurs communément utilisées.

Représentation de l'écoulement en surface

La modélisation du réseau hydraulique a été effectuée en tenant compte des écoulements surfaciques lorsque ces derniers sont importants d'un point de vue hydraulique.

Le système de drainage urbain comprend de fait deux réseaux :

- Le réseau enterré constitué des conduites qui sont généralement conçues pour évacuer le ruissellement associé aux pluies fréquentes et jusqu'à la période de retour de 10 à 30 ans selon les prescriptions de la norme NF EN 752-2.
- Le réseau de drainage en surface constitué des rues qui acceptera lui les débits générés lors d'évènements plus rares. On doit admettre que ce système de drainage existe toujours, dans la mesure où les écoulements empruntent presque toujours les voiries avant de rejoindre le réseau via des avaloirs.

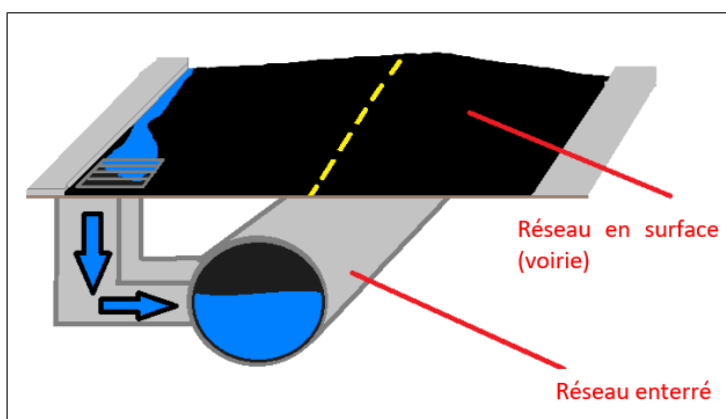


Illustration 9 : Réseaux de drainage

Le logiciel PC SWMM permet de modéliser les écoulements en surface en représentant, en parallèle du réseau enterré, le réseau constitué des rues et autres chemins hydrauliques (voir illustration ci-dessus).

Cette schématisation a été mise en place lorsque appropriée pour représenter plus finement les mécanismes hydrauliques sur les secteurs pourvus de réseau pluvial discontinu.

Pour les secteurs où le réseau de surface n'est pas pris en compte, deux options sont possibles :

- Soit, un stockage d'eau est considéré au niveau des jonctions, cela correspond à ce qui se produit lorsque le réseau déborde dans une zone en point bas sans exutoire. Le volume stocké est ensuite évacué par le réseau lorsque la saturation de ce dernier diminue.
- Soit, lorsqu'il y a un débordement à une jonction/regard, le modèle perd le débit. Cette schématisation est valable dans les cas où les débordements engendrés se dirigent vers des zones de stockages naturelles (point bas non drainer par du réseau, champs). On peut alors considérer que le débit de pointe débordé est effectivement perdu.

B.I.2.3. Pluviométrie

Pour estimer les hauteurs précipitées et les intensités de pluies, les données statistiques de la station de Nîmes Courbessac ont été utilisées. En effet, la station météo de Nîmes Courbessac est distante de 14 km de Bellegarde. Ainsi, les données météo de cette station peuvent être considérées comme représentative du climat de Bellegarde. En outre, cette station est la station de référence du département du Gard.

B.I.2.3.1. Coefficients de Montana

La station pluviométrique de Nîmes-Courbessac fournit des coefficients de Montana *a* et *b* pour différentes durées de pluie et périodes de retour. Ces coefficients sont issus d'un ajustement des données de précipitations par une loi de probabilité (méthode du renouvellement).

Le poste de Nîmes-Courbessac dispose de données statistiques calculées sur une longue période de 50 ans (1964-2014).

L'intensité pluviométrique est reliée aux coefficients de Montana par la formule suivante :

$$I(mm/h) = a * t(h)^{-b}$$

Où *a* et *b* sont les coefficients de Montana précisés dans le tableau ci-dessous.

Nîmes (1964 – 2014)	6' < d < 2h		2h < d < 6h		6h < d < 24h	
	a	b	a	b	a	b
2 ans	41.390	0.465	45.53	0.72	52.93	0.806
5 ans	48.731	0.456	53.169	0.710	63.425	0.808
10 ans	57.429	0.436	62.298	0.654	83.855	0.824
20 ans	65.745	0.419	70.195	0.588	108.622	0.839
30 ans	70.449	0.409	74.334	0.545	125.622	0.847
50 ans	76.237	0.395	79.137	0.487	149.912	0.857
100 ans	83.954	0.379	84.807	0.403	190.337	0.869

Tableau 8 : Coefficients de Montana de la station de Nîmes Courbessac 1964-2014

B.I.2.4. Fonction de production

La fonction de production permet de rendre compte de la proportion des précipitations qui participent au ruissellement sur chaque bassin versant. En effet, des pertes initiales dues à l'interception par les végétaux et la rétention de surface sont calculées ainsi que des pertes continues tenant compte de l'infiltration de l'eau dans le sol pour les surfaces perméables au cours de l'évènement pluvieux.

La fonction de production utilisée est la méthode du SCS (Soil Conservation Service). Cette méthode permet de définir la lame d'eau ruisselée en fonction de la lame d'eau précipitée en tenant compte de la variation du coefficient de ruissellement au cours de l'épisode pluvieux. Cette méthode nécessite la définition du Curve Number (CN) pour chaque sous bassin versant. Le CN est fonction de l'occupation des sols (taux d'imperméabilisation), du type de sol et des conditions initiales d'humidité dans le sol.

Un CN adapté au type de sol et au taux d'imperméabilisation a été estimé pour chaque sous bassin versant à l'aide des abaques disponibles dans la bibliographie technique. Des conditions initiales d'humidité moyennes ont été considérées. Le tableau ci-dessous présente les CN retenus en fonction de la densité de l'habitat :

Densité de l'habitat	CN
<i>Habitat assez dense</i>	90
<i>Habitat peu dense</i>	75
<i>Zones naturelles (garrigues)</i>	77
<i>Zones cultivées (Vignes ; Vergers)</i>	80

Tableau 9 : Curve Number retenus

B.I.2.5. Fonction de transfert

La fonction de transfert a pour but de transformer la pluie nette en hydrogramme de ruissellement.

Le modèle de ruissellement utilisé dans PC SWMM est celui de l'onde cinématique pour les bassins versants. Le sous bassin versant y est représenté comme un canal rectangulaire peu profond à surface libre. Le débit et la hauteur d'eau sont reliés par une loi de conservation du volume (ou loi de stockage) et sont calculés à chaque pas de temps par résolution de l'équation de Manning Strickler.

Les propriétés morphologiques (pente moyenne, longueur hydraulique, rugosité...) permettent de définir le bassin versant. Ce modèle fait partie des modèles à réservoirs non linéaires.

Le modèle de l'onde dynamique permet de prendre en compte la transition entre écoulement à surface libre et écoulement en charge ainsi que les influences aval. En effet, le modèle de l'onde dynamique repose sur la résolution complète des équations de Barré de Saint de Venant en 1 dimension. Ce modèle est utilisé pour modéliser le transit du débit dans le réseau pluvial.

B.I.2.6. Construction des pluies de projet

La modélisation 1D via PC SWMM pour réaliser le diagnostic du réseau nécessite la construction de pluies de projet dont la méthode est explicitée ci-dessous.

Les pluies de projet sont des pluies synthétiques construites à partir de statistiques établies sur les pluies réelles. Les données pluviométriques utilisées pour la construction des pluies synthétiques sont celles de la **station de Nîmes Courbessac (période d'observation 1964-2014)**.

Il existe une grande diversité de pluie de projet, les plus utilisées étant les pluies de Kieffer et de Desbordes. Dans le cadre de cette étude les pluies de projet les plus adaptées sont les pluies de Desbordes car elles permettent de bien représenter le volume d'eau tombé pour un évènement de période de retour T donnée.

Les caractéristiques principales de ces pluies sont synthétisées ci-dessous :

- Construction en double triangle ;
- Définition d'une période de pluie intense (DM - variable selon les cas) ;
- Une durée totale de pluie de 4 heures ou plus (DP) ;
- Une hauteur d'eau précipitée durant la période intense (notée HM) ;
- Une hauteur d'eau précipitée durant la période totale (notée HT).

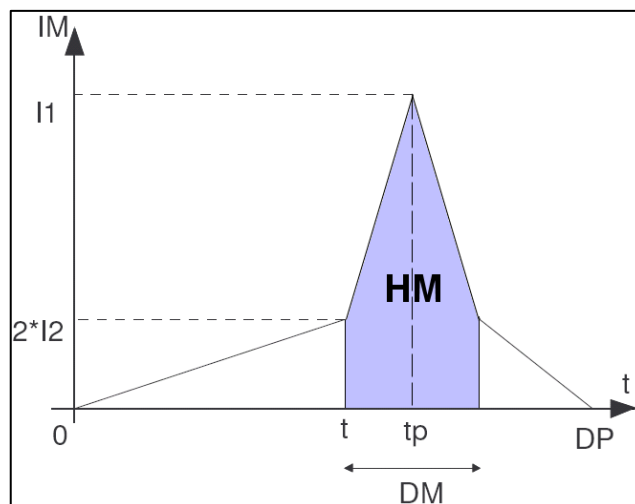


Illustration 10 : Schéma d'une pluie de projet double - triangle

Une pluie de projet se caractérise par sa période de retour et la durée de sa période intense.

Afin de couvrir un panel assez large des pluies qui peuvent se produire sur la zone d'étude, il sera simulé des pluies de différentes occurrences. Nous choisissons ici les périodes de retour de 2 ans, 5 ans, 10 ans, 30 ans, 100 ans, La durée totale de la pluie de projet est généralement prise égale à 4 heures. Sur cette durée, selon la bibliographie, il tombe plus de 80% de la hauteur totale des épisodes pluvieux significatifs dans 73% des cas.

A une hauteur intense précipitée (HM), on associe une hauteur totale (HT). Celle-ci est déduite de valeurs observées sur des pluies réelles correspondantes.

Quatre durées intenses ont été simulées : 15 minutes, 30 minutes, 1 heure et 2 heures. Ce sont les résultats de simulation de la pluie la plus critique qui doivent être utilisés pour le diagnostic et le dimensionnement des aménagements.

La construction des pluies de Desbordes, implique de ne pas utiliser la même occurrence pour la durée intense que pour la durée totale.

Les correspondances sont données dans le tableau ci-dessous et sont issues des travaux de Mr Desbordes :

Période de retour T (années)	Durée intense DM	HM (DM.) T (mm)	HT (4 h) (mm)	Période de retour T'de HT (4h) (an.)
2	15 mn	15	33	5 mois
	30 mn	22	36	7 mois
	1 h	30	42	1 an
	2 h	41	52	1.8
5	15 mn	18.5	43	1
	30 mn	27	47	1.5
	1 h	39	55	2.5
	2 h	53	67	4.5
10	15 mn	22	53.5	2
	30 mn	34	59	3
	1 h	48	68	4.7
	2 h	67	81	7.5
30	15 mn	30	75	6
	30 mn	46	88	10
	1 h	65	98	14
	2 h	90	110	22
50	15 mn	31.5	100	10
	30 mn	49	112	15
	1 h	72	125	25
	2 h	101	144	40
100	15 mn	36	108	20
	30 mn	57	119	30
	1 h	82	131	50
	2 h	116	144	75

Illustration 11 : Tableau de constructions des pluies de Desbordes

Au vu de la petite taille des bassins versants urbains qui sont étudiés, les pluies de projet construites seront des pluies de durée intense 15 minutes et 30 minutes. Le diagnostic sera ensuite réalisé avec les pluies les plus critiques.

Période de retour T (ans)	Durée intense (min)	Hauteur précipitée sur la période intense (mm)	Hauteur précipitée totale sur 4h (mm)
2	15	20	68
	30	29	68
5	15	23	68
	30	33	68
10	15	26	68
	30	39	68
30	15	31	79
	30	47	79
100	15	35	124
	30	55	140

Tableau 10 : Pluies de projet pour différentes périodes de retour et durées intenses

B.I.2.7. Prise en compte du Rieu ,de son système d'écèlement et des prises d'eau

▲ *Prise en compte du système d'écèlement*

L'objet de la présente étude ne consiste pas en l'étude du cours d'eau du Rieu puisque l'aléa inondation de ce cours d'eau est globalement bien maîtrisé puisqu'il a fait l'objet d'un PPRI. Depuis ce PPRI, aucun aménagement d'écèlements supplémentaires n'a été réalisé, de sorte que les résultats du PPRI sont toujours valides. L'étude du zonage pluvial se concentre uniquement sur le ruissellement pluvial produits sur les bassins versants communaux bien que l'influence aval du milieu récepteur doit être prise en compte pour le diagnostic capacitaire des réseaux pluviaux.

▲ *Prise en compte des prises d'eau sur le Rieu*

Le réseau pluvial de Bellegarde présente la spécificité d'être également un réseau d'irrigation avec deux prises d'eau sur le Rieu : la prise d'eau du plan d'eau des moulins et la prise d'eau du stade de tennis.



Illustration 12 : Localisation des prises d'eau

Le débit transitant dans chacune des deux prises d'eau a été estimé à l'aide des caractéristiques des vannes lors du repérage de terrain.

Les débits estimés sont les suivants :

- Prise d'eau du plan d'eau des Moulins : $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Prise d'eau du stade de tennis : $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$;

Il a été ensuite vérifié que les hauteurs d'eau dans les branches drainant ces prises d'eau étaient cohérentes dans le modèle par rapport à ce qui a été mesurées sur le terrain.

Prise en compte de l'influence aval du Rieu

Etant donné que les exutoires des différentes branches de réseau pluvial sont situés dans la partie de plaine, la hauteur d'eau du Rieu conditionne la capacité d'évacuation des différentes branches de réseau pluvial de la commune.

La prise en compte de cet élément sera effectuée en prenant en compte le Rieu à moitié rempli. Une carte de l'occurrence de défaillance sera produite pour cette situation. Le diagnostic du réseau pluvial communal sera établie sur cette hypothèse. Ce niveau d'eau correspond au niveau moyen du Rieu.

C'est d'ailleurs l'hypothèse qui a été utilisé par BRL dans l'étude de l'aléa inondation du Rieu de Bellegarde depuis le plan d'eau des Moulins jusqu'au canal du Rhône à Sète.

Modélisation du Rieu

Le fonctionnement du réseau pluvial de Bellegarde est lié au Rieu uniquement par possible influence aval de ce dernier sur les réseaux. En effet, dès lors que le niveau d'eau dans le Rieu est supérieur à la cote fil d'eau de l'exutoire du réseau pluvial, les écoulements du réseau pluvial s'en trouvent contraint.

L'objectif de l'étude, n'est pas la modélisation de ce cours d'eau, il sera donc pris en compte uniquement l'éventuelle influence aval qu'il exerce sur le réseau par définition d'une cote imposée pour le niveau du cours d'eau.

Prise en compte des bassins d'infiltration

La commune possède quatre bassins d'infiltration. Ces derniers se présentent sous la forme de bassin de rétention mais ne sont pas équipés d'orifice de fuite, la vidange de ces derniers se fait uniquement dans le sol. C'est donc la capacité d'infiltration du sol qui détermine le fonctionnement de ces ouvrages.

La localisation des bassins de rétention et d'infiltration est précisée ci-dessous :



Illustration 13 : Localisation des bassins d'infiltration et de rétention

Les capacités d’infiltration du sol ont été estimés après analyse des cartes géologiques et du repérage de terrain.

Le tableau ci-dessous synthétise les valeurs utilisées selon les secteurs :

Secteur	Perméabilité (mm/heure)
Plaine	36
Plateau	360

Tableau 11 : Valeur de perméabilité du sol utilisées

En effet, la plaine de Bellegarde est constituée de limon argileux peu perméables tandis que le plateau est constitué d’un substrat avec des galets et une terre limono sableuse bien plus perméable. Les valeurs utilisées sont des valeurs usuelles. Ces valeurs n’ont pas été déterminées par une étude de sol, elles serviront uniquement à donner un ordre d’idée du fonctionnement des mesures compensatoires utilisant l’infiltration comme moyen de vidange.

La commune est de plus pourvue de 7 bassins de compensation à l’imperméabilisation avec orifice de fuite.

B.I.2.8. Levés topographiques

Un levé topographique partiel a été réalisé en Août 2018 lors du repérage mené par Cereg. Ces levés intègrent plus de 350 points topographiques comprenant :

- Des points sur voirie dans le centre urbain et les axes routiers principaux ;
- Des profils en travers des voiries et des fossés pluviaux ;
- Les cotes amont, aval et voirie à l’aplomb des ouvrages hydrauliques ;
- Les côtes fil d’eau au droit de chaque tampon du réseau pluvial enterré.

Ces données permettent de disposer d’une représentation fine de l’espace à modéliser, et d’effectuer des calculs avec des incertitudes réduites.

B.I.2.9. Le réseau d’assainissement pluvial

On distingue les **ouvrages hydrauliques** permettant d’assurer les transparences sous les voiries des **collecteurs enterrés** permettant de transiter les eaux dans des collecteurs sous voirie. La planche 10 présente le réseau pluvial modélisé pour les besoins de l’étude. La planche 11 présente les occurrences de mise en charge du réseau pluvial de la commune pour un diagnostic réalisé avec les pluies de 4 heures de durée totale et 30 minutes de durée intense qui sont les plus critiques à l’échelle des zones étudiées.

Il sera considéré que le réseau pluvial est insuffisant dès lors qu’il fonctionne en charge. En effet, les réseaux pluviaux ne sont pas conçus pour fonctionner en charge et cela peut engendrer une usure prématurée des canalisations.

B.II. DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE FONCTIONNEL

B.II.1.1. Caractérisation du réseau

B.II.1.1.1. Réseau enterré

Le réseau pluvial enterré de la commune est constitué de plusieurs branches de réseau pluvial structurante. C'est sur ces branches que les réseaux de collecte secondaire viennent se connecter. De manière générale les branches de réseau principales doivent être en mesure de fonctionner sans défaillance jusqu'à une occurrence comprise entre l'occurrence décennale et trentennale selon la norme NF EN 752-2 régissant l'assainissement pluvial.

On distingue 6 secteurs indépendant d'un point de vue de l'assainissement pluvial. Il s'agit des secteurs :

- Secteur Nord-Ouest : Ce secteur est occupé par la ZAC des Ferrières. Il possède deux exutoires distincts. Un, directement au Rieu après transit dans des bassins de compensation à l'imperméabilisation et l'autre au plan d'eau des moulins via le chemin de Coste Canet.
- Secteur Nord-Est : Ce secteur regroupe une zone allant de la route de Redessan jusqu'au Mas Saint Jean. Il est drainé par trois principaux talwegs plus ou moins artificialisés et ayant pour exutoire le Rieu. Sur ce secteur, des zones ont été récemment urbanisées et sont pourvues de mesure compensatoire à l'imperméabilisation.
- Le Secteur Sud-Ouest : Il s'agit d'un secteur délimité à l'ouest par la Rue Van Gogh et à l'Est par le lotissement de la Madone. Ce réseau trouve son exutoire à l'extrême Sud de la commune dans le contre canal du canal du Rhône à Sète au croisement entre le chemin de l'herbe Molle et la RD 38. La partie urbanisée de ce secteur est drainé par du réseau enterré tandis que la connexion se réalise via un fossé à très faible pente entre la route de St Gilles et l'exutoire. Toute la zone traversée par ce fossé constitue une vaste « plaine inondable » pour ce fossé.
- Le secteur du centre-ville est principalement drainé par trois branches de réseau enterré structurante ayant trois exutoires distincts au Rieu. Ces branches sont toutes trois alimentées par deux prises d'eau sur le Rieu afin d'irriguer les jardins des habitants et les platanes autour des arènes.
- Le secteur Est drainé par une branche de réseau structurante démarrant au droit de la Rue des Clairettes et trouvant son exutoire au Rieu non loin de l'avenue de Provence.
- Le secteur Sud-Est, qui ne possède pas de branche de réseau structurante. Sur ce secteur l'essentiel des écoulements se réalisent sur la voirie. Localement, quelques branches de collecte sont présentes, elles permettent de diriger les écoulements vers les bassins d'infiltrations présents dans ce secteur.

L'illustration ci-dessous précise la localisation de ces secteurs :



Illustration 14 : Localisation des différents secteurs

Le réseau pluvial est bien réparti sur l’ensemble du territoire, néanmoins notamment dans le centre-ville, la densité d’avaloir n’est pas très importante, ce qui peut laisser penser que la capacité d’absorption est insuffisante.

Le diagnostic sera réalisé en considérant une capacité d’absorption théorique parfaite car il ne s’intéresse qu’au dimensionnement des conduites et non des ouvrages d’engouffrement.

B.II.1.1.2. Réseau aérien

Le Réseau aérien de la commune est essentiellement présent en rive gauche du Rieu ainsi que près des exutoires en rive droite.

La branche principale de réseau aérien est constituée par un canal rectangulaire en béton recueillant les eaux d’irrigation en provenance de la prise d’eau des terrains de tennis ainsi qu’une partie des eaux de ruissellement en provenance du centre-ville. L’exutoire final de ce réseau est le Rieu au niveau du chemin du Mas de Rom.

D’autres tronçons de réseau aérien sont présents sur le territoire mais servent principalement à connecter les réseaux enterrés vers le Rieu, ils n’ont qu’un rôle de collecte limité.

B.II.1.1.3. Bassins de rétention

Plusieurs bassins de rétention sont présents sur le territoire communal. Lors du repérage de terrain, onze bassins de rétention ont été identifiés. Ces bassins ont été installés dans un objectif de compensation à l'imperméabilisation. Certains d'entre eux sont des bassins d'infiltration.

Ces bassins feront l'objet d'un diagnostic sommaire.

B.II.1.2. Insuffisances du réseau et analyse des axes d'écoulements surfaciques

B.II.1.2.1. Méthode

▀ Défaillance du réseau

L'objectif des simulations est de déterminer les occurrences de défaillance des différents collecteurs et fossés du réseau pluvial.

La planche cartographique n°11 présentent les résultats des simulations issues du code de calcul PC SWMM.

On distingue les différentes entités qui composent le réseau d'assainissement pluvial :

- Le réseau enterré composé des conduites (trait plein),
- Les fossés aériens (traitillé),

Un tronçon est mis en charge lorsque la hauteur d'eau dépasse une certaine cote :

- Pour un réseau enterré, il s'agit de la cote de la génératrice supérieure ;
- Pour un fossé aérien, il s'agit de la cote de plein bord.

Lorsqu'un tronçon est en charge le débit transité dépasse le débit de plein bord. Il est à noter que la mise en charge du réseau enterré n'entraîne pas nécessairement de débordement si celui-ci est suffisamment profond.

Les principes de fonctionnement en charge et de débordement sont illustrés ci-dessous :

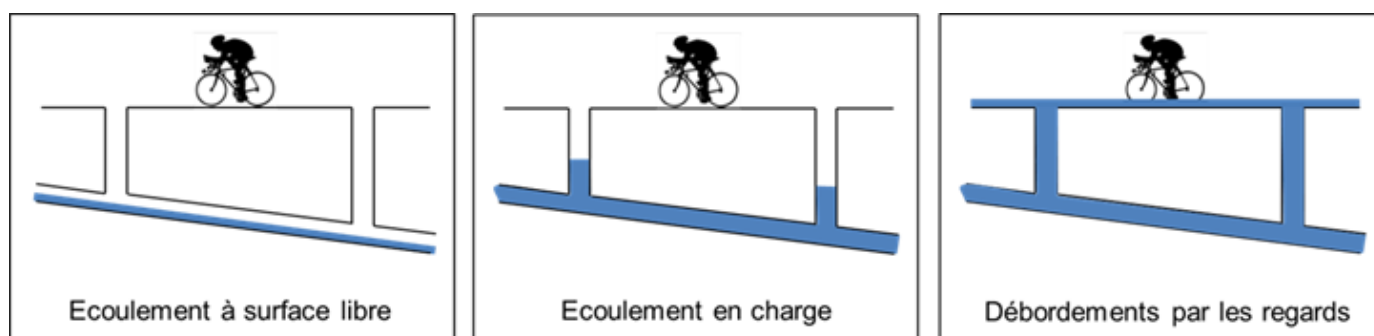


Illustration 15 : Les différents types d'écoulement

- Un collecteur enterré a été comptabilisé comme en charge à partir du moment où la hauteur d'eau à l'aval (ou à l'amont) est supérieure à la hauteur du collecteur.
- Pour les fossés aériens, on considère qu'ils sont débordants à partir du moment où la hauteur d'eau à l'aval (ou à l'amont) est supérieure à la hauteur du fossé.
- On représente une inondation de la voirie lorsque la hauteur de l'écoulement est supérieure à 5 cm.

Les axes d'écoulement en surface identifiés grâce aux témoignages des riverains et aux investigations de terrain sont représentés s'ils sont actifs pour l'évènement simulé (avec un débit qui est supérieur à 20 l/s).

La planche 11 en annexe présente les insuffisances du réseau pluvial.

La norme européenne NF EN 752-2, relative aux réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments, propose en son article 6 des prescriptions de performances à atteindre, notamment en termes de fréquence d'inondation.

Lieu	Capacité du réseau
Zones rurales	10 ans
Zones résidentielles	20 ans
Centre-ville, zones industrielles ou commerciales	30 ans
Passages souterrains routiers ou ferrés	50 ans

Tableau 12 : Relation entre l'occupation des sols et la fréquence de protection contre les inondations pluviales (source : La Ville et son Assainissement – CERTU).

Représentation des écoulements surfaciques

La modélisation simplifiée des voiries dans la modélisation permet de déterminer les hauteurs de submersion et les vitesses de ruissellement atteintes pour les différents événements pluvieux. Le graphique ci-dessous présente de façon synthétique dans quelle mesure les ruissellements peuvent porter atteinte à la sécurité des biens et des personnes.

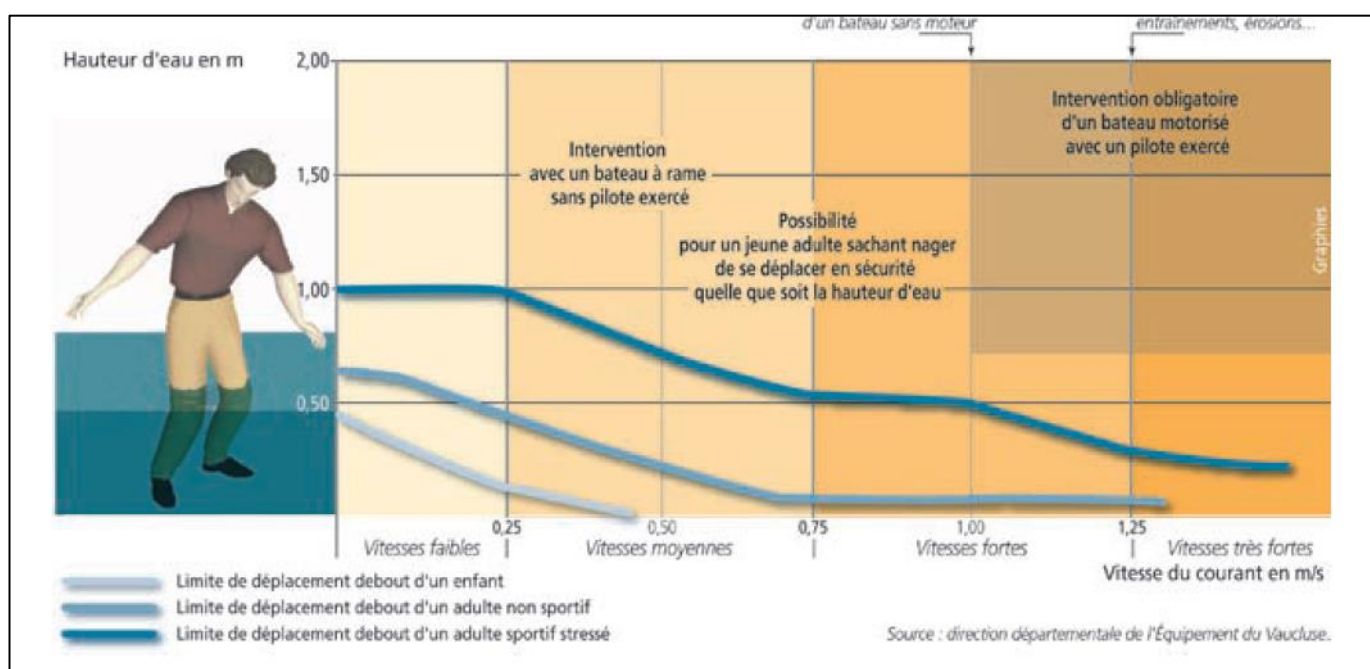


Illustration 16 : Limites de déplacement en fonction des caractéristiques du ruissellement.

Il est rappelé que cette modélisation simplifiée des axes d'écoulements ne permet pas de prendre en compte les débordements sur les parcelles riveraines et constitue donc un diagnostic simplifié. Un diagnostic plus précis ne peut se faire que dans le contexte d'une modélisation 2D permettant la modélisation d'écoulements divergents, basée sur une topographie fine de la zone d'étude.

Les éléments présentés ci-dessous sur les écoulements sur voirie sont donc informatifs et ne donnent que des tendances.

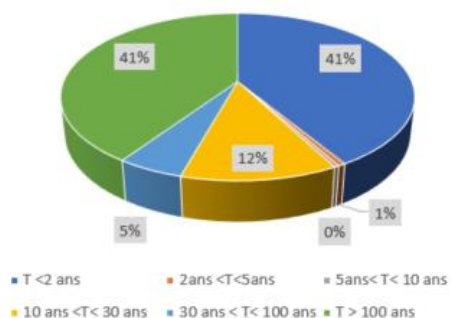
B.II.1.2.2. Analyse hydraulique générale

Selon la norme NF-EN 752-2, les occurrences de défaillance des réseaux pluviaux conseillés sur la commune de varient entre 10 ans (zones rurales) et 30 ans (centre-ville).

Or, les résultats issus de la modélisation indiquent qu’environ 66% du réseau enterré est défaillant avant l’occurrence décennale. Le réseau aérien est lui défaillant à hauteur de 42% avant l’occurrence décennale.

Toutefois, la majorité des fossés débordent dans des zones sans enjeux particuliers et les réseaux enterrés débordent sur la voirie qui globalement transite les eaux pluviales jusqu’à l’exutoire. Néanmoins, dans les quartiers résidentiels situés dans le secteur centre-ville et Sud-Ouest, ces débordements sont susceptibles d’atteindre les propriétés riveraines.

Occurrence de défaillance du réseau aérien



Occurrence de défaillance du réseau pluvial enterré

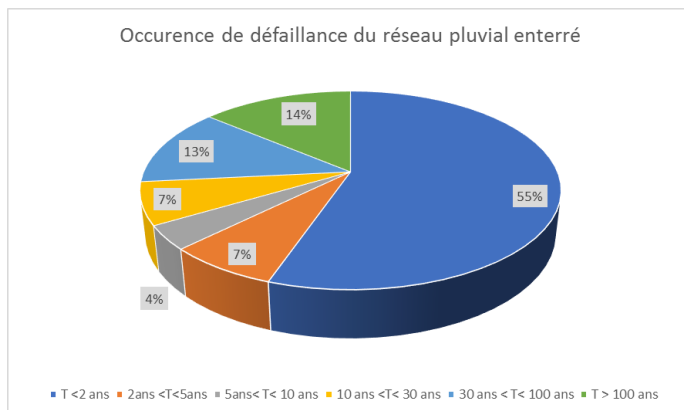


Tableau 13 : Pourcentage de réseau pluvial défaillant selon plusieurs occurrences.

Le réseau enterré fonctionne en majorité en charge dès l’occurrence biennale. Le réseau enterré est globalement proche de la surface de sol, ce qui signifie que la mise en charge des réseaux entraîne globalement un débordement du réseau sur la voirie. Le transit du débit pluvial a alors lieu directement sur cette dernière. Cependant, la carte des insuffisances fait apparaître que les débordements du réseau enterré ont lieu en amont et en aval du centre ancien, et que globalement dans le centre ancien les réseaux pluviaux fonctionnent correctement jusqu’à un évènement de période de retour compris supérieur à 100 ans.

Le diagnostic prend en compte le stockage sur voirie et le transfert par les voiries du débits débordés.

La période de retour de défaillance des réseaux pluviaux, est inférieure aux recommandations de la norme NF EN 752-2, mais l’essentiel des désordres n’impacte que modérément le centre-ville.

B.III. DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE PAR SECTEUR

Un diagnostic des défaillances des réseaux pluviaux est réalisé pour les 6 secteurs identifiés page 50 de ce rapport, dont le découpage est réprécisé ici :



Illustration 17 : Localisation des différents secteurs

B.III.1. Secteur Nord-Ouest

Ce secteur correspond au contour de la ZAC des Ferrières. Il comprend également un secteur urbanisé moins récemment le long du chemin de Coste Canet. La ZAC des ferrières est équipée de dispositifs de compensation à l'imperméabilisation fonctionnant par infiltration essentiellement. En revanche, les secteurs proches du chemin de Coste Canet ne possèdent pas de dispositif de compensation à l'imperméabilisation et les ruissellements sont dirigés vers le plan d'eau des Moulins via un réseau pluvial DN 300 mm et par écoulement surfacique lorsque ce dernier déborde.

La carte des occurrences de défaillances des réseaux et des occurrences de débordement des bassins de compensation est présentée ci-dessous :

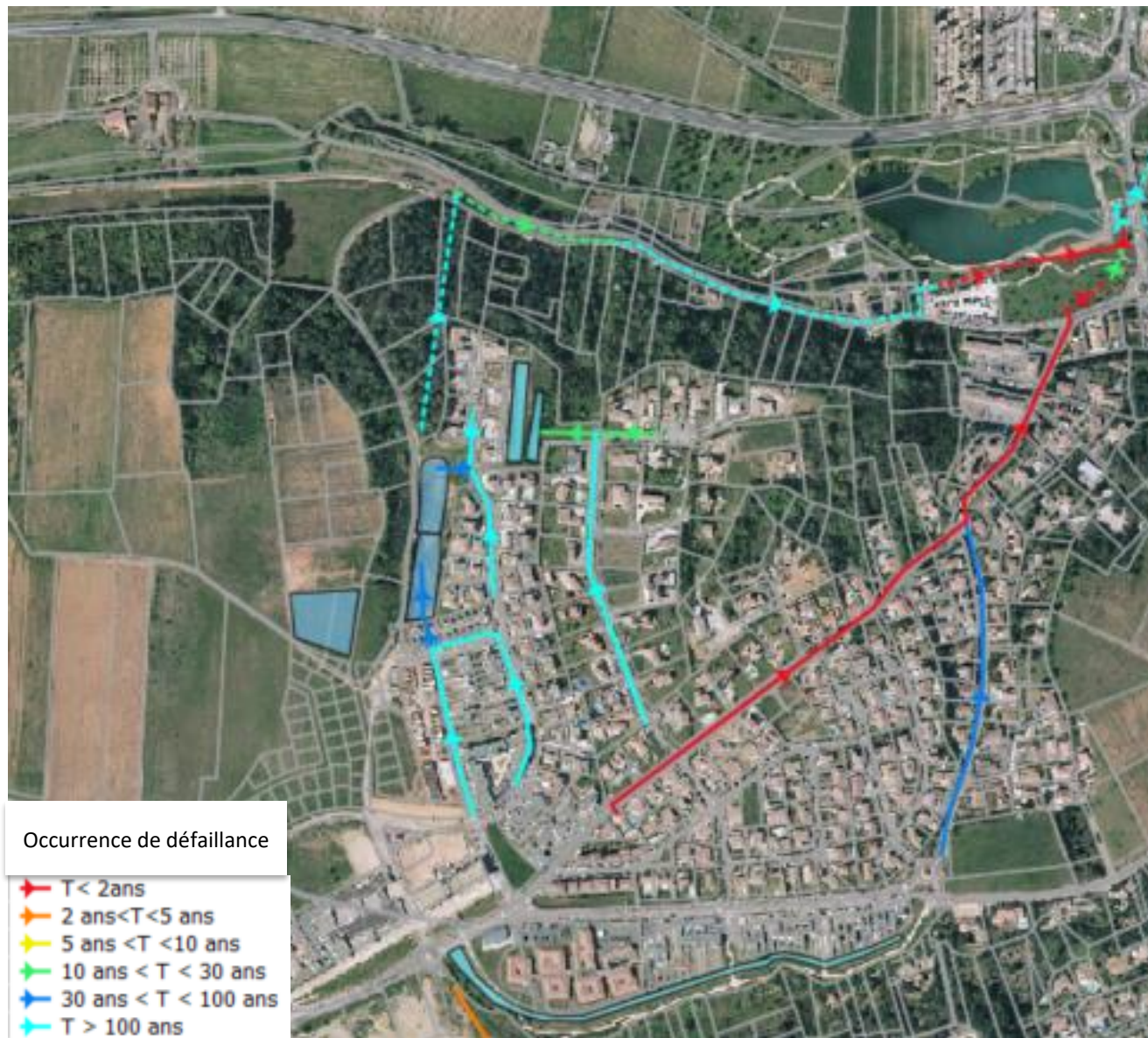


Illustration 18 : Carte des périodes de retour de défaillances du réseau pluvial du secteur Nord-Ouest

La carte des insuffisances montre que le réseau pluvial de la ZAC des Ferrières est correctement dimensionné puisque les tronçons de réseau ont une capacité hydraulique supérieure à l'occurrence trentennale. En outre, au niveau des systèmes de compensation déversent entre l'occurrence trentennale et centennale voir au-delà.

La carte ci-dessous permet de localiser les zones dirigées vers un dispositif de rétention de celles qui ne le sont pas :

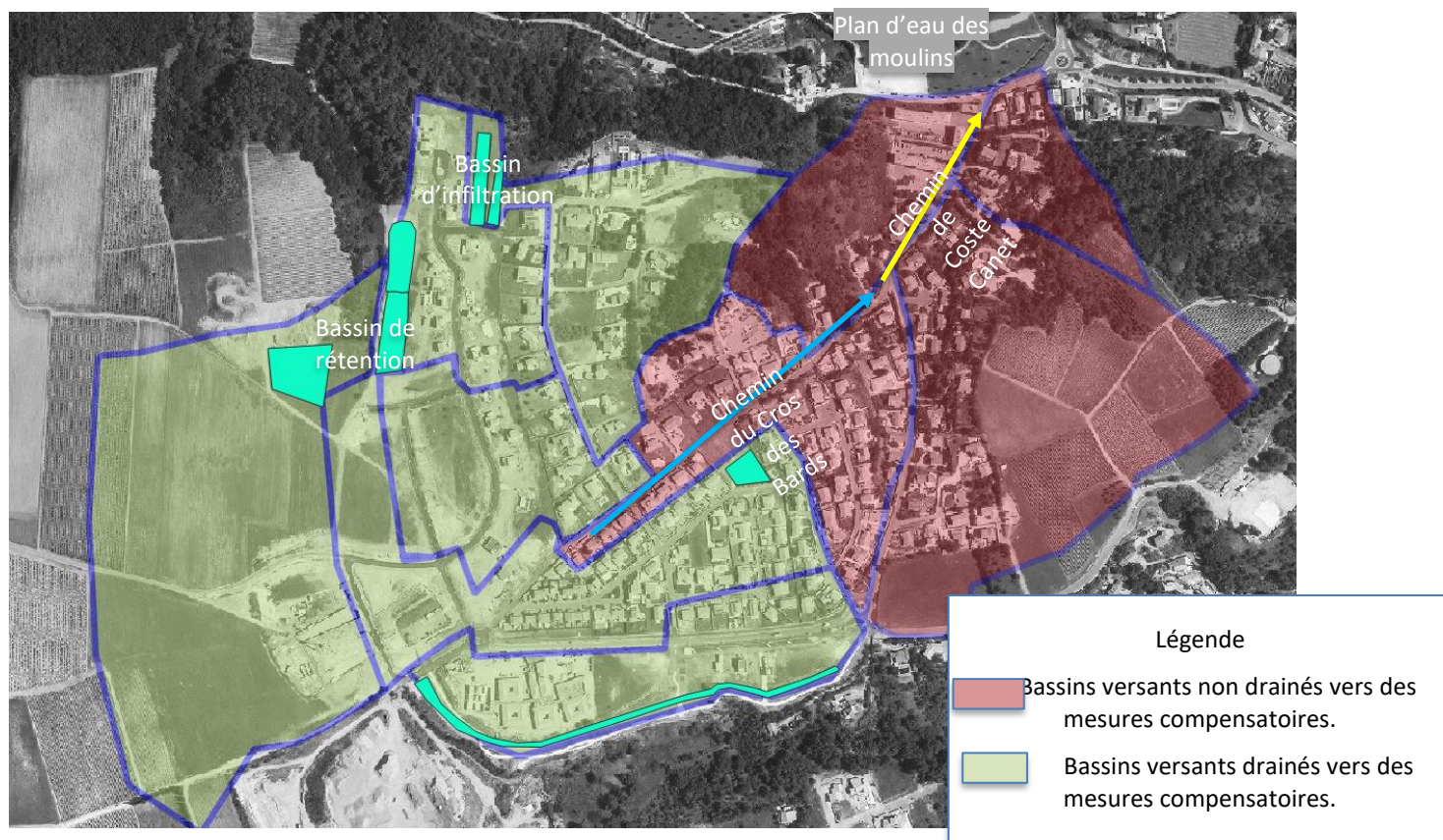


Illustration 19 : Distinction des bassins versant drainés ou non vers des mesures compensatoires.

Les bassins versants non drainés par une mesure compensatoire s’écoulent vers le plan d’eau des Moulins via deux branches de réseau pluvial enterré. Il s’agit des branches passant sous le chemin de Coste Canet et sous le chemin du Cros des Bards.

Le bassin versant drainé par le chemin de Coste Canet a une superficie de 23.5 hectares et le bassin versant du chemin du Cros de bards a une superficie de 6 hectares. Ces bassins versants sont occupés par de l’habitat résidentiel.

Les deux branches de réseau sont défaillantes dès l’occurrence biennale. Les écoulements se réalisent alors en partie sur la voirie avec les couples hauteurs/vitesses suivants :

Lieu		10 ans	30 ans	100 ans
Chemin du Cros des Bards	Hauteur (m)	0.08	0.09	0.12
	Vitesse (m/s)	3.3	3.6	4
Chemin de Coste Planet	Hauteur (m)	0.4	0.5	0.6
	Vitesse (m/s)	0.8	0.8	1

Tableau 14 : Couple hauteurs vitesses des écoulements superficiels constatés pour différentes occurrences de pluie sur le chemin de Coste Canet et du Cros des Bards

Les couples hauteurs vitesses sont susceptibles de remettre en cause la sécurité des biens et des personnes dès l'occurrence décennale.

Les débordements sur les deux chemins sont principalement dus à la trop faible dimension des canalisations (\varnothing 300 mm).

Bien que des cassis aient été aménagés en aval du chemin de Coste Canet (au droit des immeubles) pour diriger les ruissellements dans le réseau, ces derniers sont inefficaces étant donné que le réseau est déjà saturé dès l'occurrence biennale.



Illustration 20 : Dispositif servant à diriger le ruissellement vers le réseau pluvial (Chemin du Cros des Bards), source Google maps

La connexion au plan d'eau des Moulins se fait par l'intermédiaire d'un fossé qui est globalement défailant dès l'occurrence biennale. Néanmoins, les débordements de ce fossé sont situés dans un espace vert, de sorte que les désagréments occasionnés ne sont pas dommageables

B.III.2. Secteur Nord-Est

Le secteur Nord Est est situé en rive Gauche du Rieu. Ce secteur est drainé par trois thalwegs principaux dont les berges ont été urbanisées. In fine, aujourd’hui, les thalwegs sont complètement artificialisés. Les deux thalwegs principaux du secteur sont ceux du mas Saint Jean et ceux de la Vaque.

Des constructions récentes sont présentes à l’Est de ce secteur et sont pourvues de mesure compensatoire à l’imperméabilisation. Trois bassins ont été repérés mais seulement deux ont pu faire l’objet d’un diagnostic car le troisième était fermé et les caractéristiques géométriques n’ont pu être mesurées. Ces deux bassins sont débordant dès l’occurrence biennale.

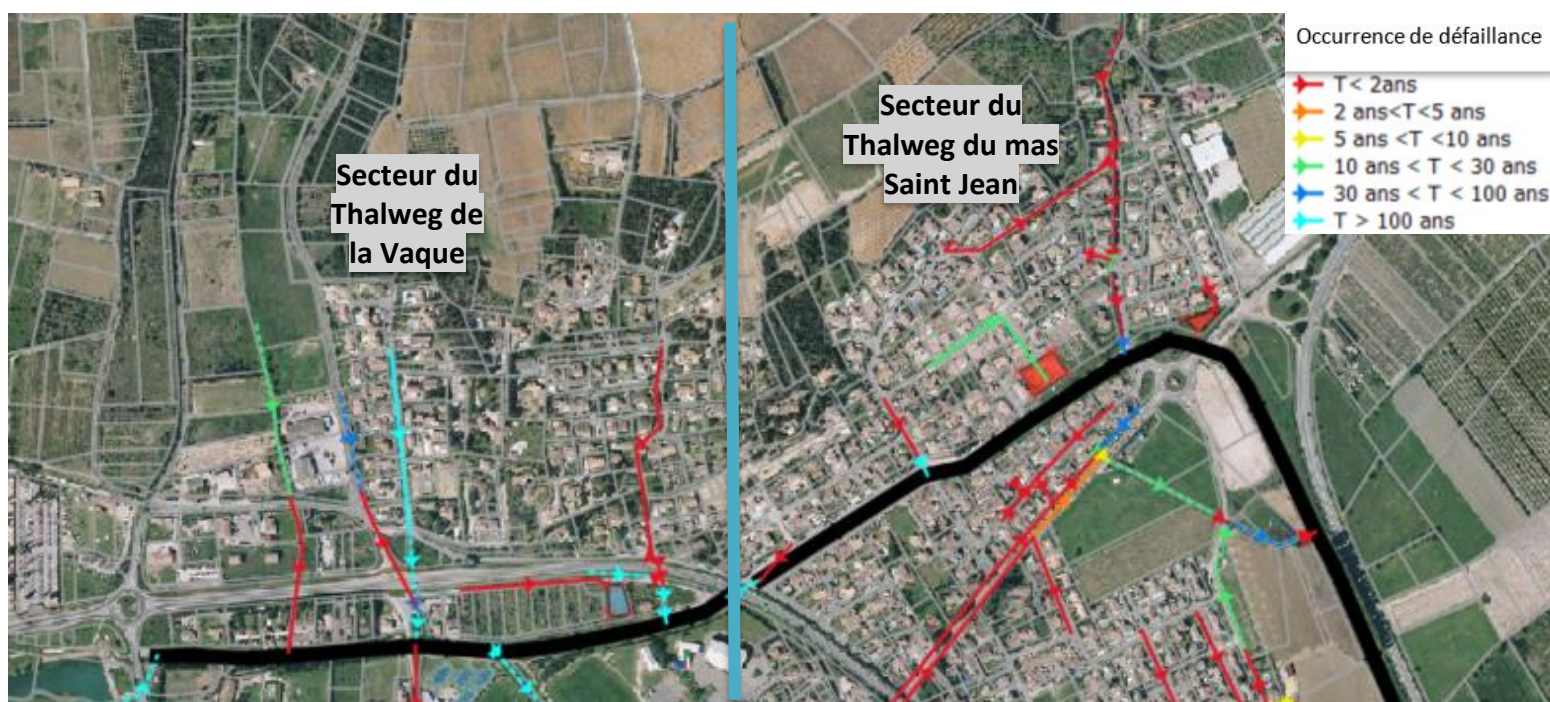


Illustration 21 : Carte des insuffisances du réseau pluvial du secteur Nord-Est

▀ Secteur du thalweg de la Vaque

Ce secteur est occupé par de l’habitat résidentiel relativement dense, il est caractérisé par des pentes marquées dessinant des thalwegs qui ont été transformés aujourd’hui en voirie.

Il est drainé par quatre branches de réseau pluvial distincte ayant globalement une capacité hydraulique acceptable. Ces branches de réseau trouvent leur exutoire dans le Rieu après franchissement de la Route Départementale RD 6113. Les canalisations permettant le franchissement de la RD sont pour la plupart défectueuse dès l’occurrence biennale. Elles entraînent, soit un stockage d’eau en rive gauche du Rieu soit un écoulement surfacique sur le chemin des costières pour la branche de réseau la plus à l’Est (drainant le chemin du Paradis) .

La carte ci-dessous permet de localiser les différentes rues :



Illustration 22 : Localisation des rues mentionnées

Les écoulements surfaciques sur le chemin des costières se dirigent néanmoins vers le Rieu et se produisent sur une distance de l’ordre de 400m. Au droit du Rieu, des aménagements surfaciques permettent de diriger les eaux au Rieu et les empêche d’atteindre la route de Beaucaire.



Illustration 23 : Aménagements surfaciques organisant l’écoulement surfacique dû à l’insuffisance du réseau pluvial

Le tableau ci-dessous précise les couples hauteurs vitesse présent sur le chemin des costières pour différentes occurrences :

		10 ans	30 ans	100 ans
Chemin des Costières	Hauteur (m)	0.1	0.12	0.17
	Vitesse (m/s)	3.5	3.9	4.8

Tableau 15 : Couple hauteurs/vitesses des écoulements surfaciques simulés sur le chemin des costières

Les écoulements sont susceptibles de remettre en cause la sécurité des biens et des personnes sur le chemin des costières. Ces écoulements sont majoritairement produits par la sous capacité du réseau pluvial du chemin du Paradis.

En effet ce réseau pluvial est simplement constitué de canalisation en DN 300 mm qui s’avèrent être largement insuffisante pour drainer les débits de pointe produits par le bassin versant d’une superficie de 11.3 hectares.

▀ Secteur du thalweg du Mas Saint Jean

Ce secteur est en cours de finalisation d’urbanisation. Quelques opérations récentes sont en cours de finalisation, et elles ont intégrées des mesures compensatoires à l’imperméabilisation. En revanche, la partie amont de ce secteur a été urbanisée plus anciennement et n’a pas intégré des dispositifs de gestion des eaux pluviales ni de compensation à l’imperméabilisation. Sur cette partie, les réseaux pluviaux sont globalement défaillant pour des sollicitations inférieures à l’occurrence biennale.

De plus, le thalweg du mas Saint Jean, a été partiellement obstrué et transformé en voie de circulation pour permettre le développement de l’urbanisation. Seule une cunette a été aménagée le long de la voirie afin de transiter le débit produit par la source qui l’alimente. Cette source est vraisemblablement pérenne puisqu’elle coulait lors du repérage réalisé en Août 2018.

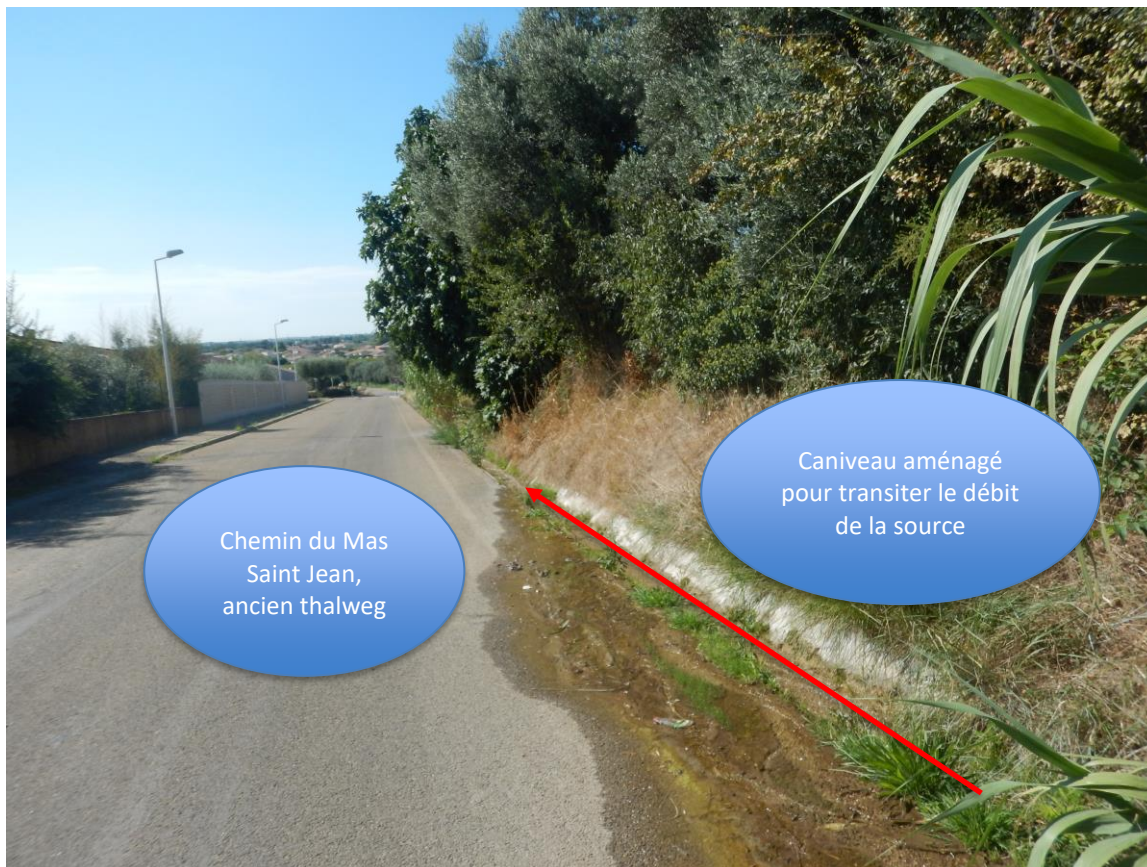


Illustration 24 : Caniveau insuffisant aménagé pour collecter le débit produit par la source du Mas Saint Jean

Comme le montre la photographie ci-dessus, le caniveau aménagé pour drainer le débit de la source est insuffisant même en période d’été. Dès lors, des écoulements superficiels se produisent systématiquement.

Les couples hauteurs vitesses sur l’ancien chemin du mas Saint Jean sont les suivants :

		10 ans	30 ans	100 ans
Chemin du mas Saint Jean	Hauteur (m)	0.15	0.20	0.30
	Vitesse (m/s)	4	5	6.4

Tableau 16 : Couple hauteurs/vitesses des écoulements simulés sur la chaussée du chemin du Mas St Jean

Les couples hauteurs vitesses des écoulements superficiels sont élevés et peuvent remettre en cause la sécurité des biens et des personnes.

Hormis le chemin du mas Saint Jean, le réseau pluvial, de ce secteur présente des défaillances ordinaires qui n’engendrent pas de désordres significatifs.

B.III.3. Secteur Centre-ville

Le secteur du centre-ville, comprend toute la partie historiquement urbanisée de Bellegarde ainsi que l'intégralité des lotissements compris entre le centre historique et la route départementale RD 38 comme présenté sur l'illustration 9.

Ce secteur concentre l'essentiel du linéaire de réseau enterré de la commune. Le réseau pluvial présent joue un double rôle : irrigation et drainage pluvial.

Ce réseau pluvial est constamment alimenté par deux prises d'eau sur le Rieu, une sur le plan d'eau des moulins et une sur le Rieu au niveau des stades de tennis.

Pour la clarté des documents cartographiques, ce secteur sera divisé en deux sous-secteurs : amont et aval.

B.III.3.1.Secteur amont

La carte ci-dessous précise les occurrences de défaillances des réseaux pluviaux sur le secteur amont du centre-ville.

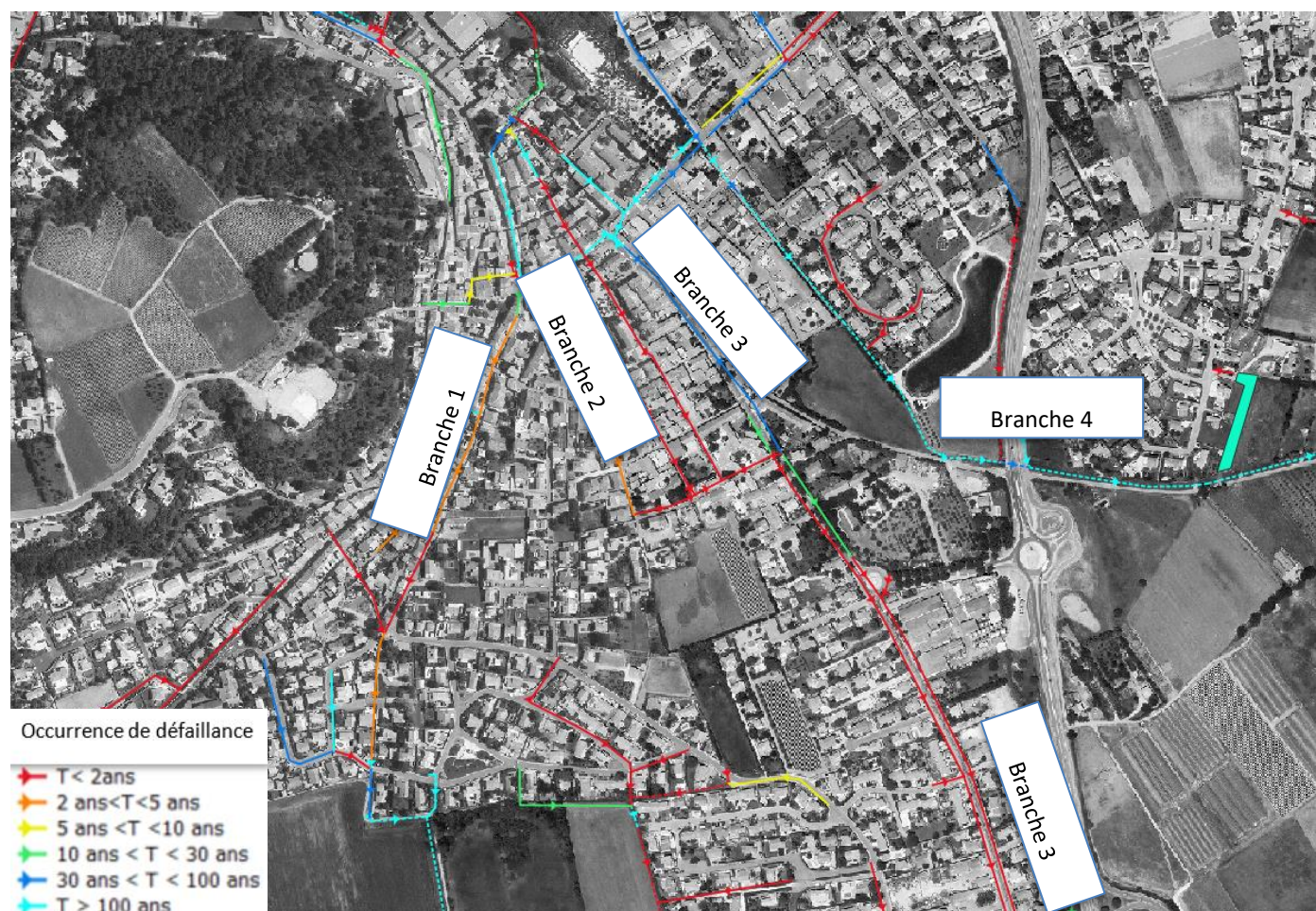


Illustration 25 : Cartographie des insuffisances du réseau pluvial du centre-ville et identification des branches de réseau

Le centre-ville est drainé par quatre branches de réseau principale. Ces trois branches sont en permanence irriguées par de l'eau d'irrigation en provenance des deux prises d'eau sur le Rieu.

- Branche 1 :

La branche 1 est constituée d'un réseau enterré de dimension variant entre un cadre 0.7*1.2 m à une conduite circulaire Ø 1000 mm à l'exutoire dans un fossé à ciel ouvert de grande dimension. Au milieu de cette branche, une réduction de diamètre est observée puisqu'il s'agit d'un DN 600 mm seulement.

- Branche 2

La branche 2, est la branche qui est la plus défaillante du secteur, elle est constituée d'un réseau enterré de dimension variant entre un DN 300 mm et un DN 600 en aval de la Rue d'Arles. Elle est placée en rive gauche de la rue d'Arles.

- Branche 3

La branche 3, est une branche qui présente des défaillances significatives uniquement dans la rue d'Arles à partir de la cave coopérative. Elle est constituée d'un réseau enterré dont les dimensions varient entre un cadre 1.8*1.2 en amont et un DN 700 mm à l'aval. Elle est placée en rive droite de la rue d'Arles.

- Branche 4

La branche 4, est une branche ne présentant aucune insuffisance jusqu'à des évènements compris entre l'occurrence trentennale et centennale selon les secteurs. Elle est alimentée par la prise d'eau du stade de tennis. Il s'agit essentiellement d'un canal à ciel ouvert de grande dimension.



Illustration 26 : Gabarit de la branche 4, vue amont et aval.

La carte ci-dessous permet de localiser les rues mentionnées dans ce qui suit :



Illustration 27 : Localisation des rues mentionnées

Diagnostic du réseau pluvial de la prise d'eau du plan des moulins jusqu'au centre ancien

Le secteur en amont des arènes est drainé par une branche de réseau à ciel ouvert sur la première partie de son tracé et qui se transforme en réseau enterré au point A sur l'illustration ci-dessous :



Illustration 28 : Localisation du secteur étudié

Les canalisations enterrées entre le point A et les arènes sont globalement en charge pour un évènement pluvieux d'occurrence inférieure à 2 ans. Des débordements sont observés sur la voirie à partie de l'occurrence biennale également.

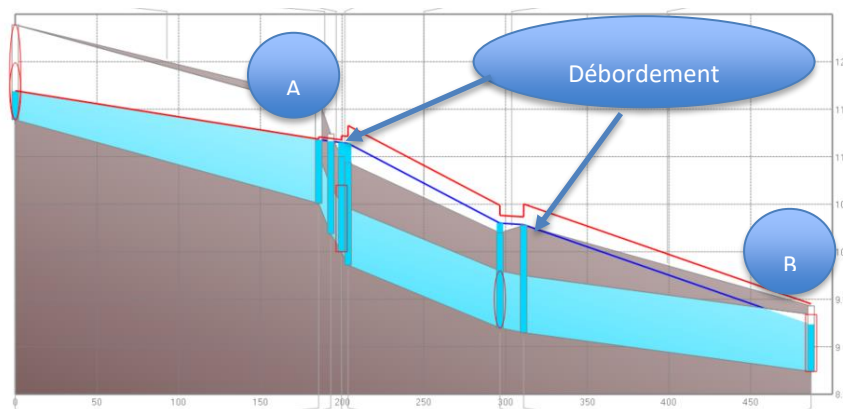


Illustration 29 : Ligne d'eau biennale dans le réseau pluvial entre les points A et B

Les débordements se réalisent préférentiellement en amont immédiat des arènes au niveau du terrain de pétanque.

Au niveau des arènes, le réseau redevient un réseau aérien, ce dernier chemine dans le centre ancien et se divise en trois branches distinctes au fur et à mesure de son avancée. Au niveau des défluences, les branches de réseau sont de diamètres modestes (400 mm), hormis la branche la plus au Nord qui est constitué d'un cadre 0.7*1.2m.

Néanmoins, étant donné que des débordements importants se produisent en amont des arènes, hormis la branche du milieu, le réseau ne présente pas de dysfonctionnement graves.

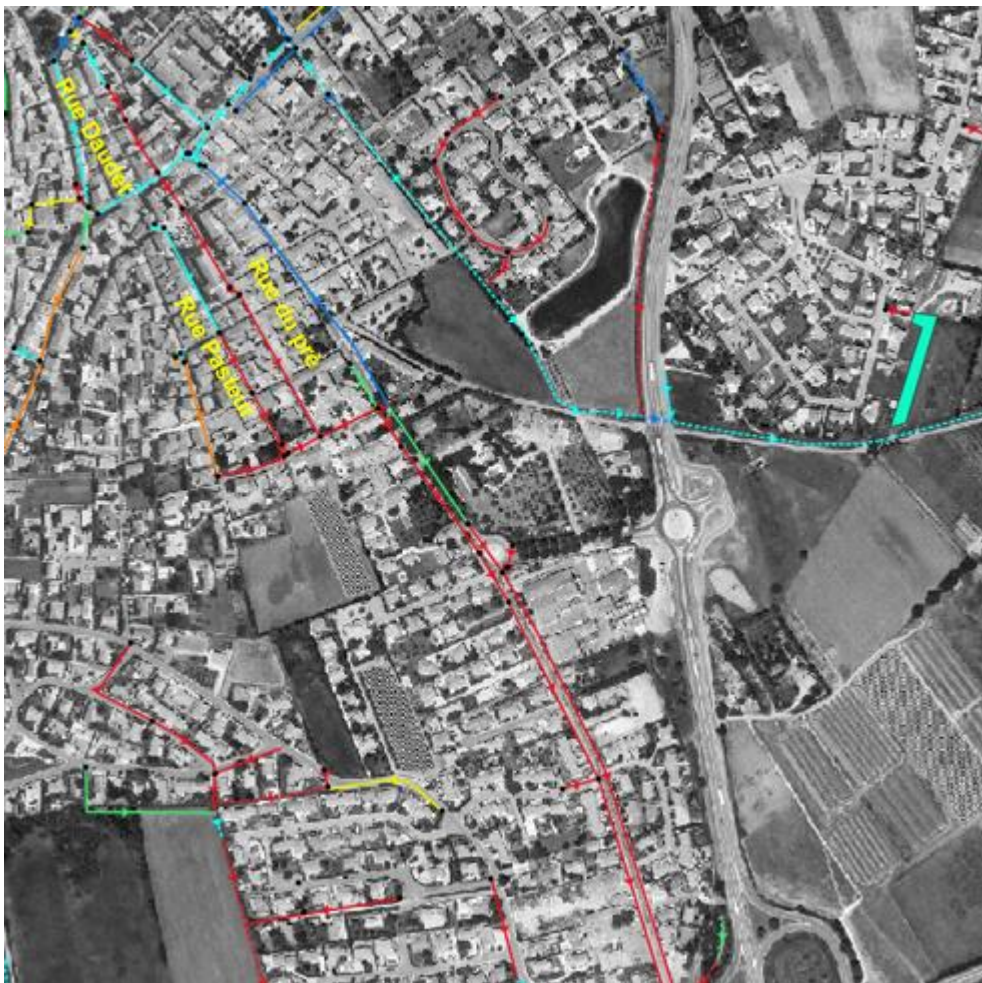


Illustration 30 : Localisation de la branche de la rue du Pré

La branche du milieu, est défailante dès l'occurrence biennale et engendre des écoulements sur voirie. Cette branche constitue le départ de la branche 2.

Les débordements sont situés au niveau de la défluence (où la branche du milieu démarre), et tout le long de la rue du pré. Ces débordements ont deux causes bien distinctes.

- Les débordements au niveau de la défluence sont dû à la trop faible capacité de la canalisation d'engouffrement (DN 400 mm) ;
- Les débordements se produisant dans la rue d pré ont pour origine l'influence aval exercé par le réseau présent sous la rue Jean Moulin elle-même due à l'influence aval de la rue D'Arles (continuité de la branche étudiée).

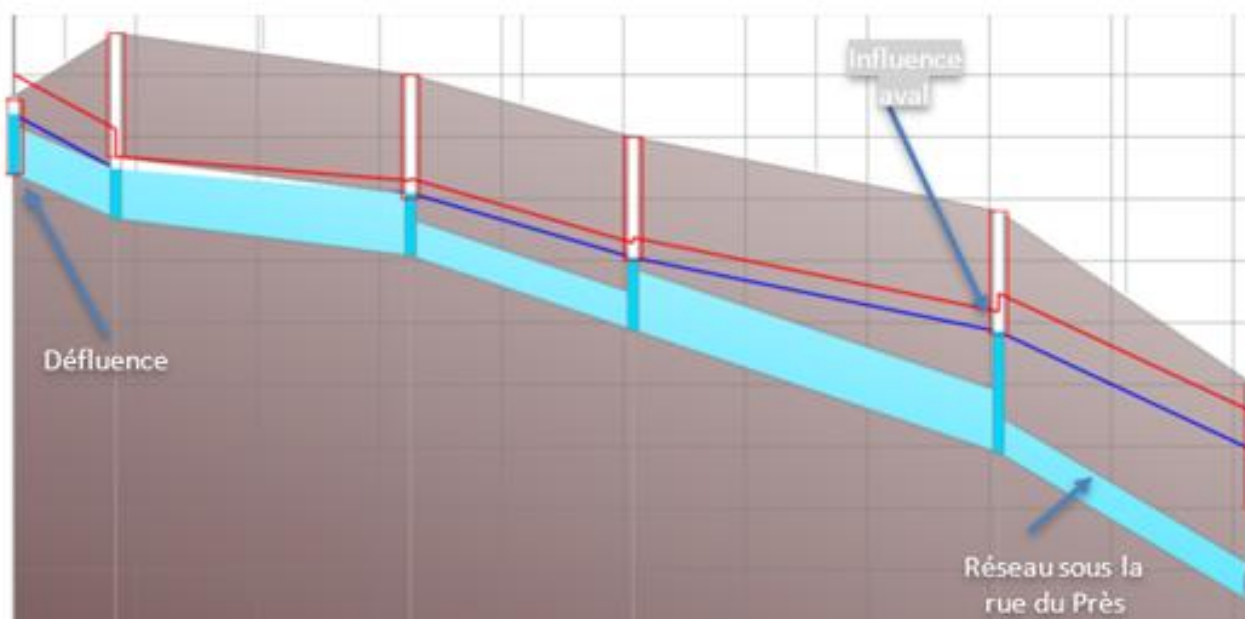


Illustration 31 : Ligne d'eau occurrence décennale de la branche de réseau de la rue du pré

Les couples hauteurs vitesses issues des débordements de cette branche dans la rue du pré sont les suivants.

		10 ans	30 ans	100 ans
Rue du pré	Hauteur (m)	0.05	0.06	0.07
	Vitesse (m/s)	1.3	1.5	1.6

Tableau 17 : Couple hauteur/vitesse des écoulements simulés sur la rue du pré.

Selon la norme NF EN 752-2, les écoulements induits par le débordement du réseau pluvial n'est pas de nature à remettre en cause la sécurité des biens et des personnes pour toutes les occurrences présentées.

Les débordements survenant dans la rue du pré sont ensuite repris par le réseau pluvial présent sous la rue d'Arles.

Enfin, les branches de réseau drainant la rue des tuileries et la rue Pasteur sont globalement insuffisantes dès l'occurrence biennale. Ces défaillances sont susceptibles d'engendrer des hauteurs d'eau comprise entre 20 et 50 cm pour l'occurrence centennale. Ces trois branches de réseau trouvent leur exutoire dans la branche 2.

B.III.3.2.Secteur aval

La carte ci-dessous précise les occurrences de défaillances des réseaux pluviaux sur le secteur aval du centre-ville.

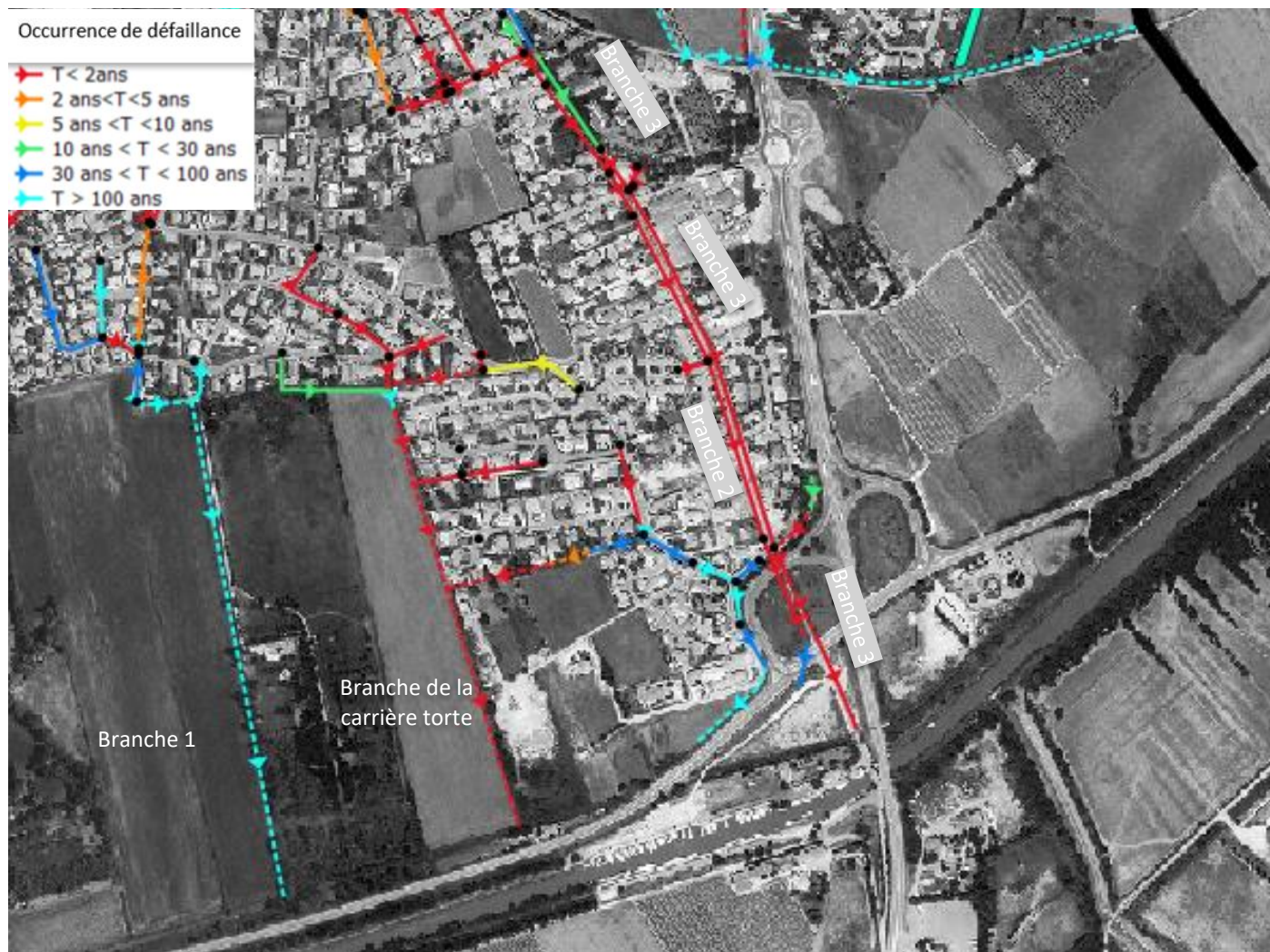


Illustration 32 : Cartographie des défaillances des réseaux pluviaux du secteur aval

Le diagnostic du réseau sera réalisé par branche de réseau pour plus de clarté.

La carte ci-dessous précise les noms de rue du secteur :



Illustration 33 : Localisation des rues mentionnées

Branche 1

La branche 1 chemine sous la rue du Rieu. Elle correspond à la canalisation du Rieu sur son tracé historique avant que celui-ci ne fasse l'objet de travaux de recalibrage pour protéger l'agglomération de Bellegarde.

Cette branche de réseau est défaillante pour des occurrences comprises entre l'occurrence quinquennale et biennale jusqu'au niveau de l'exutoire où l'occurrence de défaillance est supérieure à l'occurrence centennale.

La période de retour des défaillances, est due en partie à la réduction de diamètre entre l'amont et l'aval (cadre 0.7*1.2 m en amont et Ø 600 mm en aval). En outre, au niveau du point A, un creux topographique est présent, il canalise les écoulements vers le lotissement de carrière torte comme sur l'illustration ci-dessous :

■ Branche de réseau de la carrière torte

Le réseau drainant le lotissement de la carrière torte est globalement défaillant dès l'occurrence biennale. Ce niveau de service n'est pas en adéquation avec ce qui devrait être attendu selon la norme NF EN 752-2.

Le réseau est sensible à l'influence aval exercé par le fossé récepteur. Ainsi, même si ce dernier possède la capacité de transit suffisant, c'est l'influence aval exercé par le fossé qui accentue les défaillances du réseau pluvial par refoulement étant donné que le réseau n'est pas équipé de clapet anti-retour.

L'influence aval du fossé exutoire du réseau pluvial de la carrière torte est présentée ci-dessous pour l'occurrence centennale pour la branche de réseau drainant le lotissement de la prairie :

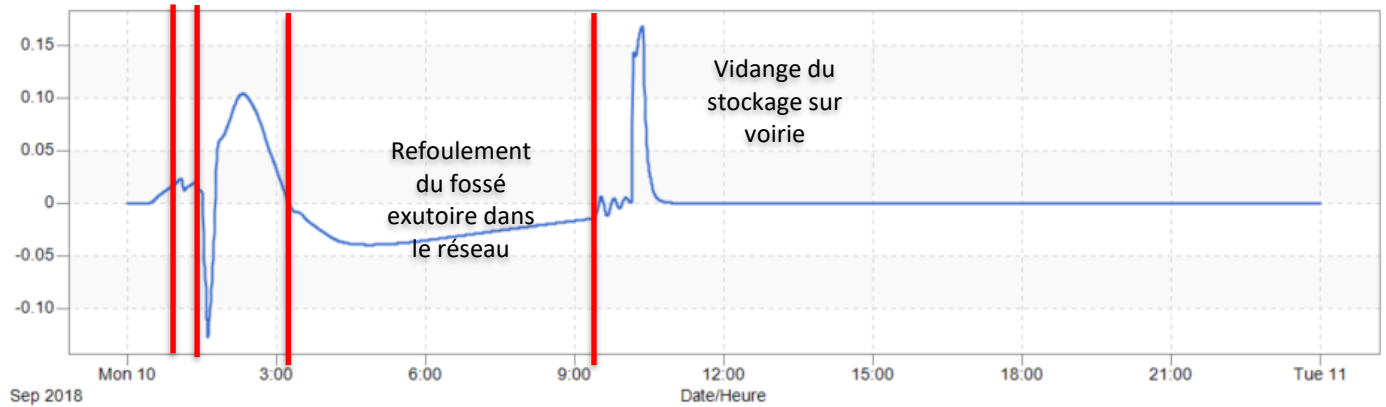


Illustration 36 : Refoulement du fossé exutoire dans la branche de réseau

Le graphe ci-dessus, montre que pendant près de 6 h pour la pluie de projet de 100 ans, le fossé exutoire refoule dans le réseau pluvial.

Pour les autres branches de réseau, ce fonctionnement est moins tranché, néanmoins, l'influence aval exercé par le fossé exutoire est en grande partie responsable des désordres constatés.

En outre, du fait de la très faible pente du secteur, les eaux qui ne peuvent être évacuée se stocke dans les lotissements en attendant que le niveau d'eau dans le fossé soit suffisamment faible pour permettre au réseau pluvial de vidanger l'eau stockée sur la voirie.



Illustration 37 : Localisation du fossé qui contraint les écoulements du secteur

▀ Branche 2 : réseau pluvial en rive droite de la rue d'Arles

La branche 2 est complètement défaillante dès l'occurrence biennale. Elle est constituée sur la rue d'Arles par des canalisations en béton dont le diamètre varie entre 400 mm et 600 mm à l'exutoire. Elle draine un bassin versant de l'ordre de 22 hectares au droit de la cave coopérative et 28 hectares au droit de l'exutoire.

Les écoulements sur voirie sont conséquents et remettent en cause la sécurité des biens et des personnes. Les couples seront présentés dans l'analyse de la branche 3 étant donné que les écoulements sur cette rue sont liés aux débordements de ces deux branches de réseau.

▀ Branche 3 : réseau pluvial en rive gauche de la rue d'Arles

Cette branche de réseau présente un fonctionnement satisfaisant jusqu'à la cave coopérative. Au-delà, une réduction de la section des canalisations est présente. Les dimensions des canalisations évoluent à la baisse au fur et à mesure que l'on s'approche de l'exutoire (cadre 1500 * 1000 mm en amont de la cave coopérative et DN 700 mm en aval), associé à cette réduction de diamètre, les pentes des canalisations évoluent elles aussi à la baisse. La réduction de capacité hydraulique engendré par la diminution des pentes et des sections hydrauliques engendre des défaillances notables en aval de la cave coopérative.

Cette branche draine un bassin versant fortement imperméabilisé d'une superficie de 26.11 hectares au droit de la cave coopérative et de près de 30 hectares en aval de la rue d'Arles.

L'illustration ci-dessous précise l'évolution du profil en long de la branche 3.

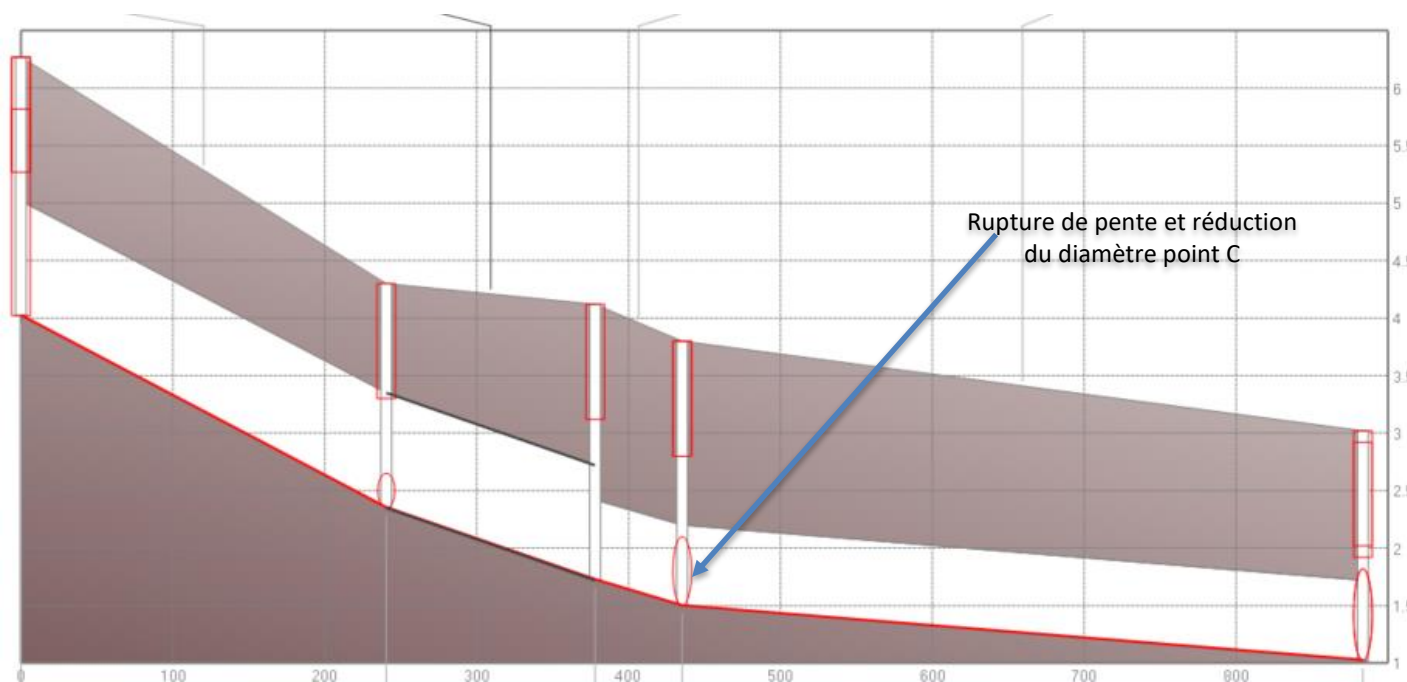


Illustration 38 : Profil en long du réseau pluvial de la branche 3

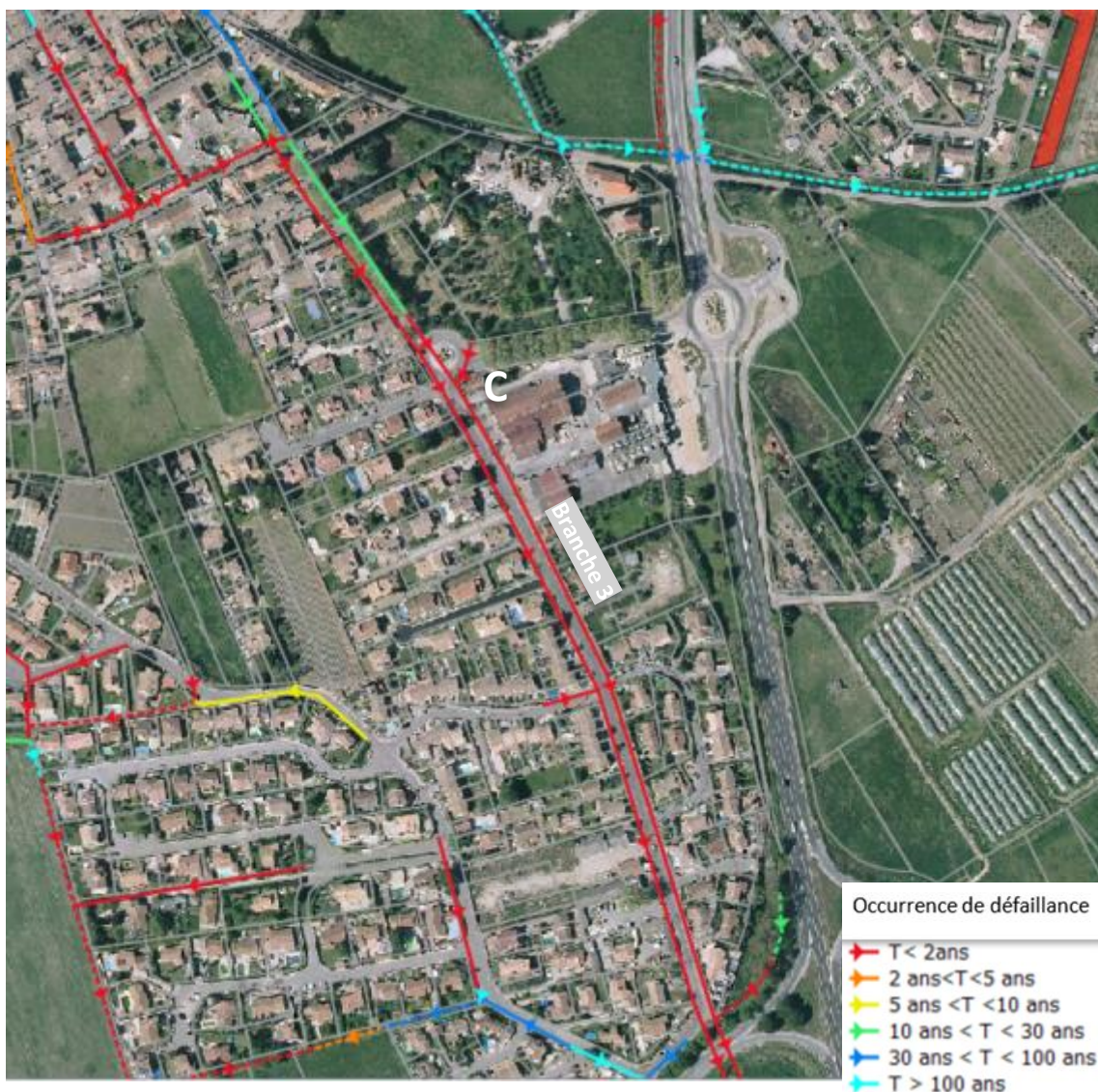


Illustration 39 : Cartographie des occurrences de défaillances de la branche 3

Le point C, est le point où la période de retour des défaillances devient trop faible et plus en accord avec le niveau de service attendu. Il est donc clair que la réduction d’une part de la pente et d’autre part de la section d’écoulement est la cause des défaillances de la branche de réseau 3 en aval de la cave coopérative.

Le tableau ci-dessous précise les couples hauteurs vitesses observés sur la rue d’Arles en amont et en aval de la cave coopérative.

Lieu	Période de retour	10 ans	30 ans	100 ans
Rue d’Arles en amont de la cave coopérative	Hauteur (m)	0	0	0.15
	Vitesse (m/s)	0	0	0.3
Rue d’Arles en aval de la cave coopérative	Hauteur (m)	0.4	0.6	0.9
	Vitesse (m/s)	1.8	1.8	1.7

Tableau 18 : Couples hauteurs/vitesses des écoulements simulés sur la Rue d’Arles

Ainsi, en amont de la cave coopérative jusqu'à l'occurrence trentennale incluse, aucun écoulement sur voirie n'est observé, pour l'occurrence centennale, bien que des écoulements surfaciques soient présents, ils ne présentent pas de sévérité particulière. En revanche, en aval de la rue de la cave coopérative, les écoulements surfaciques remettent en cause la sécurité des biens et des personnes dès l'occurrence décennale.

Branche 4

Cette branche de réseau ne présente pas de défaillance particulière jusqu'à des évènements pluvieux de période de retour comprise entre 30 ans et 100 ans et ce malgré le fait qu'elle soit alimentée par la prise d'eau du stade de tennis avec un débit de l'ordre de 0.6 m³/s.

Aucune défaillance notoire n'est observée sur cette branche.

B.III.4. Secteur Est

Le secteur Est, correspond au secteur de la rue de Beaucaire, de son croisement avec la Rue Fanfonne Guillaume jusqu'au à l'exutoire du réseau pluvial au Rieu proche du rond-point de l'Europe.

La carte ci-dessous précise les occurrences de défaillance des réseaux pluviaux du secteur Est.



Illustration 40 : Cartographie des occurrences de défaillances des réseaux pluviaux du secteur Est

Comme le montre la carte ci-dessus, le réseau pluvial structurant drainant le secteur est défaillant dès l'occurrence biennale malgré le fait que le réseau soit doublé.

Les eaux issues du débordement du réseau pluvial s'écoulent néanmoins vers l'exutoire du réseau pluvial enterré. Ce dernier est constitué de canalisation dont les diamètres varient de DN 600 mm à DN 400 mm pour le réseau situé au Nord de la route de Beaucaire et d'un cadre 0.8*0.6m à un DN 1000 mm pour celui situé au Sud.

L'exutoire de ce réseau est un fossé de grande dimension ayant pour exutoire le Rieu environ 280 m plus au Sud. Ce fossé présente un fonctionnement en adéquation avec le niveau de service attendu, seul les ouvrages lui permettant de franchir l'avenue de Provence et de connexion au Rieu, n'ont qu'une capacité limitée (biennale) qui engendre localement des débordements au droit des ouvrages. A ce jour à proximité immédiate des ouvrages de franchissement, des zones sans enjeux sont présentes, ce qui limite l'importance des défaillances.

La défaillance du réseau pluvial placé route de Beaucaire est due au sous dimensionnement des canalisations, ce réseau n’est pas soumis à une problématique d’influence aval forte.

Le bassin versant drainé à l’exutoire du réseau pluvial enterré dans le fossé s’élève à 26.15 hectares. En outre, la branche de réseau située au Nord de la route de Beaucaire est connectée à la prise d’eau des tennis. Elle est néanmoins, équipée d’une vanne qui autorise un débit de 100 l/s.

Les couples hauteurs/vitesse, engendrés par les écoulements sur voirie sur la route de Beaucaire sont les suivants :Le réseau p

Lieu	Période de retour	10 ans	30 ans	100 ans
Route de Beaucaire	Hauteur (m)	0.3	0.4	0.6
	Vitesse (m/s)	0.7	0.8	1

Tableau 19 : Couples hauteurs/vitesse des écoulements simulés sur la route de Beaucaire

Ces écoulements sont susceptibles de remettre en cause la sécurité des biens et des personnes.

B.III.5. Secteur Sud-Est

Ce secteur est dépourvu de réseau pluvial structurant, l’essentiel du réseau pluvial de ce secteur est un réseau de collecte qui fonctionne pour les faibles occurrences pluvieuses. Ce secteur est équipé de deux bassins de compensation à l’imperméabilisation se vidangeant par infiltration. Selon les hypothèses présent pour quantifier l’infiltration du secteur, ces bassins sont débordant dès l’occurrence biennale.

La carte ci-dessous précise les occurrences de défaillances du peu de réseau pluvial présent.



Illustration 41 : Cartographie des occurrences de défaillances du réseau pluvial du secteur Sud-Est

B.III.6. Secteur Sud-Ouest

Le secteur Sud-Ouest est caractérisé par une occupation des sols et une topographie hétérogène. En effet, L'est du Secteur est caractérisé par de l'habitat de centre ancien relativement dense tandis que l'Ouest est caractérisé par des zones agricoles. Entre les deux, le secteur est occupé par des zones résidentielles de type lotissement.

De plus, le Nord du secteur est caractérisé par des fortes pentes tandis que le Sud est caractérisé par une zone quasiment sans pente, probablement un ancien marécage aujourd'hui s'apparentant à une zone de faïsses.

Ce secteur est pourvu de quatre branches de réseau distinctes présentées en même temps que leurs occurrences de défaillances sur la carte ci-dessous :



Illustration 42 : Cartographie des occurrences de défaillances du réseau pluvial du secteur Sud-Ouest

▀ Branche 1 :

La branche 1, est constitué de canalisation d’un diamètre compris entre DN 400 mm et DN 800 mm en aval. Cette canalisation est globalement en capacité de transiter le débit de pointe décennal dans sa partie aval. Elle a pour exutoire un bassin de rétention mis en place pour compenser l’infiltration. Ce bassin collecte un bassin versant de l’ordre de 19 hectares. Au-delà de l’occurrence décennale, le réseau fonctionne en charge, sans débordement.

La fuite du bassin de compensation est connectée à un fossé présent en limite Nord de la Rue de Saint gilles et collectant un bassin versant de 20 hectares et trouvant son exutoire au droit des jardins familiaux dans la zone de Faïsses. Ce tronçon de réseau est débordant dès une sollicitation biennale notamment à cause de la très faible pente et est donc susceptible d’inonder la rue de Saint-Gilles avec des vitesses d’écoulement faible mais des hauteurs d’eau susceptibles de perturber la circulation y compris pour des occurrences de sollicitation relativement fréquente (avec 40 cm d’eau pour T = 10 ans par exemple.

▀ Branche 2

La branche 2 draine un bassin versant relativement restreint constitué essentiellement de la demie chaussée de la rue de Saint Gilles. Elle est identifiée comme défailante du fait du remplissage qu’elle subit par le débordement de la brache 1 décrit ci-dessus. Les débordements rejoignent ensuite le secteur de faïsses sans enjeux particuliers.

▀ Branche 3

La branche 3 draine l’extrême Ouest du vieux bourg de Bellegarde et est caractérisée par des bassins versant fortement pentus et fortement imperméabilisées comme le montre l’illustration ci-dessous.



Illustration 43 : Illustration de la typologie de bassin versant drainé

Cette branche de réseau est composée de 300 mm.et draine un bassin versant de 18 hectares au niveau de son exutoire au droit du rondpoint au droit des jardins familiaux.

Cette branche est défailante dès l’occurrence biennale en engendrant des écoulement surfacique important avec des vitesses d’écoulements élevées notamment dans la vieille ville.

Le tableau ci-dessous précise ces valeurs :

Lieu	Période de retour	10 ans	30 ans	100 ans
Rue de Saint Gilles	Hauteur (m)	0.1	0.1	0.2
	Vitesse (m/s)	2.5	2.5	2.2

Tableau 20 : Couples hauteurs/vitesses des écoulements simulés sur la rue de Saint Gilles

Les écoulements sont donc susceptibles de remettre en cause la sécurité des biens et des personnes mais les habitations sont calées au-delà de 15 cm de sorte que les risques pour d'intrusion d'eau dans les bâtis sont très limités.

Branche 4

La branche 4 est défaillante dès de très faible période de retour ($T < 2$ ans), cependant les zones de débordements se cantonnent à un espace de faïsses (anciens marécages assaini) et ces débordement n'engendrent pas de désordre notable. En outre, ce secteur est situé en zone inondable et très peu d'enjeux matériels sont présents puisqu'il s'agit essentiellement de terrains de loisirs.

La canalisation permettant la connexion de cette branche de réseau au Rieu est un ouvrage limitant exerçant une influence aval favorisant le débordement dans cette zone de Faïsses.

B.IV. CONCLUSION

Le diagnostic du réseau pluvial de Bellegarde montre que l'essentiel des branches de réseau pluvial structurante sont défaillante dès de faible évènement pluvieux (période de retour 2ans). Le contexte topographique de la commune est un facteur aggravant des défaillances de ces réseaux. En effet, la commune est dominée par des collines fortement pentues, sur ces secteurs, les écoulements sur voiries consécutifs aux débordements des réseaux pluviaux possèdent une forte vitesse qui peut remettre en cause la sécurité des biens et des personnes. Au contraire à l'extrême Sud de la commune, notamment dans le secteur de la carrière torte, les pentes sont très faibles, et le débordement des réseaux se traduit par un stockage d'eau important dans ces secteurs (proche de 1m pour l'occurrence centennale).

Néanmoins, ces désordres hydrauliques peuvent être corrigés par un redimensionnement adéquat des tronçons défaillant et des aménagements sur les exutoires les plus sensibles à l'influence aval exercée par leur milieu récepteur (clapet anti retour etc).