



Des solutions transparentes

Réalisé par

**G2C environnement**

Parc d'Activités Point Rencontre

2 avenue Madeleine Bonnaud

13 770 VENELLES

**COMMUNE DE VENELLES**  
**DÉPARTEMENT DES BOUCHES DU RHÔNE**

## **ACTUALISATION DU SCHEMA DIRECTEUR PLUVIAL**

---

ASSAINISSEMENT DES EAUX PLUVIALES DES ZONES URBANISÉES  
POUR UN RISQUE 10 À 30 ANS

décembre 2006

Établi par	Validé par

Conseil et assistance technique pour la gestion durable de l'environnement et du patrimoine

Siège : Parc d'Activités Point Rencontre – 2 avenue Madeleine Bonnaud- 13770 VENELLES – France

Tél. : + 33 (0)4 42 54 00 68 - Fax : +33 (0)4 42 54 06 78 e-mail : [siege@g2c.fr](mailto:siege@g2c.fr) - [www.g2c.fr](http://www.g2c.fr) - [www.cartajour.com](http://www.cartajour.com)

AIX EN PROVENCE □ ARGENTAN □ ARRAS □ BRIVE □ CHARLEVILLE □ MACON □ MONT DE MARSAN □ NANCY □ PARIS □ ROUEN □ TOULOUSE



# Table des matières

<b>1. OBJECTIFS.....</b>	<b>5</b>
<b>2. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. État des lieux.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2. Collecte et mise à jour des données.....</b>	<b>8</b>
2.2.1. Les données existantes.....	8
2.2.2. Reconnaissance de terrain.....	12
2.2.2.1. Mise à jour du plan de réseau.....	12
2.2.2.2. Caractérisation des bassins de rétention.....	15
2.2.2.3. Caractérisation des bassins versants.....	15
<b>2.3. La modélisation des écoulements.....</b>	<b>22</b>
2.3.1. La pluie de projet retenue.....	22
2.3.2. Transfert Pluie-débit.....	23
2.3.3. Caractéristiques des bassins versants et coefficients de ruissellement.....	25
2.3.4. Élaboration des hydrogrammes générés par chaque sous bassins versant.....	27
2.3.5. La modélisation hydraulique des écoulements.....	30
2.3.5.1. Le logiciel de modélisation XPSWMM.....	30
2.3.5.2. La construction du modèle.....	31
<b>2.4. Identification des points critiques par secteur.....</b>	<b>32</b>
<b>2.5. Les principes d'optimisation de l'aménagement.....</b>	<b>33</b>
<b>3. LE DIAGNOSTIC.....</b>	<b>34</b>
<b>3.1. Les Faurys.....</b>	<b>34</b>
3.1.1. Le bassin versant.....	34
3.1.2. La problématique.....	34
3.1.3. Le diagnostic quantitatif.....	35
<b>3.2. Le secteur Vallon du Claou – Gare.....</b>	<b>36</b>
3.2.1. Le bassin versant.....	36
3.2.2. La problématique.....	36
3.2.3. Le Diagnostic quantitatif.....	37
<b>3.3. Le secteur Centre-Ville.....</b>	<b>39</b>
3.3.1. Le bassin versant.....	39
3.3.2. La problématique.....	39
3.3.3. Le diagnostic quantitatif.....	40
<b>3.4. Le secteur Touloubre Nord.....</b>	<b>42</b>
3.4.1. Le bassin versant.....	42
3.4.2. La problématique.....	43
3.4.3. Diagnostic quantitatif.....	44
<b>3.5. Le secteur Touloubre Sud.....</b>	<b>46</b>



3.5.1. Le bassin versant.....	46
3.5.2. La problématique.....	46
3.5.3. Le diagnostic quantitatif.....	47
<b>3.6. Quantification des débits de pointe sur les axes d'écoulement principaux.....</b>	<b>48</b>
<b>4. PROPOSITIONS DE SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENT PAR SECTEUR.....</b>	<b>49</b>
<b>4.1. Approche globale.....</b>	<b>49</b>
<b>4.2. Les Faurys.....</b>	<b>50</b>
4.2.1. Le principe d'aménagement.....	50
4.2.2. Les zones de rétention supplémentaires.....	50
4.2.3. Les renforcements de réseau.....	51
<b>4.3. Le secteur Vallon du Claou – Gare.....</b>	<b>52</b>
4.3.1. Les principes d'aménagement.....	52
4.3.2. Les zones de rétention supplémentaires.....	52
4.3.3. Les renforcements de réseau.....	53
<b>4.4. Le secteur Centre-Ville.....</b>	<b>54</b>
4.4.1. Le principe d'aménagement.....	54
4.4.2. Les zones de rétention supplémentaires.....	54
4.4.3. Les renforcements de réseau.....	55
<b>4.5. Le secteur Petite Bastide.....</b>	<b>56</b>
4.5.1. Le principe d'aménagement.....	56
4.5.2. Les zones de rétention supplémentaires.....	56
4.5.3. Les renforcements de réseau.....	56
<b>4.6. Le secteur Sud.....</b>	<b>57</b>
4.6.1. Le principe d'aménagement.....	57
4.6.2. Les zones de rétention supplémentaires.....	57
4.6.3. Les renforcements de réseau.....	58
<b>4.7. Le secteur Touloubre urbaine.....</b>	<b>59</b>
4.7.1. Le principe d'aménagement.....	59
4.7.2. Les zones de rétention supplémentaires.....	59
4.7.3. Les renforcements de réseau.....	59
<b>4.8. Impact des aménagements.....</b>	<b>60</b>



## Index des illustrations

Illustration 1: Extrait de la carte IGN 3243O.....	6
Illustration 2: Synoptique de la commune de Venelles.....	6
Illustration 3: Délimitation et extrait du MNT.....	9
Illustration 4: Extrait de l'orthophotoplan de Venelles au 1/400.....	9
Illustration 5: Extrait du levé topographique du réseau d'eaux pluviales de Venelles.....	10
Illustration 6: Axes sur lesquels les levés topographiques ont été réalisés.....	11
Illustration 7: Extrait de la photogrammétrie réalisée en 1998.....	11
Illustration 8: Découpage en bassins versants.....	13
Illustration 9: Localisation des 51 gabarits levés sur la Touloubre.....	15
Illustration 10: Courbes de niveau et grands axes d'écoulements sur le logiciel 12d.....	17
Illustration 11: Délimitation de BV à partir des flèches d'écoulement sur le logiciel Cart@jour.....	17
Illustration 12: Coefficients de Montana pour la station d'Aix en Provence.....	22
Illustration 13: Pluviogrammes double-triangle.....	23
Illustration 14: Extrait du logiciel XP-SWMM.....	27
Illustration 15: Hydrogramme du bassin versant amont du vallon du Claou pour une période de retour de 30 ans.....	27
Illustration 16: Représentation des débordements du réseau en plan avec XP-SWMM.....	32
Illustration 17: Représentation des débordements du réseau de profil avec XP-SWMM.....	32
Illustration 18: Impact des aménagements sur les débits de pointe.....	60



# 1. OBJECTIFS

---

L'objet de l'étude confiée par la commune de Venelles à G2C environnement est l'actualisation du Schéma Directeur Pluvial réalisé en 1999. Notre offre, fondée sur le cahier des charges, prévoyait trois axes d'études :

- vérifier que les aménagements proposés par l'étude Daragon, pour les secteurs urbanisés, sont toujours valables compte tenu des modifications de l'imperméabilisation récente de la commune,
- mettre à jour la cartographie de l'aléa inondation pour la crue centennale, en particulier au niveau des zones peu approfondies lors de l'étude précédente, à savoir par exemple : les Faurys et le Vallon du Claou,
- définir la trame du réseau pluvial pour les zones à urbaniser,

l'ensemble de ces axes devant permettre l'élaboration d'un programme de travaux hiérarchisés et d'un zonage d'assainissement.

Dans le cadre du présent document, qui répond au premier point et propose un programme de travaux, nous ne nous contentons pas de valider les aménagements envisagés par le précédent Schéma Directeur, mais reprenons le problème à la base, au niveau des données utilisées et de la construction des modèles (pluie, débit, ruissellement).

Le phasage et le coût des aménagements proposés dans ce rapport feront l'objet d'un nouveau document. Le zonage assainissement ainsi que les orientations doivent être abordés ultérieurement avec la commune sur la base des zones d'urbanisations et de la trame viaire projetées.



## 2. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

### 2.1. État des lieux

- **Présentation de la zone d'étude**

Située au nord-est d'Aix-en-Provence, la commune de Venelles s'est développée le long de l'axe routier Alpes-Méditerranée.

Elle comptait 7537 habitants au dernier recensement de 1999 (source INSEE), répartis essentiellement à l'ouest de l'autoroute.

Les crues de 1993 et 1994 ont causé de nombreux dégâts matériels. L'urbanisation progressive de la commune et l'imperméabilisation des sols qui en découle augmentent encore les risques d'inondation. Ceci a conduit au questionnement du réseau pluvial séparatif en place.

La commune souhaite réactualiser et compléter son Schéma Directeur Pluvial réalisé il y a 7 ans, afin de l'annexer au PLU en cours d'élaboration.

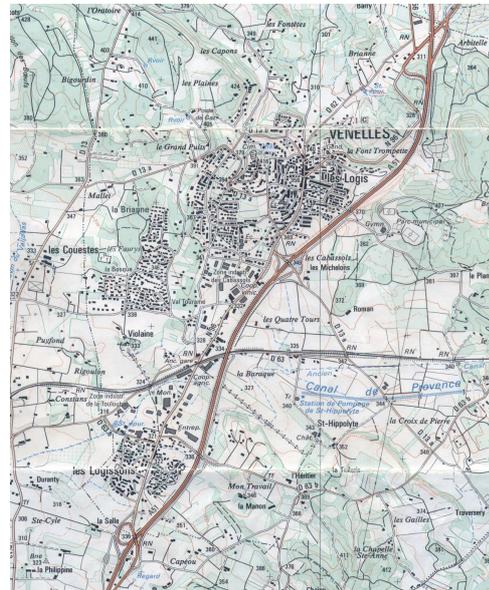


Illustration 1: Extrait de la carte IGN 32430

- **Occupation du sol et fonctionnement hydraulique global**

La commune est coupée en deux par un l'axe Sud-Ouest Nord-Est que constitue l'autoroute A51. L'Ouest de l'axe s'est progressivement urbanisé pour laisser l'usage agricole à l'Est de la commune.

L'axe principal d'écoulement des eaux n'est autre que la Touloubre, rivière prenant sa source sur le territoire de la commune et se jetant dans l'étang de Berre. Elle est l'exutoire naturel unique de quasiment tous les secteurs urbanisés de la commune, hormis la partie Nord qui s'écoule versant Durance via le torrent de Vauclaire. Les secteurs à urbaniser se situent principalement sur le bassin versant de la Durance. Leur étude, fondamentale pour le zonage d'assainissement, ne fait pas partie du présent rapport.

Les obstacles artificiels que représentent le remblai de l'autoroute et la ligne de chemin de fer (Est Ouest) représentent une contrainte hydraulique majeure aux écoulements pluviaux, puisque ceux-ci sont cantonnés à certains passages, créant ainsi une certaine régulation du ruissellement, dont la compréhension est l'un des objectifs du diagnostic.

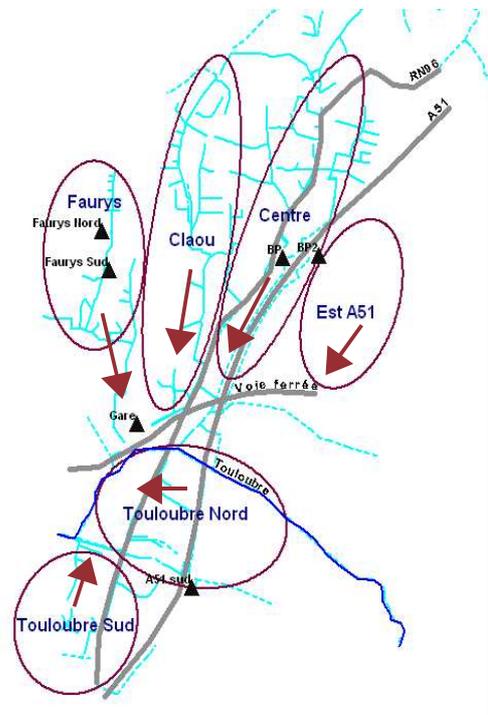


Illustration 2: Synoptique de la commune de Venelles



## ● Identification des points d'actualisation du Schéma Directeur existant

Notre point de vue lorsque nous avons abordé cette étude était que l'effort de mise à jour ne devait pas uniquement porter sur l'approfondissement de certaines zones peu étudiées par Daragon ou sur la prise en compte des changements d'occupation du sol depuis 1999 (Coteau-sud) ou ceux à venir (projet d'aménagement à côté de la station BP), mais également consister à fournir des éléments parfois manquants dans l'étude précédente et sans lesquels les travaux d'aménagements ne peuvent être réalisés en toute confiance :

- l'affichage en toute transparence des données utilisées et de leur utilisation :
  - données météo,
  - levés topographiques,
  - Modèle Numérique de Terrain,
  - l'orthophotoplan,
  - ...
- la présentation détaillée de notre approche :
  - la description des modèles mathématiques utilisés et de leur limites (pluies, hydrogrammes et écoulements),
  - l'identification des points critiques ,
  - les principes d'élaboration de nos aménagements.

## ● Lieux à problèmes

L'étude précédente, les témoignages existants (personnel communal, administrés) et la localisation de nos bureaux sur la commune de Venelles nous ont permis d'identifier les zones les plus problématiques au regard du risque pluvial :

- l'exutoire de la Touloubre et la Rue de la Touloubre,
- le rond point de la Gare et le passage à niveau SNCF,
- le lotissement des Faurys.

Si nous avons approfondi notre analyse, nous n'en avons pas néanmoins négligé les autres secteurs, par souci d'exhaustivité du diagnostic et pour les raisons évidentes d'interdépendance des différents secteurs du système pluvial de Venelles.



## 2.2. Collecte et mise à jour des données

### 2.2.1. Les données existantes

- **Schéma Directeur Eaux Pluviales par Daragon Conseil SA, en mai 1999**

Ce Schéma Directeur comprend un état des lieux du bassin versant de la commune, un diagnostic du réseau d'eaux pluviales et des scénarii d'aménagement pour améliorer les écoulements dans les différents secteurs.

- **Autres études :**

- Etude hydraulique réseau d'eaux pluviales centre ville par Daragon Conseil SA, janvier 1995

L'objectif de cette étude est de définir un schéma d'aménagement pluvial du bassin versant du centre ville de Venelles, zone fortement inondable.

- Etablissement d'une cartographie réglementaire des zones inondables de la Touloubre par SOGREAH, en juillet 1999

Cette étude s'inscrit comme complément au Schéma de Gestion et d'Aménagement de la Touloubre et de son bassin versant. Elle permet de cerner avec précision les risques liés aux inondations de la Touloubre en réalisant une cartographie des secteurs à risques et en caractérisant l'aléa à l'origine des ces risques.

- Etude hydraulique ZAC Coteau Sud par G2C environnement en février 2000

Cette étude définit les recommandations des maîtrise des eaux pluviales de la ZAC Coteau Sud, et plus particulièrement celle provenant de l'espace public.

- Dossier d'information simplifié des rejets d'eaux pluviales de l'A51, ESCOTA district de Peyruis, par G2C environnement en mars 2005

Ce dossier d'information réalisé par G2C environnement établit un inventaire exhaustif et caractérise les rejets d'eaux pluviales de l'autoroute A51.



### ● **Modèle Numérique de Terrain**

Le modèle numérique de terrain disponible pour l'étude recouvre la commune de Venelles avec une précision de 10X10m. Il permet de

- reconstituer l'altimétrie de la zone d'étude,
- délimiter les bassins versant sur la base des flèches de pentes directement générés à partir du MNT,
- reconstituer les volumes de rétention naturels et artificiels (bassin d'orage).



**Illustration 3: Délimitation et extrait du MNT**

### ● **Orthophotoplan**

Un orthophotoplan de grande précision est disponible pour l'étude. Il a été réalisé par la société GEO 2000. Il permet de caractériser l'occupation des sols et constitue un fond de plan plus clair que le cadastre pour la réalisation du diagnostic et les propositions d'aménagements

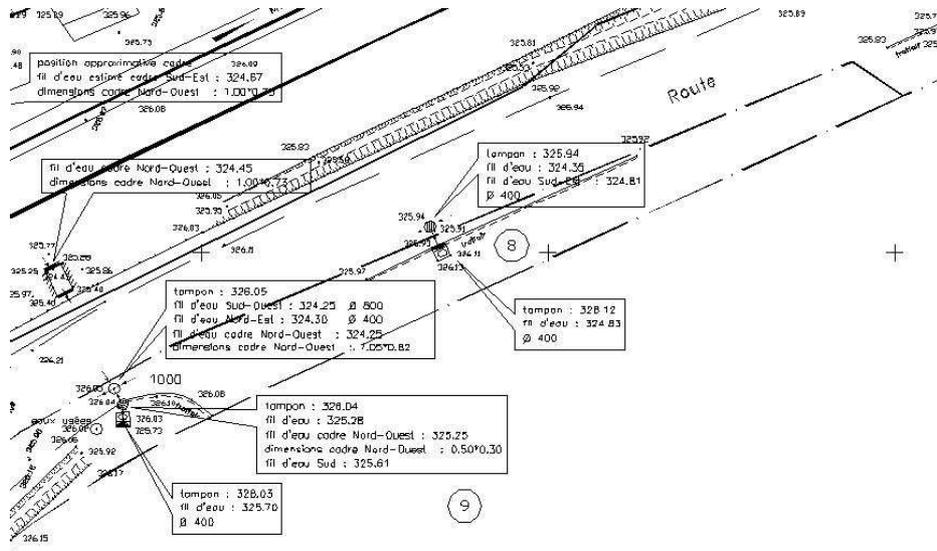


**Illustration 4: Extrait de l'orthophotoplan de Venelles au 1/400**



- **Levé topographique**

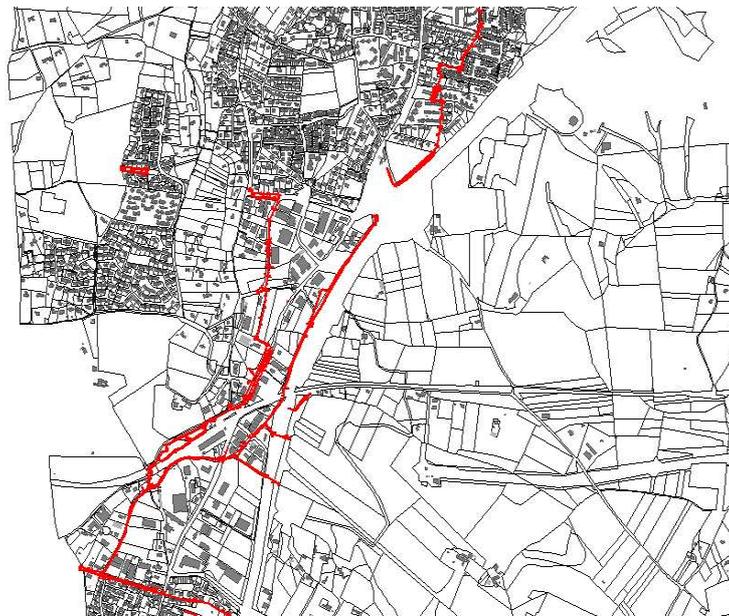
Des levés topographiques précis des côtes terrain naturel (TN) et fil d'eau (Fe) ont été réalisés par la société SC Ingénierie et le géomètre Jean Fritz sur les axes principaux du réseau d'eaux pluviales de Venelles.



**Illustration 5: Extrait du levé topographique du réseau d'eaux pluviales de Venelles**

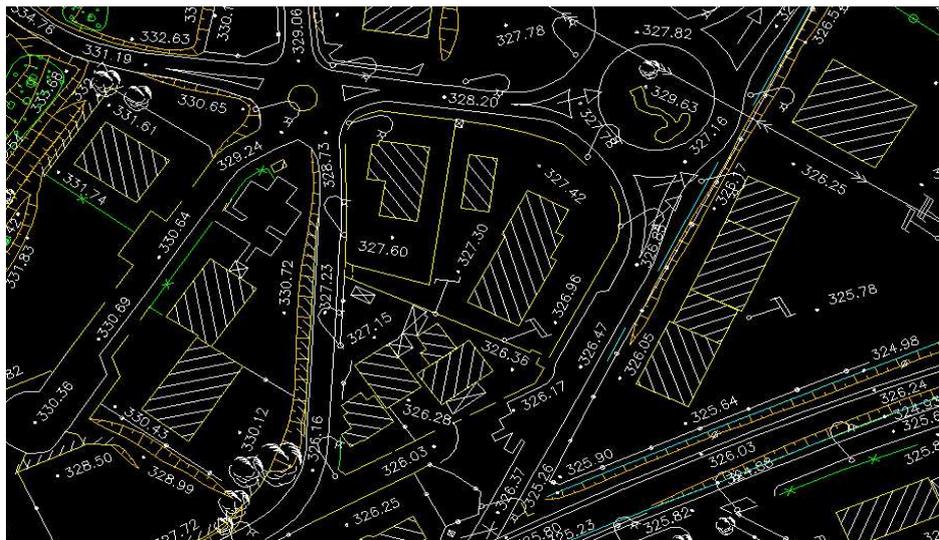
Il constitue la donnée de base pour la modélisation des axes d'écoulements dans le réseau pluvial de la commune.

**Illustration 6: Axes sur lesquels les levés topographiques ont été réalisés**





- **Photogrammétrie réalisée en 1998**



**Illustration 7: Extrait de la photogrammétrie réalisée en 1998**

- **Témoignages humains**

- Entretien avec M. Courtilat, agent des Services Techniques de la commune de Venelles, présent sur le terrain lors de la crue de 1993. Ce témoignage a permis de caractériser les hauteurs d'eau et autres manifestations de la crue dans les différents quartiers de la ville.
- Des témoignages d'habitants du bassin versant des Faurys et des visites sur le terrain ont permis de récolter des informations sur la situation de cette zone en période de crue.
- Des habitants des Logissons et du bassin versant rural en amont des Faurys ont mis à notre disposition des photos des crues.

## 2.2.2.Reconnaissance de terrain

### 2.2.2.1.Mise à jour du plan de réseau

Le réseau est caractérisé par :

- ses grands axes d'écoulement,
- ses biefs,
- la séquence des sections naturelles et des ouvrages sur les axes d'écoulement.

Les grands axes d'écoulement se dégagent d'eux-mêmes, alors que les biefs sont déterminés par des découpages successifs. A partir du profil en long des grands axes étudiés, un premier découpage est effectué à partir des biefs de pentes homogènes. Ensuite, un deuxième découpage est réalisé en fonction des ouvrages. Enfin, les biefs naturels sont découverts en fonction de l'homogénéité des profils en travers caractérisés lors des levés topographiques (la carte de découpage en bassins versants est présentée en page suivante).

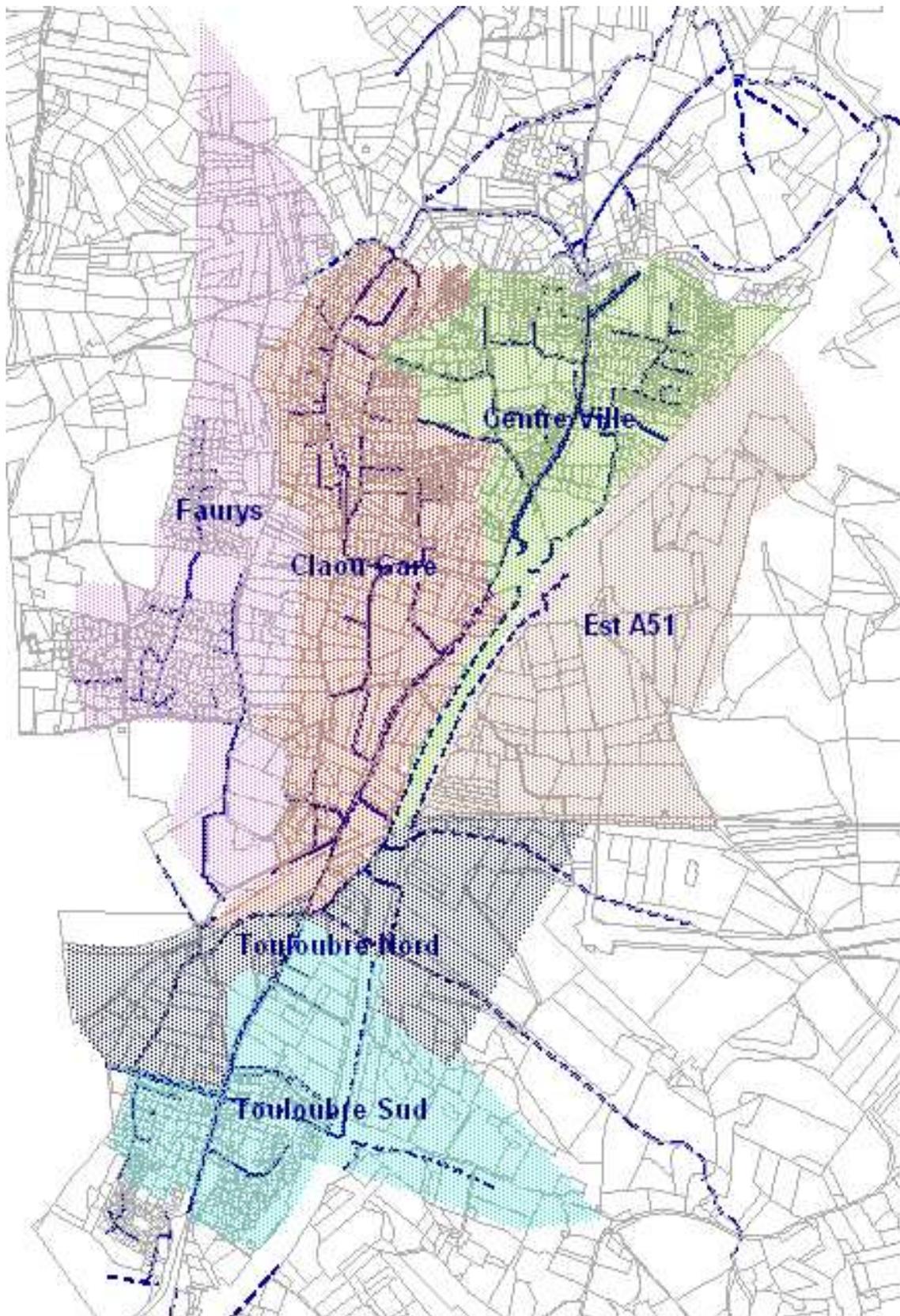


Illustration 8: Découpage en bassins versants



- **Reconnaissance des ouvrages avec levé complémentaire** : profondeurs, dimensions (diamètre, hauteurs)



*Ouvrage d'entrée bassin BP2*



*Ouvrage de sortie bassin Faurys Nord*

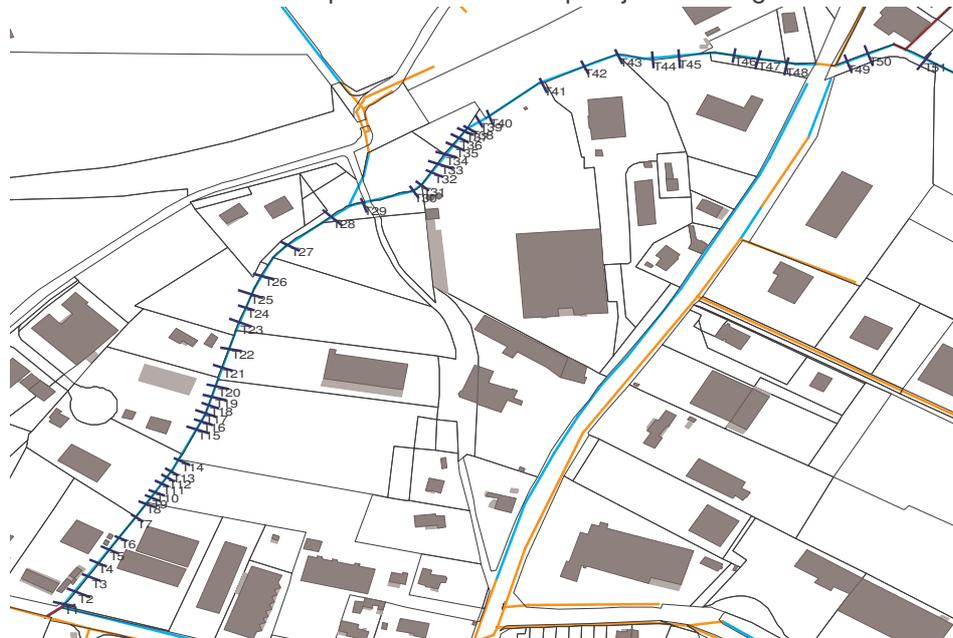


*Enrochements bassin de la Gare*



*Ouvrage de sortie bassin BP*

- **Caractérisation du lit de la Touloubre par 51 gabarits** : 51 gabarits ont été levés sur la partie urbaine de la Touloubre pour avoir une idée plus juste de la géométrie de chaque tronçon.



**Illustration 9: Localisation des 51 gabarits levés sur la Touloubre**

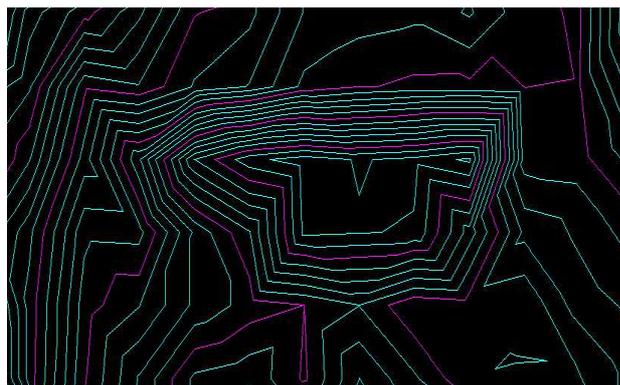


## 2.2.2.2. Caractérisation des bassins de rétention

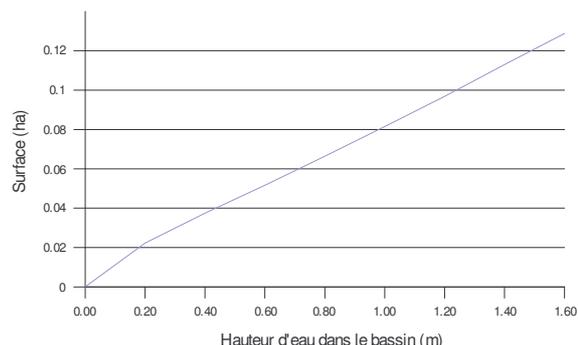
La régulation des écoulements étant essentiellement assurée par les bassins de rétention, il est primordial de connaître leur volume, leur cote de surverse et les caractéristiques des ouvrages de sortie. Ces données n'étant pas disponibles sur plans,

- nous avons effectué des levés topographiques complémentaires sur les bassins municipaux,
- le volume a été calculé pour les grands bassins à partir du Modèle Numérique de Terrain.

La modélisation hydraulique des écoulements nécessite en plus du volume total, l'établissement d'une relation Surface = f (Hauteur d'eau) pour chaque point de rétention. Cette opération est réalisée à partir du Modèle numérique de terrain, en mesurant directement la surface de plusieurs lignes de niveau.



Bassin des Faurys Nord



Relation surface / hauteur pour le bassin Faurys Nord

## 2.2.2.3. Caractérisation des bassins versants

Après un travail de localisation et de caractérisation des réseaux structurants établi à partir des reconnaissances de terrain, le découpage du bassin versant est effectué en repérant les exutoires des réseaux dans les branches principales.

Chaque bassin ainsi obtenu est alors éventuellement découpé en sous bassins :

- en fonction du réseau structurant, c'est à dire en définissant un bassin versant pour chaque branche importante arrivant au même exutoire dans une branche principale,
- en fonction de l'occupation des sols, c'est à dire en essayant d'avoir un coefficient de ruissellement le plus homogène possible sur chaque bassin versant.

On distingue alors des bassins de tête et des bassins de parcours :

- les bassins de tête à l'amont des branches principales et secondaires,
- les bassins de parcours qui viennent alimenter les branches principales.

Pour chaque sous bassin, sont déterminées les caractéristiques morphologiques suivantes :

- surface,
- longueur du plus long chemin hydraulique,
- pente,
- coefficient de ruissellement.



## CONSIDÉRATIONS TOPOGRAPHIQUE ET HYDROGRAPHIQUES

Les bassins versants sont caractérisés à partir du Modèle Numérique de Terrain, de l'orthophotoplan et des vérifications de terrain (la micro-topographie étant inaccessible par le MNT).

Nous délimitons les frontières de chaque sous bassin versant, à partir de la carte des directions d'écoulement établie par le logiciel 12d à partir du Modèle Numérique de Terrain, ainsi que les axes préférentiels d'écoulement.

•

### ● Exploitation du modèle numérique de terrain

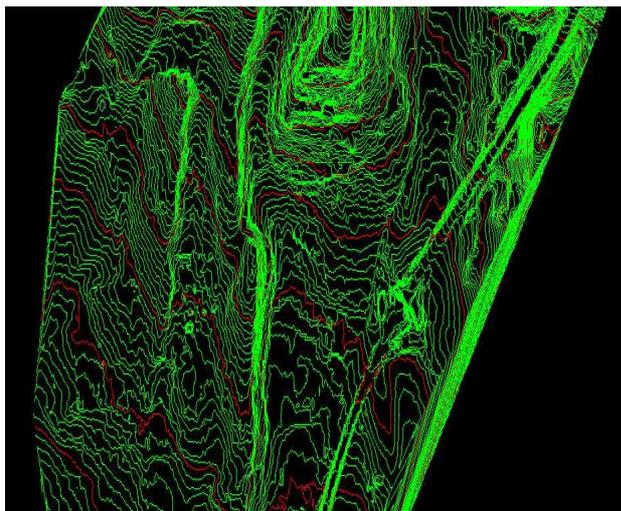


Illustration 10: Courbes de niveau et grands axes d'écoulements sur le logiciel 12d

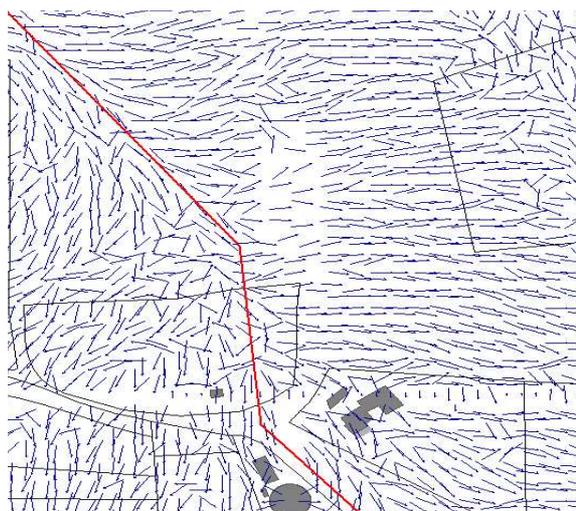


Illustration 11: Délimitation de BV à partir des flèches d'écoulement sur le logiciel Cart@jour

•Le modèle numérique du terrain nous permet également d'acquérir des données nécessaires pour modéliser la transformation de la pluie en débit :

- la pente du bassin versant,
- la longueur du plus long parcours de l'eau,
- la surface du bassin versant.

Les reconnaissances de terrain par temps sec mais surtout par temps de pluie nous permettent :

- de repérer les conditions micro-topographiques influençant la topologie des écoulements, et par conséquent les axes d'écoulements non situés en fond de vallon et les limites de bassins versant non situées sur une crête,
- d'identifier les exutoires de chaque sous bassins versant et les noeuds hydrauliques où les écoulements sont interceptés par le réseau.



● Reportage photo lors de visites sur le terrain lors d'événements secs et pluvieux :



**Bassin Faurys Nord**

**Claou**



**Faurys**



**Bassin de la Gare**



**Les Logissons**



**La Touloubre**



**Parcelle 84 le 15.09.06**

**RN 96 le 15.09.06**

**Voie ferrée vers l'est le 16.09**



**Fossé pied A51 côté Est le 16.09**

**Talus A51 côté Est le 16.09**



**Bassin BP2 le 16.09**



**Faurys le 16.09**

**Dans les Logissons en 93**



**Vallon amont Faurys**





## OCCUPATION DU SOL

Les coefficients d'imperméabilisation dépendent essentiellement de l'occupation du sol. Celle-ci a été déterminée sur toute la zone d'étude à partir :

- du cadastre,
- de photos aériennes,
- de reconnaissance du terrain.

Plusieurs types d'occupation du sol ont été définis. A chacun de ces types est associé un coefficient d'imperméabilisation traduisant sa réponse hydrologique à la pluie. Ce coefficient peut varier légèrement d'une entité hydrologique à une autre en fonction du contexte urbain. Les surfaces imperméabilisées ont été déterminées sur l'orthophotoplan à partir du SIG [Cart@jour](#). Le coefficient d'imperméabilisation est égal au pourcentage de surface imperméabilisée sur la surface totale.

Nous avons défini 6 types d'urbanisation sur la commune de Venelles dont l'imperméabilisation est rappelée dans le tableau ci-dessous:

Zones	<i>Peu urbanisée</i>	<i>Lotissement</i>	<i>Centre</i>	<i>Venelles le haut</i>	<i>Industrielle</i>	<i>Autoroute</i>
% imperméabilisé	0,20	0,44	0,53	0,63	0,72	1



*Zone centre C = 53 %*



*Venelles le haut C = 63 %*



*Lotissement C = 44 %*



*Zone peu urbanisée C = 20 %*



*Zone industrielle C = 72 %*



*Zone rurale*



Surface imperméabilisée

$$C = \frac{(\text{surface imperméabilisée})}{(\text{surface totale})}$$



## 2.3. La modélisation des écoulements

La modélisation hydrologique et hydraulique en régime transitoire est parfaitement adaptée aux bassins versants pour lesquels la modélisation correcte du fonctionnement hydraulique des ouvrages du réseau (collecteurs et ouvrages de rétention) est indispensable au diagnostic. La modélisation hydrologique et hydraulique en régime transitoire mise en oeuvre sur le bassin versant se décompose en 2 phases :

- la transformation pluie-débit : la méthode du réservoir linéaire a été utilisée afin de modéliser au mieux le temps de réponses des bassins versants,
- la propagation en réseau : elle est effectuée par le logiciel XP-SWMM et est basée sur une modélisation hydraulique qui résout le système complet des équations de Barré de St Venant permettant la description explicite des pertes de charge aux ouvrages et le calcul des hauteurs d'eau et des débits, en tout point du domaine modélisé.

Les résultats obtenus à l'aide du logiciel XP-SWMM permettent de comparer les débits engendrés par des pluies de période de retour 10, 30 et 100 ans aux débits capables du réseau.

### 2.3.1. La pluie de projet retenue

Les pluies de projet ont été déterminées à partir des données de Météo-France à la station d'Aix-en-Provence (13).

#### ● Pluies de projet de période de retour 10 ans, 30 ans et 100 ans

Pour la modélisation des écoulements de période de retour 10 ans, 30 ans et 100 ans le modèle de pluie choisi est la pluie de projet double triangle, qui se rapproche le plus de la réalité dans la région. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- une durée totale de 240 min,
- un corps intense centré de 60 min,
- les coefficients de Montana de la station Météo -France d'Aix-en-Provence, présentés dans le tableau suivant :

Durée de retour	a	b
5 ans	17.477	0.794
10 ans	22.624	0.81
20 ans	27.665	0.822
30 ans	30.663	0.828
50 ans	34.386	0.834
100 ans	39.526	0.84

Illustration 12: Coefficients de Montana pour la station d'Aix en Provence

Les coefficients de Montana (a,b) sont calculés par un ajustement statistique entre les durées et les quantités de pluie ayant une durée de retour donnée.

Cet ajustement est réalisé à partir des pas de temps (durées) disponibles entre 1 heure et 6 heures. Pour ces pas de temps, la taille de l'échantillon est au minimum de 21 années.

Les pluies retenues pour l'étude du réseau pluvial de la commune de Venelles sont les pluies de période de retour 10 ans, 30 ans et 100 ans. A partir de ces coefficients de Montana, les intensités de pluie pour ces différentes périodes de retour ont été calculées. Les hyétogrammes utilisés sont des pluviogrammes double triangle d'une durée totale de 4 heures et d'un corps intense d'une heure (voir ci-après).



## Hauteur de pluie

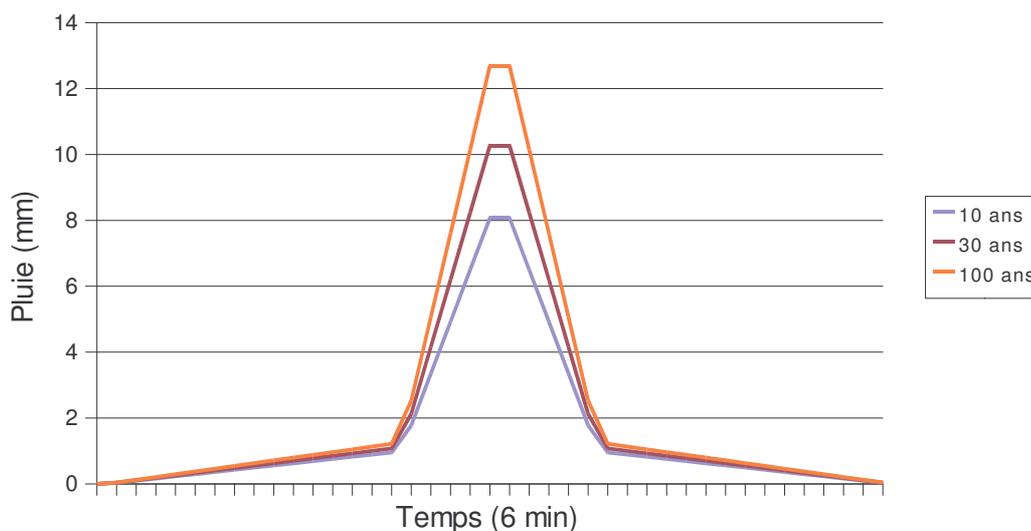


Illustration 13: Pluviogrammes double-triangle

### 2.3.2. Transfert Pluie-débit

Les pluies obtenues doivent ensuite être transformées en débits à injecter aux différents noeuds du réseau modélisé.

Il existe un décalage entre le moment où la pluie est la plus intense et le moment où le débit en sortie du bassin versant est le plus fort. Ce décalage est appelé lag-time. Il représente en quelque sorte le retard du ruissellement sur la pluie.

A partir des données météorologiques (intensité de la pluie) et des caractéristiques physiques des bassins versants (superficie, coefficient de ruissellement, lag-time) il est possible d'évaluer le débit en sortie de chaque bassin versant. Ce calcul est issu du modèle du réservoir linéaire qui repose sur une fonction de production et une fonction de transfert.

#### ● Fonction de production : modèle du réservoir linéaire

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

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

Avec :

- Q** le débit de pointe (m<sup>3</sup>/s),
- C** le coefficient de ruissellement,
- i** l'intensité de la pluie (mm/h),
- S** la superficie (ha).



● Fonction de transfert : le réservoir linéaire

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

- équation de continuité :

$$\frac{dV_s}{dt} = Q_e(t) - Q_s(t)$$

- équation de stockage :

$$V_s = K \times Q_s(t)$$

Avec :

- Q<sub>e</sub>(t)** et **Q<sub>s</sub>(t)** les débits entrant et sortant,
- V<sub>s</sub>(t)** le volume stocké dans le réservoir,
- K** le temps de réponse ou lag-time.

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

Cette formule est valable pour les bassins versants dont l'imperméabilité est supérieure à 20% :

$$K = \frac{\left(50 \times \left(\frac{A}{10000}\right)^{-0,18} \times (100 \times i)^{-0,36} \times (1 + C)^{-1,9} \times L^{0,15} \times Dt^{0,21} \times Ht^{-0,07}\right)}{60}$$

Avec :

- K** le temps de réponse ou lag-time en minutes,
- A** la surface du bassin versant en m<sup>2</sup>,
- i** la pente moyenne du bassin versant en %,
- C** l'imperméabilité du bassin versant (0,2 < CR < 1),
- L** la longueur du plus long chemin hydraulique en m,
- Dt** la durée totale de l'épisode pluvieux en seconde,
- Ht** la hauteur totale de précipitations en m.

Ainsi, par le biais de ces fonctions de production et de transfert, il est possible de déterminer les débits à l'exutoire de chaque bassin versant pour une pluie donnée et un pas de temps donné. Une attention toute particulière est portée au débit maximal atteint, notamment à l'exutoire des vallons.

Le pas de temps adopté pour l'ensemble des modélisations hydrologiques et hydrauliques réalisées pour cette étude est de 6 minutes.



### 2.3.3. Caractéristiques des bassins versants et coefficients de ruissellement

Lors de l'étude Sogreah pour l'élaboration d'une cartographie des zones inondables de la Touloubre, le modèle a été calé grâce aux événements extrêmes de 1993 et 1994. Le tableau suivant présente les résultats de cette modélisation pour une pluie de période de retour 100 ans et de durée 12 heures :

<b>Coefficient de ruissellement moyen au cours de l'épisode</b>	<b>Cumul de la pluie brute (mm)</b>
56 %	176

En considérant que le bassin versant de Venelles se divise en une zone imperméable et une zone perméable et que  $A_{IMP}$  est le pourcentage de surface imperméabilisée par rapport à la surface totale, la pluie nette totale sera égale à :

$$Pn_{tot} = Pn_{rurale} \times (1 - A_{IMP}) + Pn_{urbanisé} \times A_{IMP}$$

$$\text{Donc : } 0,56 \times Pb = Cr_{rural} \times Pb \times (1 - A_{IMP}) + Cr_{urbanisé} \times Pb \times A_{IMP}$$

$$\text{d'où : } 0,56 = Cr_{rural} \times (1 - A_{IMP}) + Cr_{urbanisé} \times A_{IMP}$$

$$\text{Avec } Cr_{urbanisé} = \frac{Pn_{urbanisé}}{Pb} = \frac{170}{176} = 0,97 \text{ et } A_{IMP} = 0,2$$

$$Cr_{rural} = \frac{(0,56 - 0,97 \times A_{IMP})}{(1 - A_{IMP})} = 0,46$$

$$\text{La méthode SCS donne : } Pn = \frac{(Pb - 0,2 \times S)^2}{(Pb + 0,8 \times S)} = Cr \times Pb$$

Avec :  $P_n$  et  $P_b$  les pluies nette et brute,  $S$  la rétention potentielle maximum et  $C_r$  le coefficient de ruissellement.

$S$  étant constant sur une zone donnée, le coefficient de ruissellement dépend d'après la méthode SCS de la pluie brute.

<b>Période de retour (an)</b>	100	100	30	10
<b>Durée (h)</b>	12	4	4	4
<b>Pluie brute (mm)</b>	176	95	79	64
<b><math>Cr_{rural}</math></b>	0,46	0,26	0,20	0,14

Les coefficients de ruissellement de chaque bassin versant ont ensuite été obtenus au prorata des surfaces situées dans les différentes zones. Pour les zones imperméabilisées, les taux de raccordement suivants ont été considérés pour les événements de période de retour 10 et 30 ans :

- un taux de raccordement de 90 % pour les zones peu urbanisée, lotissement, centre, Venelles le haut et industrielle,
- un taux de raccordement de 100 % pour l'autoroute.

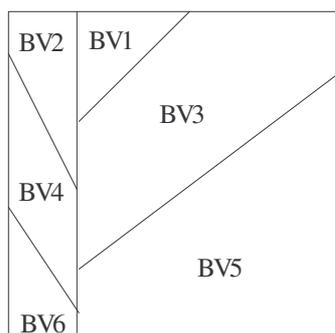


- Calcul des coefficients de ruissellement pour les différentes zones types en fonction du pourcentage imperméabilisé :

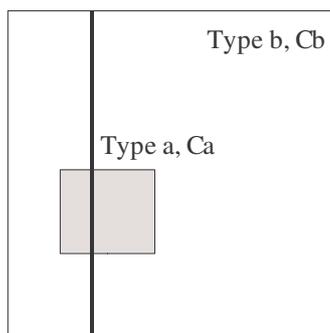
Zones	Peu urbanisée	Lotissement	Centre	Venelles le haut	Industrielle	Autoroute
% imperméabilisé	0,20	0,44	0,53	0,63	0,72	1
CR pour une pluie de période de retour 10 ans	0,29	0,46	0,53	0,60	0,67	0,97
CR pour une pluie de période de retour 30 ans	0,33	0,50	0,56	0,62	0,68	0,97
CR pour une pluie de période de retour 100 ans	0,40	0,57	0,64	0,71	0,77	0,97

- Calcul du CR de chaque sous BV au prorata des surfaces de chaque zone type représentée :

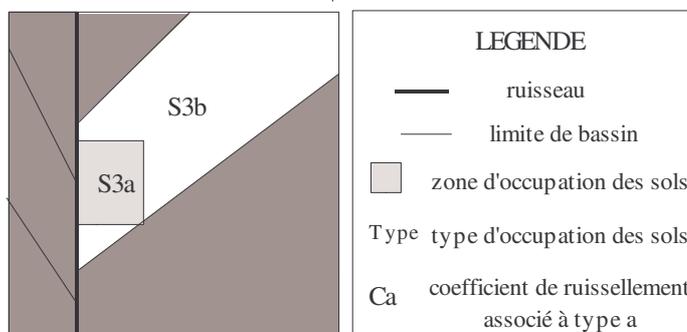
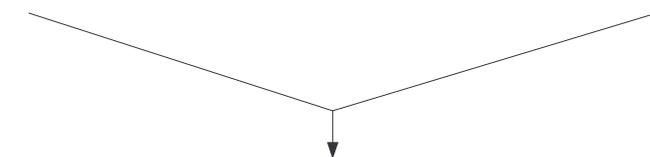
Le schéma de principe pour le calcul du coefficient de ruissellement de chaque bassin versant est exposé ci-après :



Carte de découpage des sous-bassins versants urbains



Carte d'occupation des sols



Carte résultant du croisement



Le calcul du coefficient de ruissellement moyen se fait de la façon suivante :

Dans le cas du sous-bassin BV3 du schéma ci-dessus, de superficie totale S3 et de coefficients de ruissellement C3a et C3b, on a :

$$C3 = \frac{(S3a \times C3a + S3b \times C3b)}{S3}$$

### 2.3.4.Élaboration des hydrogrammes générés par chaque sous bassins versant

Sur la base de l'ensemble des caractéristiques des bassins versants (**Voir page suivante le tableau de caractérisation des bassins versants**), un hydrogramme est généré par la méthode du réservoir linéaire sur chaque sous bassin versant et associé à un noeud d'injection identifié sur le modèle hydraulique de transfert (écoulements en réseau).

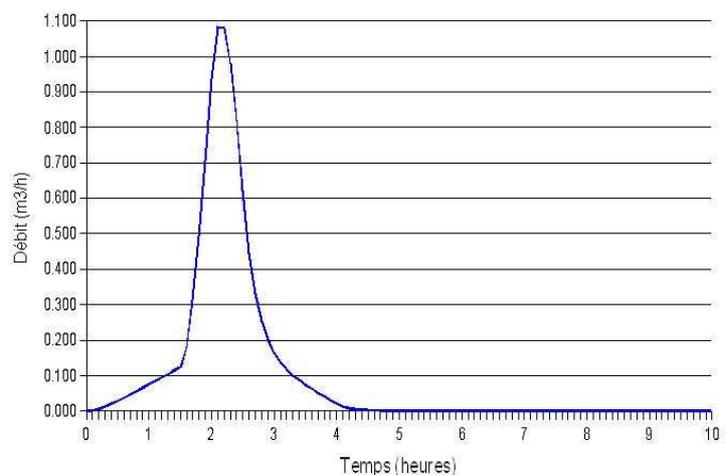


Illustration 14: Hydrogramme du bassin versant amont du vallon du Claou pour une période de retour de 30 ans



BV	Sous BV	Surface (m <sup>2</sup> )	Longueur (m)	Pente (m/m)	CR10	CR30	CR100	Lag-time (min)			Débit de pointe (m <sup>3</sup> /h)		
								K10	K30	K100	Qp10	Qp30	Qp100
FAURYS	1	125000	469	0.036	0.14	0.20	0.26	20	18	17	0.284	0.529	0.867
	6	141400	665	0.032	0.32	0.36	0.43	12	12	11	0.760	1.113	1.662
	31	305200	1110	0.062	0.14	0.20	0.26	16	16	14	0.525	0.994	1.654
	32	98800	395	0.030	0.42	0.46	0.53	9	9	9	0.728	1.022	1.480
	33	21200	116	0.061	0.46	0.50	0.57	11	11	11	0.195	0.270	0.384
	34	18600	96	0.021	0.46	0.50	0.57	13	12	12	0.164	0.228	0.325
	35	62700	271	0.037	0.46	0.50	0.57	11	11	10	0.536	0.747	1.068
36	67000	186	0.081	0.36	0.41	0.47	10	10	10	0.462	0.669	0.975	
CLAOU – GARE	2	53300	456	0.046	0.64	0.66	0.70	18	17	15	0.658	0.873	1.145
	3	14000	247	0.028	0.97	0.97	0.97	13	12	12	0.277	0.353	0.436
	4moitié1	29950	95	0.053	0.43	0.46	0.54	9	9	9	0.252	0.347	0.505
	4moitié2	29950	95	0.053	0.43	0.46	0.54	10	10	9	0.252	0.347	0.505
	7	90900	447	0.069	0.34	0.38	0.45	11	11	10	0.566	0.814	1.216
	8	29000	302	0.030	0.57	0.59	0.68	9	9	9	0.317	0.422	0.600
	12	22400	365	0.068	0.29	0.33	0.40	11	11	10	0.123	0.180	0.274
	13	46500	337	0.080	0.38	0.42	0.49	12	11	10	0.338	0.486	0.704
	14	26000	470	0.092	0.46	0.50	0.57	10	10	9	0.236	0.328	0.466
	15	72900	564	0.085	0.46	0.50	0.57	14	13	12	0.640	0.892	1.272
	16	33800	417	0.050	0.59	0.62	0.67	13	13	12	0.391	0.525	0.708
	22	75200	322	0.096	0.41	0.45	0.52	30	27	25	0.591	0.838	1.206
	23	98400	305	0.033	0.44	0.48	0.55	12	12	12	0.774	1.083	1.568
37	49000	481	0.004	0.55	0.58	0.66	11	11	10	0.438	0.582	0.843	
CENTRE VILLE	5	37800	844	0.021	0.51	0.53	0.61	11	11	10	0.342	0.459	0.665
	9	52700	577	0.024	0.67	0.68	0.77	15	14	13	0.659	0.852	1.212
	9bis	29500	370	0.022	0.67	0.68	0.77	21	19	18	0.377	0.487	0.692
	10	69100	1140	0.027	0.29	0.33	0.40	14	13	12	0.334	0.489	0.748
	11	92700	611	0.020	0.55	0.59	0.63	11	11	10	0.905	1.223	1.646
	17	39400	312	0.064	0.67	0.68	0.77	14	14	13	0.527	0.682	0.963
	18	144400	738	0.060	0.53	0.56	0.64	11	11	10	1.421	1.920	2.743
	19	8700	69	0.029	0.53	0.56	0.64	8	8	8	0.093	0.125	0.178
	20	57700	237	0.008	0.53	0.56	0.64	10	10	9	0.529	0.715	1.026
	21	18600	221	0.072	0.53	0.56	0.64	19	19	17	0.198	0.267	0.381
	24	43700	311	0.093	0.46	0.50	0.57	14	13	12	0.395	0.550	0.782
	26	100200	275	0.062	0.48	0.52	0.60	20	19	18	0.922	1.262	1.818
	28	898100	1060	0.048	0.14	0.20	0.26	15	14	14	1.817	3.411	5.647
TOULOUBRE	Autoroute 28	16300	610	0.007	0.97	0.97	0.97	12	12	11	0.297	0.378	0.467
	29	671900	1380	0.031	0.14	0.20	0.26	9	9	9	1.286	2.423	4.027
	Autoroute 29	15000	493	0.006	0.97	0.97	0.97	15	14	13	0.274	0.349	0.431
	38	27800	252	0.008	0.67	0.68	0.77	11	11	11	0.337	0.435	0.621
	39	74200	467	0.006	0.52	0.55	0.63	12	12	11	0.635	0.850	1.234
	40	70800	422	0.021	0.57	0.59	0.68	14	14	13	0.733	0.968	1.394
	41	98800	256	0.016	0.56	0.58	0.66	10	10	9	0.980	1.295	1.861
	42	99700	344	0.026	0.46	0.49	0.57	18	17	16	0.811	1.104	1.611
	45	46400	185	0.049	0.46	0.50	0.57	26	24	22	0.411	0.572	0.815



## 2.3.5. La modélisation hydraulique des écoulements

### 2.3.5.1. Le logiciel de modélisation XPSWMM

L'ensemble des réseaux modélisés est représenté sous forme d'un agencement de noeuds et de biefs d'écoulements. Afin de bien visualiser le modèle, ce dernier est calé sur le fond de plan cadastral.

Le modèle est basé sur la résolution des équations complètes de Barré de St Venant.

Ces équations régissent la propagation des ondes dynamiques dans les écoulements à surface libre.

Le système d'équations est le suivant :

- **Continuité :**

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

- **Énergie :**

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

Avec :

**S** la section mouillée

**t** le temps

**Q** le débit

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

**x** l'abscisse

**a** le coefficient de quantité de mouvement

**g** la gravité

**Z** la côte de la surface libre

**J** les pertes de charge linéaires

**J<sub>s</sub>** les pertes de charge singulières

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

**V** la vitesse moyenne

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

Le modèle calcule hauteurs d'eau et débits en tout point du domaine représenté.

Il nous permet donc de connaître et de visualiser sous forme de graphiques et de profils en long les écoulements des eaux de pluie dans les réseaux modélisés.

Une attention particulière est portée à la prise en compte des pertes de charges à l'entrée et à la sortie des différents ouvrages hydrauliques (pertes de charge singulières)

Ces pertes dues à la contraction et à l'expansion de l'écoulement sont supérieures aux pertes par frottement dans les ouvrages (pertes linéaires). Elles sont calculées par la formule suivante :

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



- Avec :  $\Delta H$  la perte de charge totale à la traversée de l'ouvrage,  
 $Q$  le débit,  
 $K$  le coefficient de frottement dans l'ouvrage (Coefficient de Strickler),  
 $S$  la section d'écoulement,  
 $R$  le rayon hydraulique,  
 $L$  la longueur de l'ouvrage,  
 $C_{\text{contraction}}$  le coefficient de pertes de charge par contraction à l'entrée de l'ouvrage,  
 $C_{\text{expansion}}$  le coefficient de pertes de charge par expansion à la sortie de l'ouvrage,  
 $g$  l'accélération de la pesanteur.

### 2.3.5.2. La construction du modèle

Les données à entrer dans le modèle sont :

- les diamètres, matériaux et longueur des conduites, les côtes terrain naturel et côtes fil d'eau des noeuds,
- les hydrogrammes de pluie aux différents noeuds d'injection du réseau.

Toutes les données concernant la géométrie du réseau ont été obtenues à partir des relevés topographiques effectués et de la reconnaissance de terrain. L'ensemble des cadres et collecteurs a été levé y compris la partie souterraine qui a pu être calée en altitude par des méthodes de topographie souterraine simples et adaptés (combinaison de levés de surface et souterrains, la galerie étant accessible depuis les regards).

Une attention toute particulière est portée sur les coefficients de rugosité choisis (coefficient de Strickler).

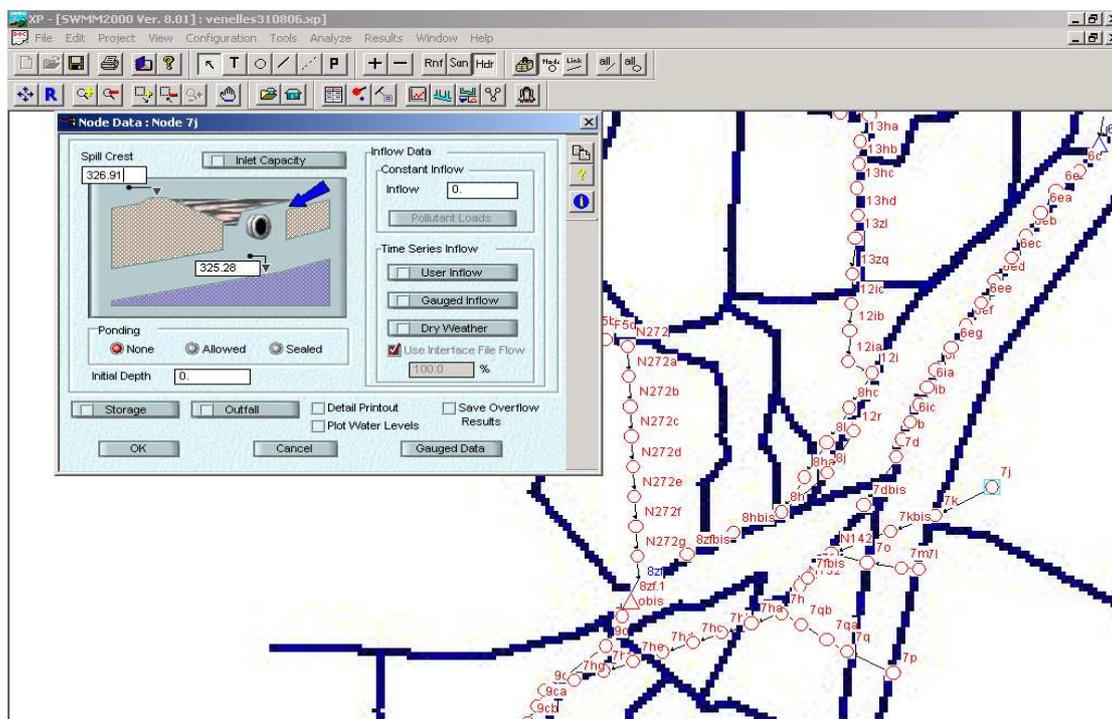


Illustration 15: Extrait du logiciel XP-SWMM



## 2.4. Identification des points critiques par secteur

Les faiblesses du réseau pluvial se manifestent par des débordements traduisant l'existence d'une perte de charge à l'aval. Ce phénomène, qui n'est pas forcément situé à l'aval immédiat, crée un remous qui peut remonter en amont sur des longueurs importantes. La modélisation sur XP-SWMM permet de localiser ces débordements.

Le logiciel XP-SWMM calcule également le débit capable de chaque tronçon, on peut donc faire apparaître les tronçons sous-dimensionnés pour l'évacuation du débit de pointe.

Ensuite il faut identifier les points critiques du réseau, c'est à dire les points faibles qui sont la cause des débordements :

- Par modifications itératives, on renforce le réseau, à minima en partant de l'aval vers l'amont, les tronçons de débitance insuffisantes jusqu'à obtenir un fonctionnement normal du réseau (sans débordement) pour une pluie donnée.
- Les tronçons renforcés constituent les points critiques.
- Cependant, les aménagements ne consisteront pas uniquement dans le renforcement de la capacité d'écoulement de ces points, ce qui tendrait de manière inéluctable à l'augmentation des débits avals par rapport à la situation actuelle, et donc n'est pas acceptable compte tenu des principes d'aménagements en vigueur : «ne pas aggraver la situation hydraulique des fonds aval».
- On favorisera toujours lorsque c'est possible des solutions combinant rétention et renforcement.

L'identification des points critiques suivie de la qualification de la gravité des différents débordements en prenant en compte le type d'activités de la zone inondée (habitations, commerces, zone industrielle, zone rurale...) constituent les résultats de la partie diagnostique de notre étude.

L'élaboration des scénarios d'aménagement fait l'objet de la partie Schéma Directeur.



Illustration 16: Représentation des débordements du réseau en plan avec XP-SWMM

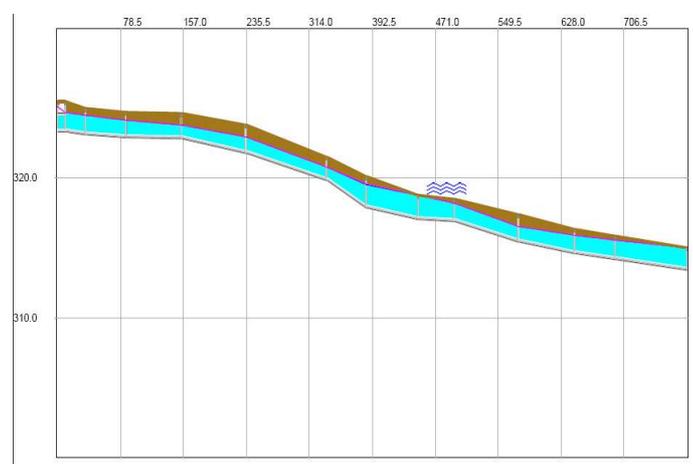


Illustration 17: Représentation des débordements du réseau de profil avec XP-SWMM



## 2.5. Les principes d'optimisation de l'aménagement

Notre méthode d'élaboration des scénarios de l'aménagement pluvial de Venelles repose, de manière transparente sur les principes suivants :

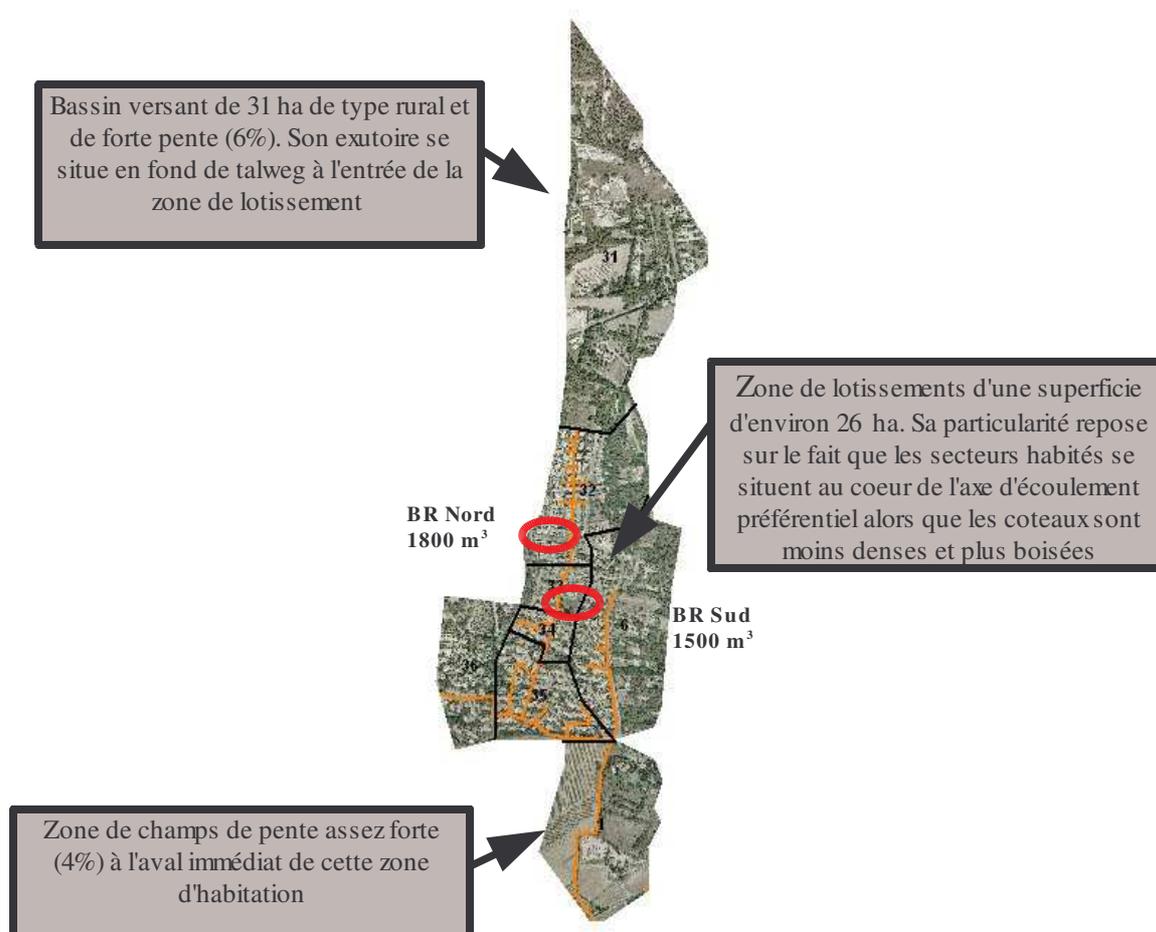
- 1) Déterminer avec la collectivité par zone le niveau de protection que doit apporter le réseau d'eaux pluviales ; par défaut il s'agit d'une défense contre une pluie d'occurrence trentennale.
- 2) Considérer d'abord le système hydraulique global en allant « du tout vers les parties » quitte à effectuer ensuite des allers-retours itératifs.
- 3) Les conditions aval d'un système déterminent les aménagements amont : en fonction du « débit de fuites » aval souhaité, on quantifie le volume de rétention à créer sur le système hydraulique amont.
- 4) Le débit de pointe en sortie du système aménagé ne doit pas être supérieur (sauf cas particuliers) au débit de pointe en sortie du système actuel, selon un principe implicite de gestion intégrée des eaux pluviales, le système étudié étant la partie d'un système plus global (le bassin versant de la Touloubre) qui veut que tout aménagement pluvial ne détériore pas les conditions hydrauliques à l'aval.
- 5) Une fois déterminé le volume total de stockage des eaux pluviales à créer sur le système global, il faut essayer de répartir les volumes sur chaque sous-système en fonction des points critiques et des contraintes d'aménagement propres à chaque sous-système.
- 6) Une fois les volumes de rétention imposés à chaque sous-systèmes, le positionnement précis des zones de stockage ainsi que les choix techniques d'aménagement vont reposer sur les critères suivants :
  - Paramètres fixant des contraintes hydrauliques : par exemple, une zone sur laquelle tous travaux de renforcement de capacité des collecteurs sont impossibles ou à proscrire,
  - Contraintes foncières : place disponible, propriété terrienne...
  - Contraintes topographiques : pente, position du réseau...
  - Contraintes économiques : optimisation des coûts d'investissement et de fonctionnement,
  - Contraintes paysagères imposées par le type de zone sur lequel se situent les aménagements,
  - Opportunité de travaux : on privilégie, lorsque cela fait sens, les zones sur lesquelles d'autres types d'aménagements sont projetés afin de réduire les coûts communs (terrassement, remise en état...) et les nuisances globales créées.
- 7) Lorsque toutes les zones de stockage sont positionnées précisément sur chaque sous-système, il reste à renforcer, à minima en partant de l'aval vers l'amont, avec l'appui du modèle hydraulique, les tronçons de débitance insuffisante jusqu'à éliminer tout point de débordement.



## 3. LE DIAGNOSTIC

### 3.1. Les Faurys

#### 3.1.1. Le bassin versant



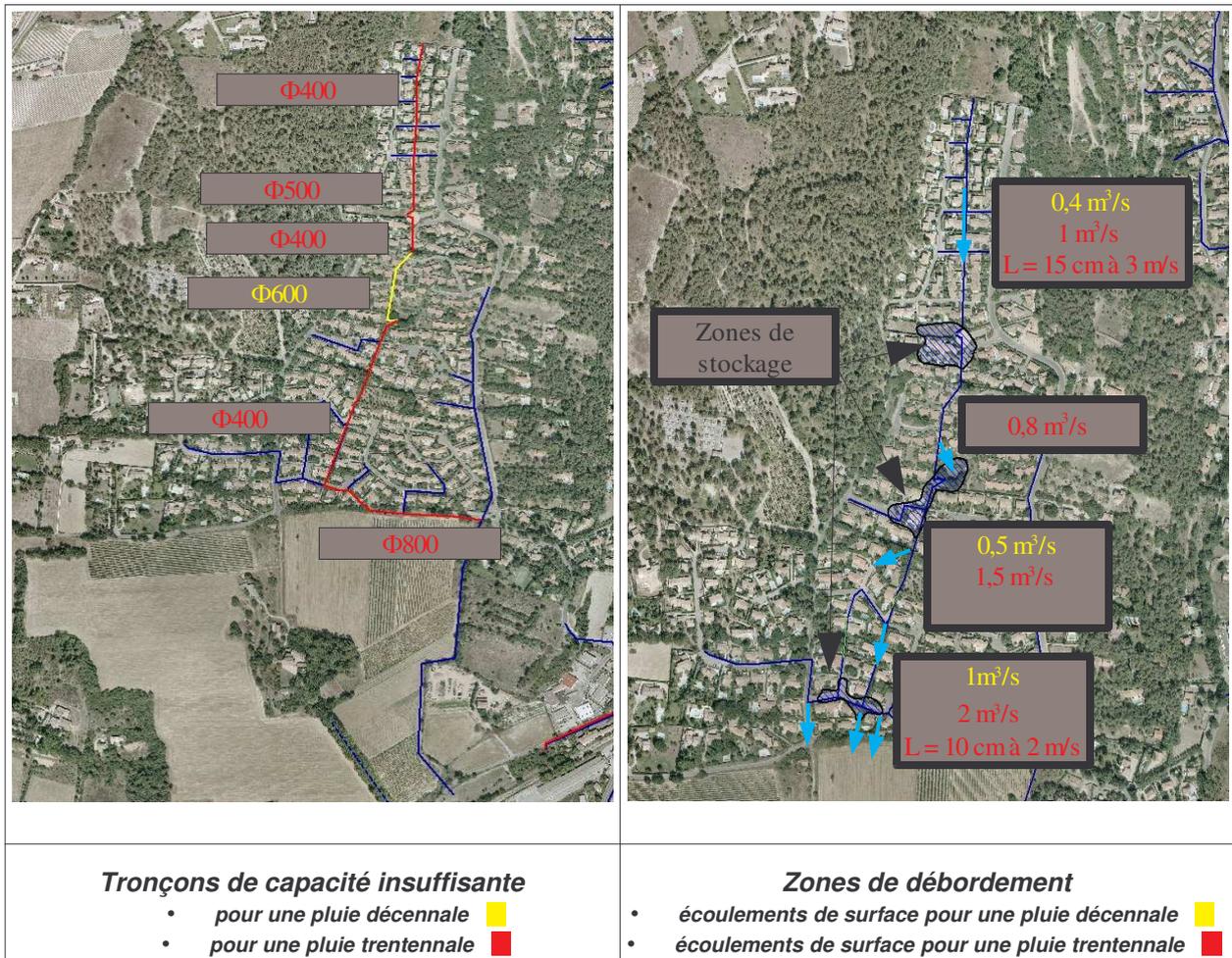
#### 3.1.2. La problématique

L'axe d'écoulement qui draine le lotissement des Faurys trouve son origine sur un bassin versant de type rural peu cultivé d'une trentaine d'hectares et aboutit dans le bassin de rétention de la gare après avoir traversé des champs pentus. Peu réactif pour les petites pluies, le bassin amont se sature d'eau et engendre un ruissellement boueux important pour les crues significatives (au dessus de 30 ans).

Un des problèmes majeurs de cet axe hydraulique vient de la localisation de nombreuses maisons en fond de talweg et du sous-dimensionnement flagrant du réseau pluvial compte tenu des débits provenant de l'amont et du niveau d'imperméabilisation de cette zone. Ce constat est confirmé par le diagnostic quantitatif présenté ci-après.



### 3.1.3. Le diagnostic quantitatif



Tous les tronçons de l'axe central sont de capacité insuffisante pour une pluie de période de retour 30 ans et presque tous le sont également pour une pluie décennale. Les conséquences de sous-dimensionnement sont des écoulements de surface le long du chemin piétonnier central (jusqu'à 15 cm à 3 m/s) dans la partie nord du secteur.

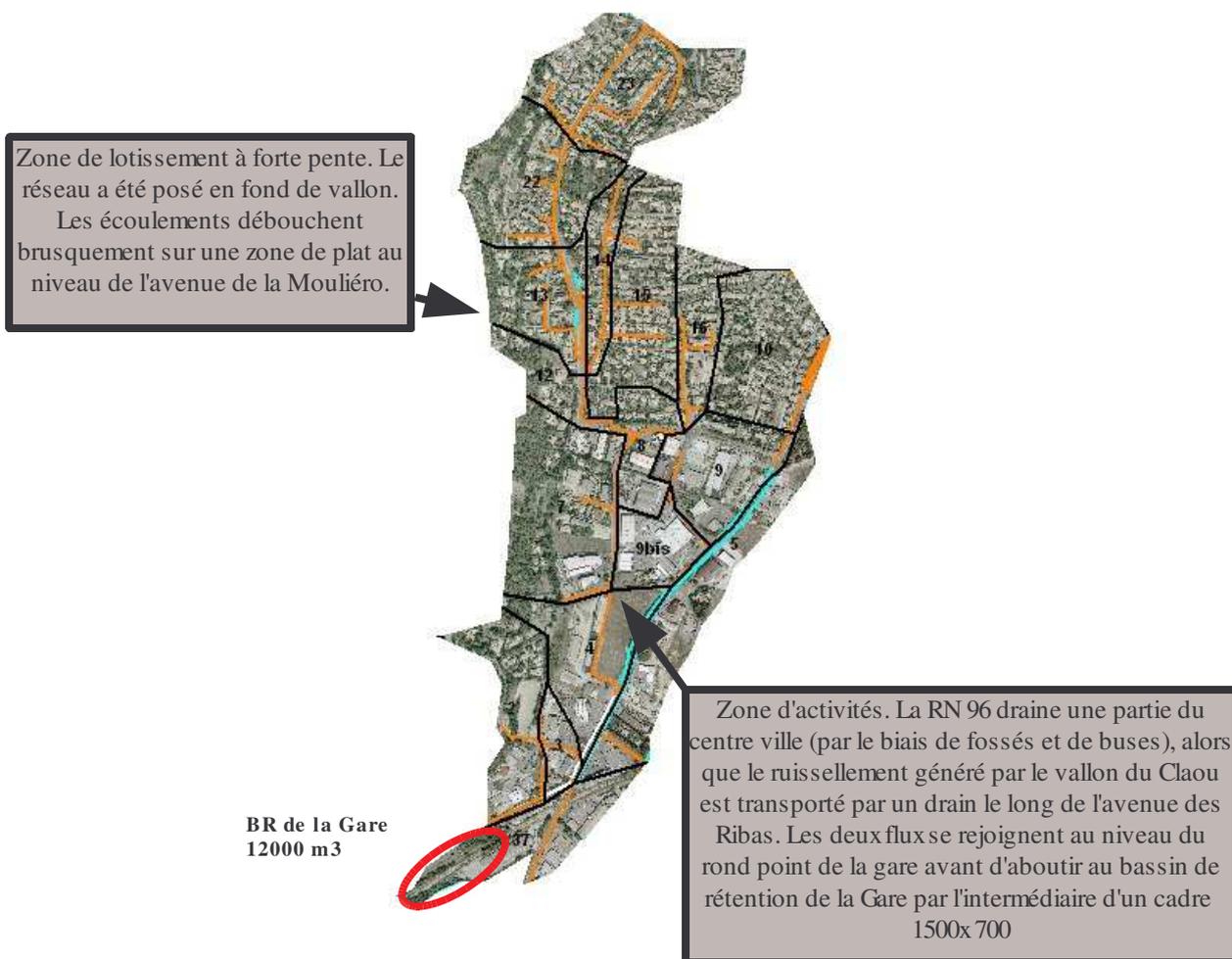
Les deux bassins de rétentions écrêtent la crue décennale sans débordements. En revanche pour la crue trentennale ils sont rapidement transparents et débordent peu de temps après l'arrivée de l'onde de crue rurale, ce qui engendre des inondations à proximité des bassins.

A l'aval du bassin sud, le ruissellement de surface augmente mais se divise en plusieurs axes et crée une zone de stockage à l'arrivée sur la zone de plat tout au sud du lotissement, le débit de l'onde étant supérieur à la capacité de la buse Φ800 qui débouche sur l'avenue de la Violaine.



## 3.2. Le secteur Vallon du Claou – Gare

### 3.2.1. Le bassin versant



### 3.2.2. La problématique

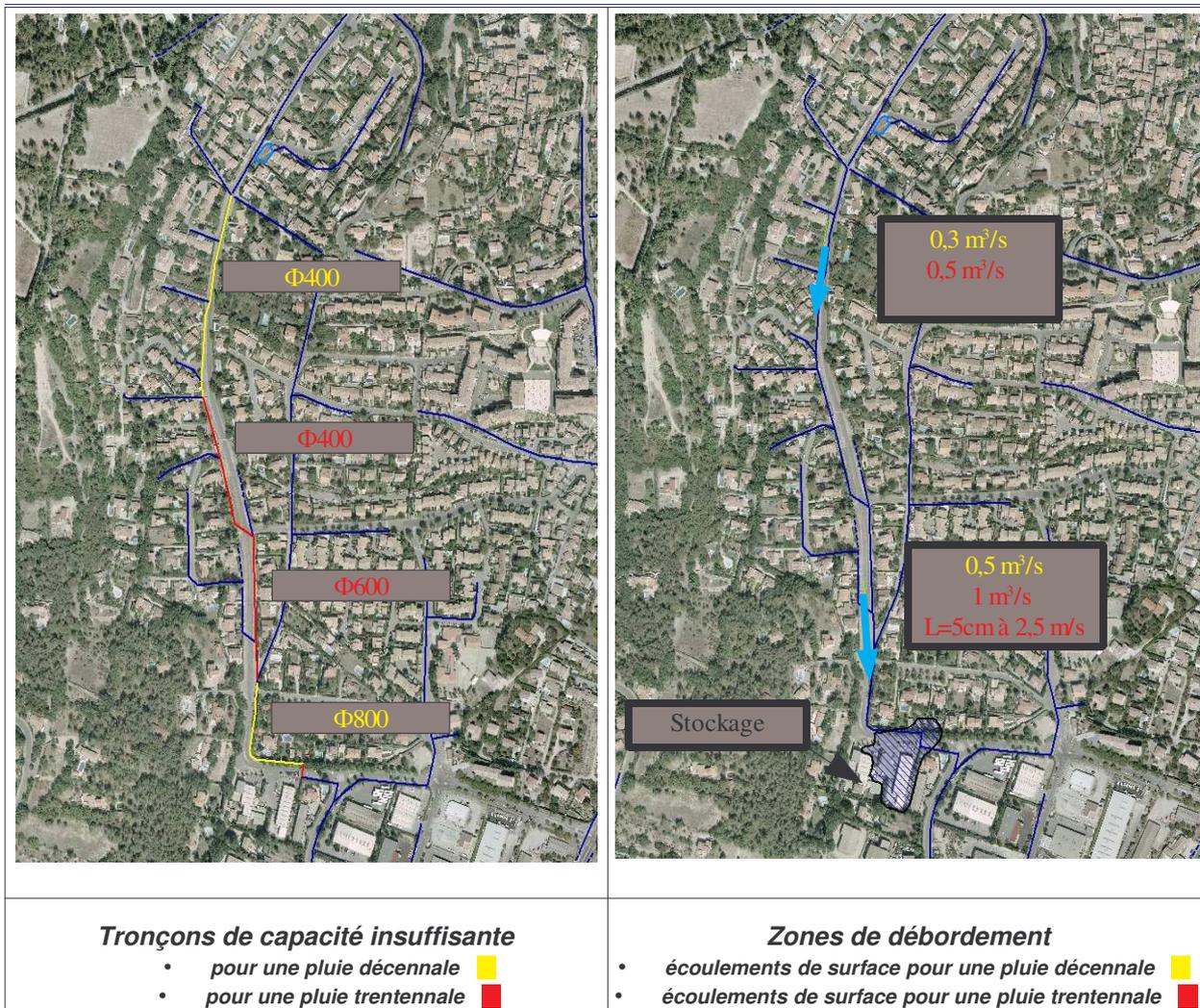
Les problèmes rencontrés sont multiples sur cette zone :

- Le ruissellement pluvial n'est pas essuyé par le réseau du Vallon du Claou, mais cela n'engendre pas d'inondation à cause de la forte pente de cet axe. En revanche, la zone de plat sur laquelle débouche cet axe est fréquemment le lieu d'inondations.
- On constate régulièrement des débordements à la convergence des deux flux au niveau de la zone du rond point de la Gare, qui peuvent remonter en direction du centre sur plusieurs centaines de mètres



### 3.2.3. Le Diagnostic quantitatif

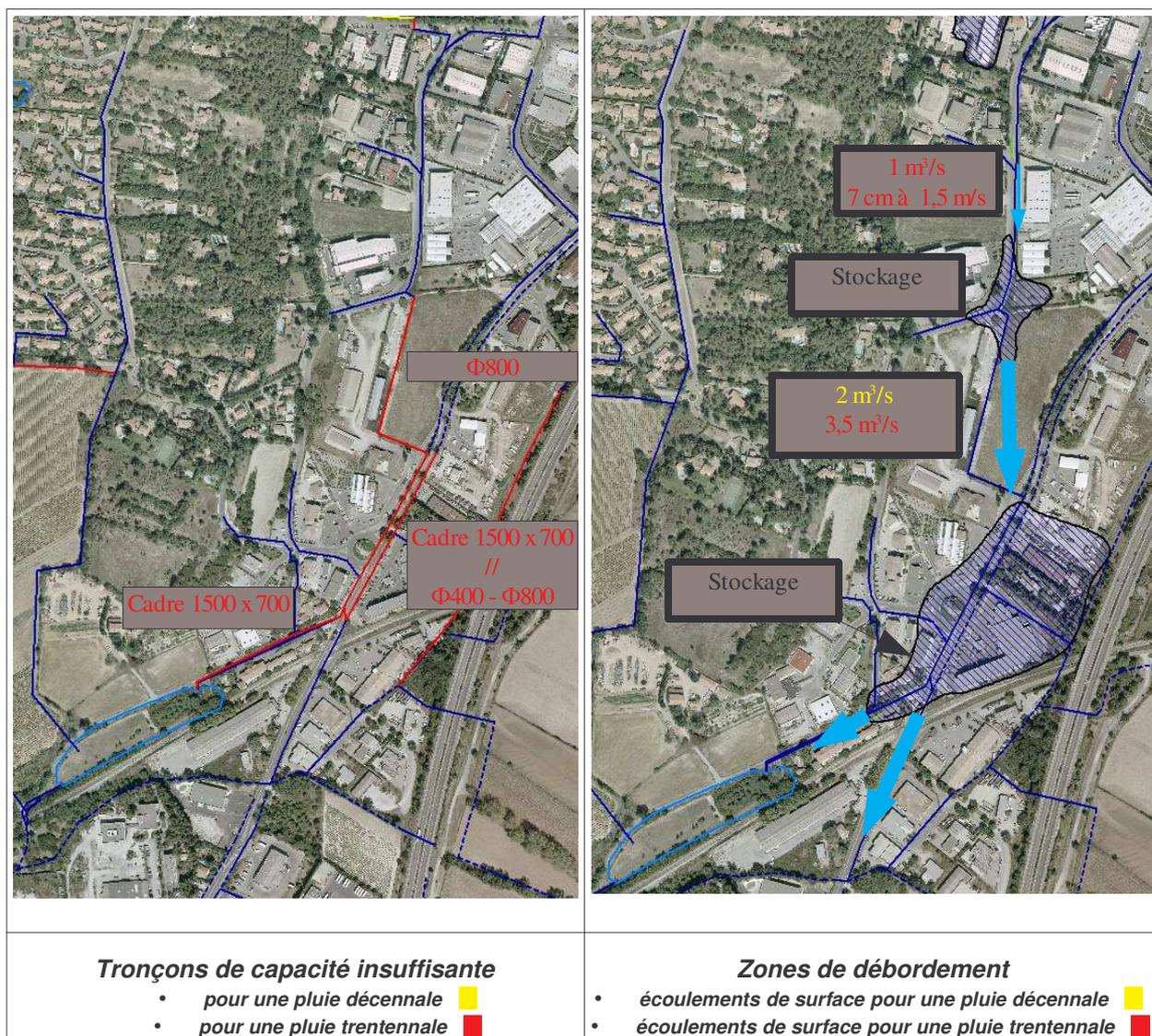
#### VALLON DU CLAOU



Les buses posées dans le vallon du Claou s'avèrent être insuffisantes. Cependant, compte tenu de la forte pente et de la largeur de la chaussée, la lame d'eau ne dépasse pas 5 cm sur l'ensemble du parcours.

En revanche, au niveau du croisement Avenue de la Mouliéro – Avenue des Ribas, les 3 buses  $\Phi$  600 posées en parallèle ne peuvent évacuer le débit ruisselé ce qui provoque des débordements et l'apparition d'une zone temporaire de stockage d'un volume maximum de 3000 m<sup>3</sup>.

## ZONE D'ACTIVITÉS



Le collecteur drainant l'avenue des Ribas ( $\Phi 1200$  puis  $\Phi 1400$ ) est suffisant pour évacuer une pluie trentennale. Mais pour rejoindre la RN 96, le réseau quitte la voirie pour longer le champ de la parcelle 84 en section  $\Phi 800$ , ce qui est très insuffisant. Il se crée donc une zone de stockage au croisement de l'avenue des Ribas et de l'allée du vieux canal. Le remous créé par le verrou hydraulique que représente la diminution de capacité hydraulique a également des conséquences sur l'écoulement dans le collecteur de l'avenue des Ribas dont la capacité d'écoulement est diminuée.

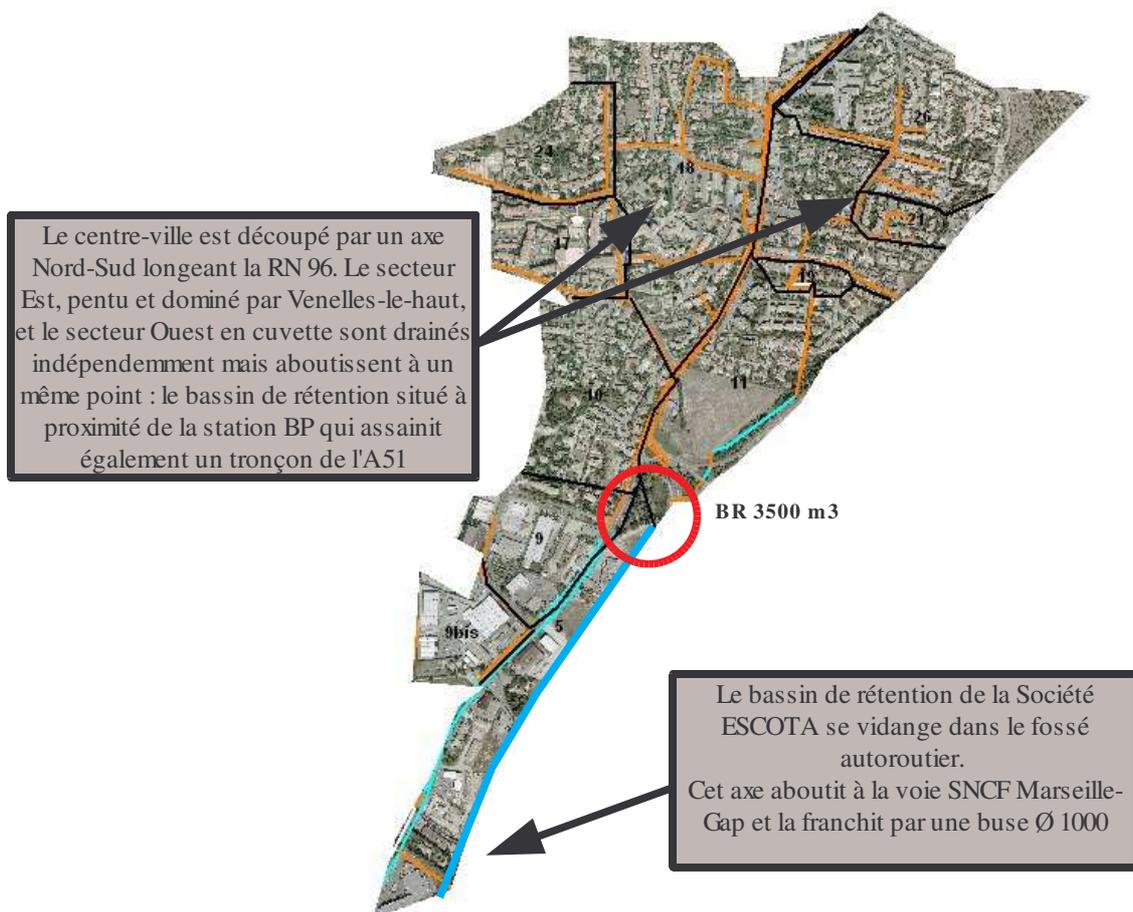
Par conséquent un ruissellement superficiel d'environ  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  se crée sur la partie aval des Ribas alors qu'une coulée (jusqu'à  $3, 5 \text{ m}^3/\text{s}$  en crue trentennale) se forme en traversant la zone de champ inutilisée pour aller participer à l'inondation des abords du rond point de la Gare et les parcelles adjacentes situées en contrebas.

Ce secteur, qui subit également les apports pluviaux de la RN 96, s'inonde car les deux réseaux parallèles (cadre  $1500 \times 700$  et  $\Phi 400 - \Phi 800$  en série) sont de capacité insuffisante pour évacuer les flots générés par l'axe Claou.

Pour aggraver la situation, les eaux du centre-ville drainées par le fossé autoroutier, qui viennent buter contre une buse de capacité très limitée ( $\Phi 1000$ ) au franchissement de la voie SNCF (voir paragraphe suivant), sont détournées le long de la ligne de chemin de fer et viennent gonfler le niveau aval de la zone inondée, ralentissant ainsi sa vidange.

## 3.3. Le secteur Centre-Ville

### 3.3.1. Le bassin versant



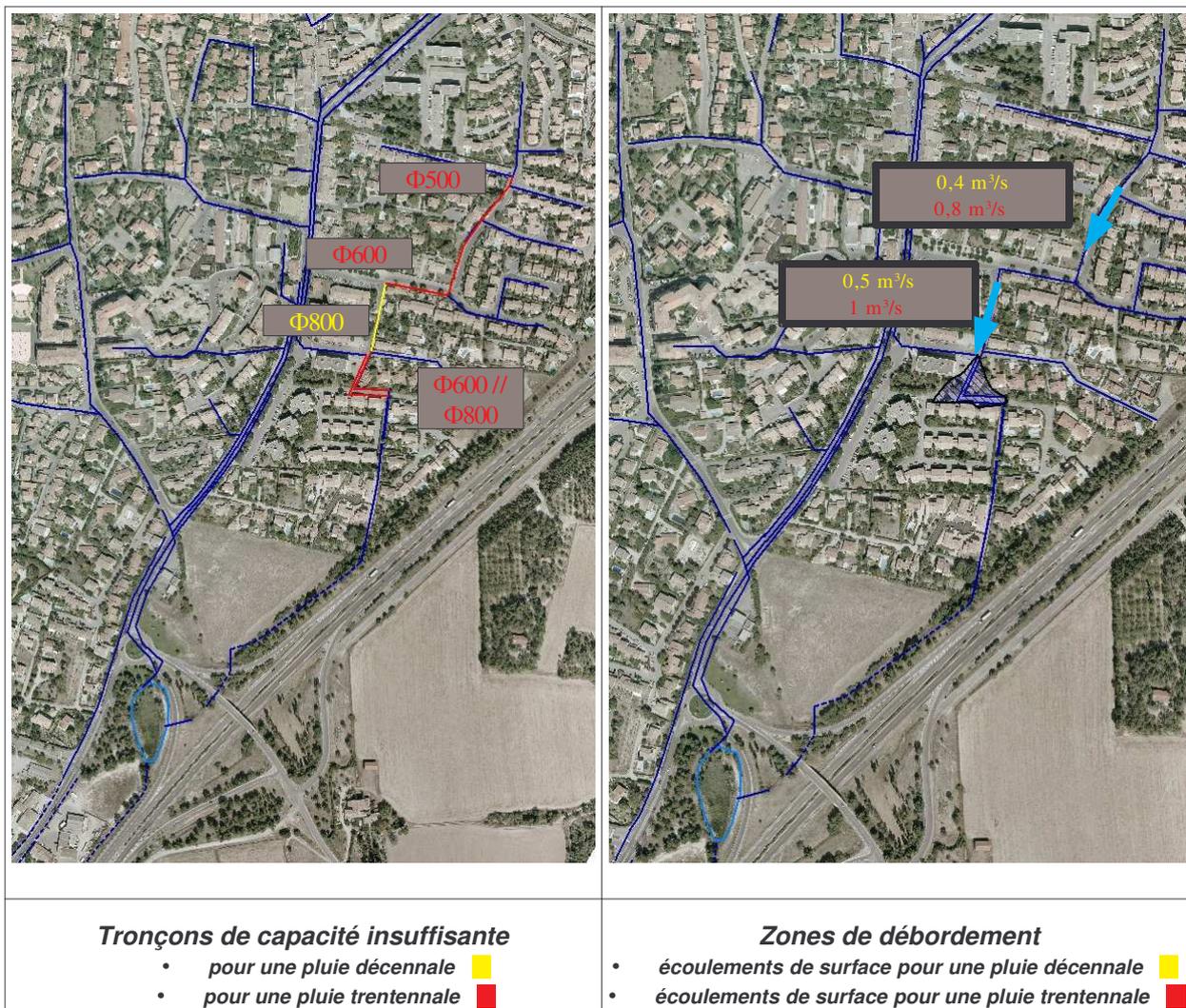
### 3.3.2. La problématique

La problématique est double sur ce secteur:

- La topographie, de type cuvette, du centre-ville Est est à l'origine d'inondations locales.
- Le bassin d'orage Escota est trop petit en rapport à la surface imperméabilisée qu'il draine. Il est fréquemment en surverse et l'écoulement qui en résulte, qui récupère en chemin les eaux de ruissellement de l'autoroute, dépasse rapidement la capacité de transfert de l'exutoire : la buse Ø 1000 de franchissement de la ligne SNCF. L'excédant longe alors la voie de chemin de fer jusqu'au noeud de convergence hydraulique constitué par le passage à niveau.

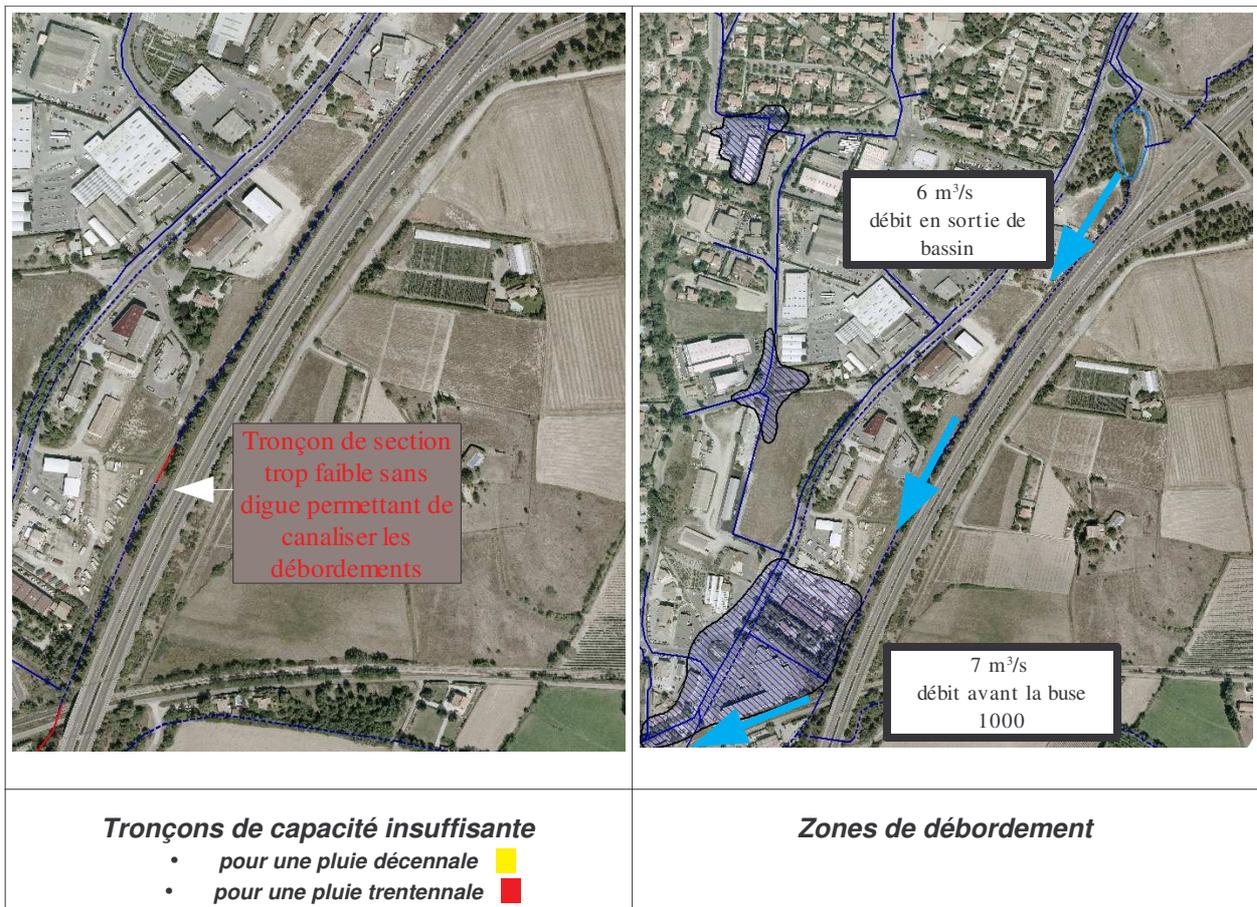
### 3.3.3. Le diagnostic quantitatif

#### LE CENTRE VILLE



Malgré l'imperméabilisation récente du secteur situé à l'ouest de la RN 96, on ne constate pas de débordements sur le réseau qui le draine, même pour une pluie de période de retour 30 ans. Ceci est en partie dû aux fortes pentes qui relient Venelles -le-haut à la route nationale.

En revanche la zone située à l'Est présente une topographie totalement différente, la zone centrale ayant une forme de cuvette légèrement inclinée vers le sud. L'insuffisance des réseaux, observée dès la pluie décennale pour certains tronçons de l'axe central fait naître un ruissellement de surface dans les rues pentues, alors que les zones plates s'inondent malgré la présence de deux buses en parallèle ( $\Phi 600$  et  $\Phi 800$ ).

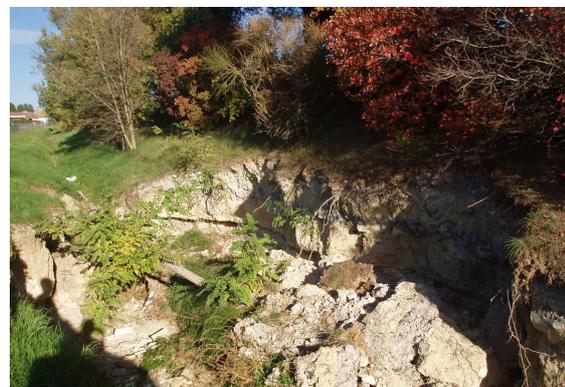


La bande de terre située entre la RN 96 et l'autoroute A51, est assainie par les fossés de la route nationale, hormis certaines parcelles qui penchent plutôt vers le fossé autoroutier au sud de cette zone. Ce dernier ne récupère donc que les eaux de ruissellement de la portion d'autoroute adjacente. Compte tenu du volume du bassin de rétention Escota, celui-ci est rapidement transparent en crue trentennale (même lorsque sa vanne de régulation est totalement ouverte). Le débit n'étant plus laminé, il est en pointe de  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  en sortie de bassin et atteint environ  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  au niveau de la buse sous la voie SNCF. Compte tenu de la topographie des abords de la buse de franchissement, le flux est faiblement en charge à son passage et la franchit avec un débit d'environ  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , le reste, longeant la voie SNCF, vient alimenter la zone d'inondation située de part et d'autre du passage à niveau, avant qu'une partie des flots n'emprunte la route nationale.

Le fossé autoroutier est généralement de section suffisante pour transiter le débit trentennal, et lorsque les écoulements tendent à sortir du "lit mineur", le "lit majeur", formé par des pentes légèrement relevées voire par des talus permettent de contenir l'eau.

Par ailleurs nous avons observé lors de notre reconnaissance terrain, un effondrement sévère des berges latérales sur une trentaine de mètres environ.

Ces dégâts semblent relativement récents et auraient pu être occasionnés lors des dernières pluies importantes.

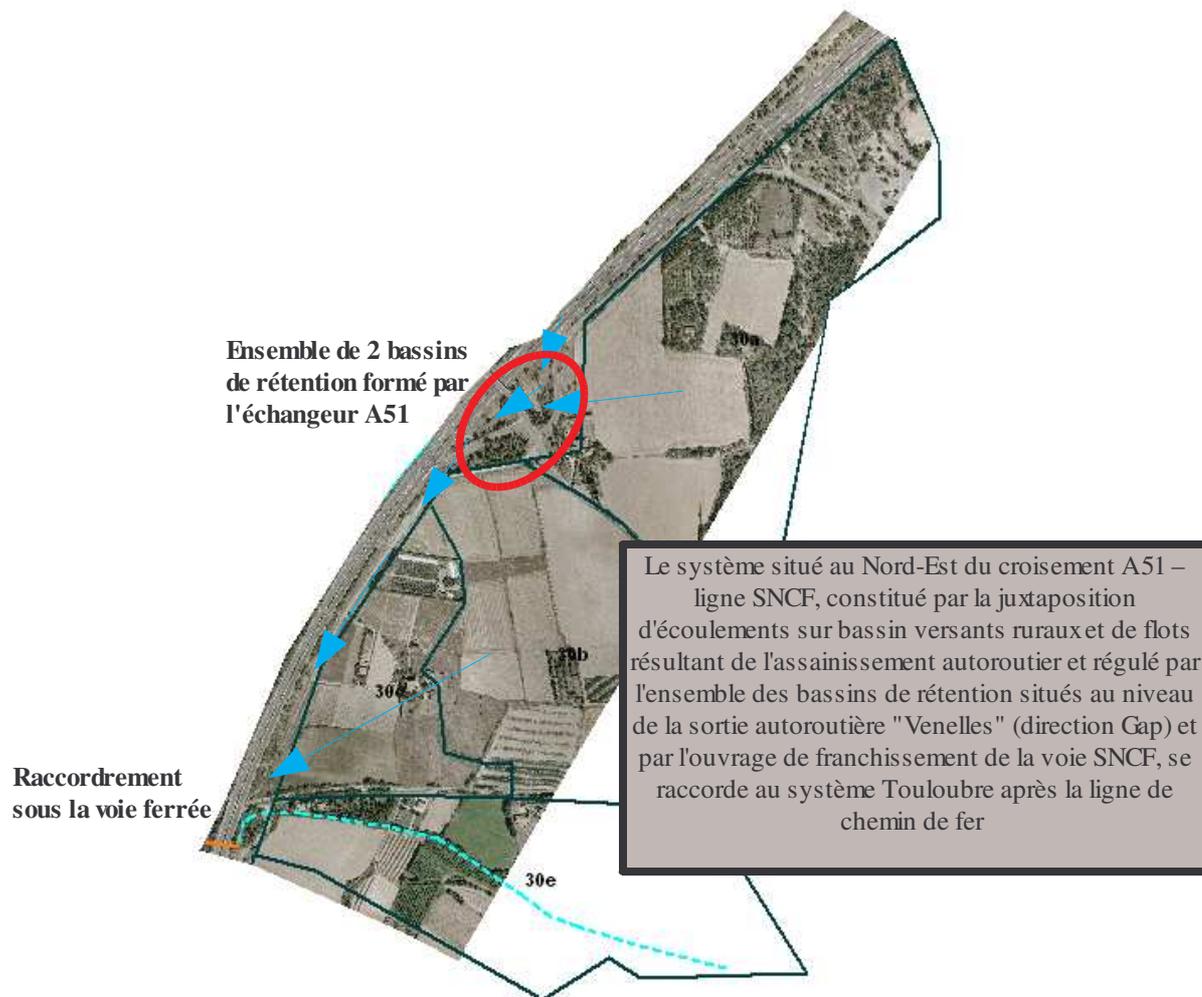




## 3.4. Le secteur Touloubre Nord

### 3.4.1. Le bassin versant

#### SECTEUR NORD-EST

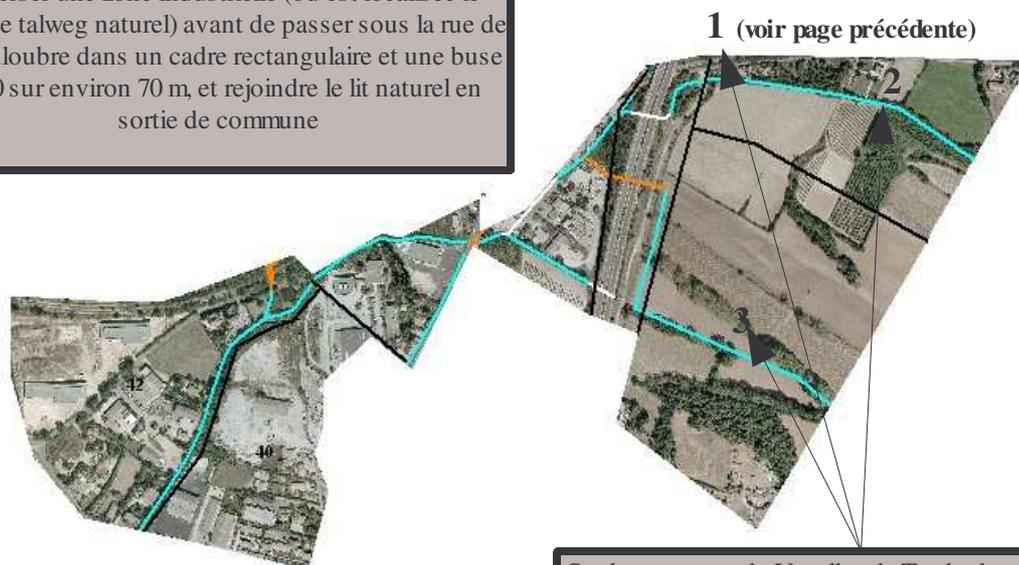




## SECTEUR EST ET TOULOUBRE URBAINE

Après franchissement de la RN 96, (ce qui constitue une contrainte hydraulique majeure) la Touloubre est confinée entre un talus et la ligne de chemin de fer avant de confluer avec les eaux de vidange du bassin de rétention de la gare.

La Touloubre quitte alors son lit historique pour traverser une zone industrielle (où est localisée le fond de talweg naturel) avant de passer sous la rue de la Touloubre dans un cadre rectangulaire et une buse 1200 sur environ 70 m, et rejoindre le lit naturel en sortie de commune



Sur la commune de Venelles, la Touloubre présente deux visages : l'un rural, l'autre urbain.

Les apports ruraux, situés à l'Est de l'A51, qui confluent vers la Touloubre, sont en réalité au nombre de 3, dont le plus important est constitué par les eaux ruisselées sur la zone au Nord-Est du croisement RN – A51. un ouvrage ovoïde sous la ligne SNCF en régule le débit.

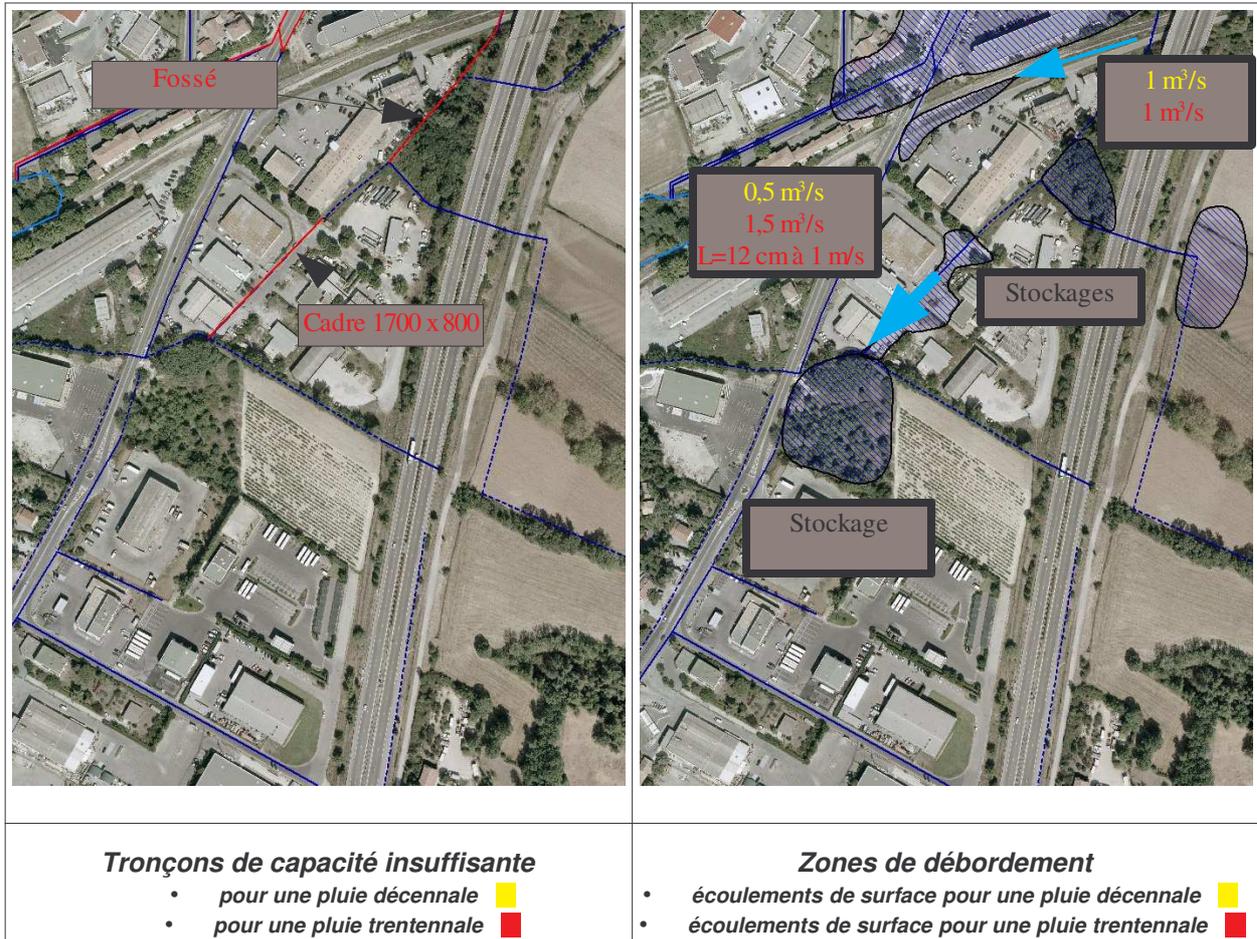
3 buses de passage sous l'A51 permettent l'écoulement du flot rural

### 3.4.2. La problématique

La Touloubre et les fossés confluent franchissent quatre obstacles hydrauliques consécutifs : la ligne SNCF, l'autoroute A51, un cadre rectangulaire béton et la Nationale 96. Si les deux premiers obstacles constituent un élément de régulation les débordements se répandant sur des surfaces d'usages agricoles, les deux autres ouvrages peuvent constituer un verrou provoquant l'inondation de l'impasse de la source et, plus grave, celle de la route nationale. Dans tous les cas cette zone complexe devait être finement étudiée car elle est une zone maillée, alimentée par des écoulements d'origines multiples.

### 3.4.3. Diagnostic quantitatif

#### LA PETITE BASTIDE



Les trois apports d'eau provenant de l'Est rural de Venelles ainsi que le flot provenant du secteur centre (écrêté par l'ouvrage de franchissement de la voie SNCF) traversent la zone appelée Petite bastide, située juste à l'ouest de l'autoroute.

Le flux principal est confiné dans un cadre rectangulaire (1500 x 700) qui s'avère insuffisant dès la pluie décennale. Un ruissellement de plus de 10 cm se forme dans l'impasse de la source avant rejoindre le lit de la Touloubre.

La Touloubre alors gonflée de ces apports, qui ne peut franchir l'ouvrage sous la RN96 sans débordements, se déverse dans la zone dépressive adjacente puis inonde la route nationale.

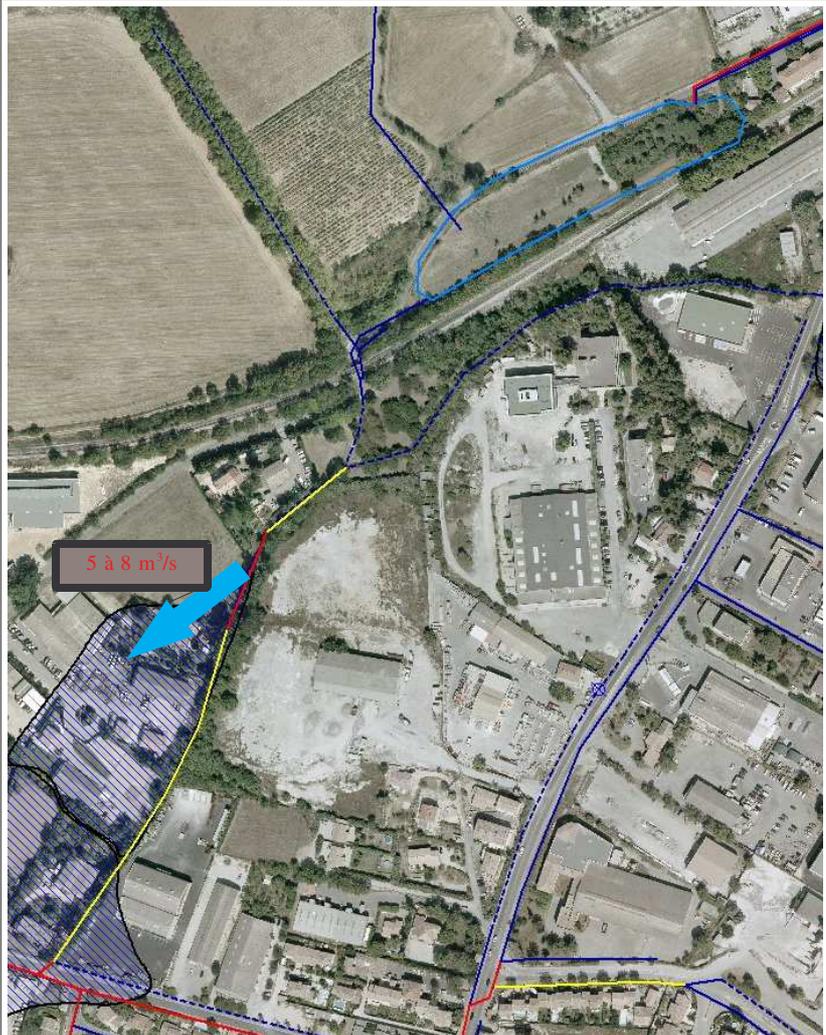


## LA TOULOUBRE URBAINE

Il est difficile d'estimer le débit sur les différentes sections urbaines de la Touloubre puisque celui-ci résulte des apports de plusieurs secteurs de Venelles et que ceux-ci subissent un laminage par expansion des eaux de débordement.

La fourchette de débits indiqués résulte donc d'estimations de stockage basées sur des hypothèses d'écrêtage de la crue sur les différents secteurs débordants en amont de la Touloubre.

Ainsi, en crue trentennale, la Touloubre sort de son lit avec un débit de fuites de 5 à 8 m<sup>3</sup>/s pour se déverser dans son lit majeur historique et inonder les parcelles jusqu'à la station d'épuration.



*Évaluation des débits de pointe sur le secteur Touloubre urbaine*

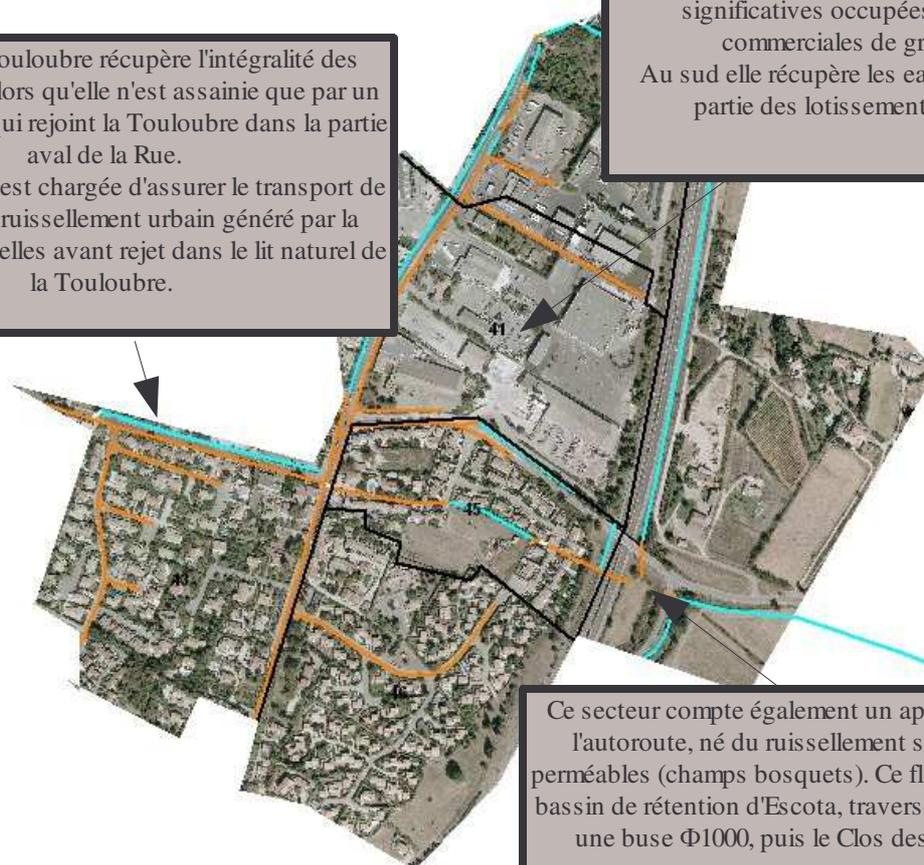


## 3.5. Le secteur Touloubre Sud

### 3.5.1. Le bassin versant

La Rue de la Touloubre récupère l'intégralité des apports amont alors qu'elle n'est assainie que par un collecteur  $\Phi 800$  qui rejoint la Touloubre dans la partie aval de la Rue.  
Une buse  $\Phi 1200$  chargée d'assurer le transport de l'intégralité du ruissellement urbain généré par la commune de Venelles avant rejet dans le lit naturel de la Touloubre.

La RN 96 draine au nord des zones imperméabilisées significatives occupées par des activités commerciales de grande surface.  
Au sud elle récupère les eaux ruisselées sur une partie des lotissements des Logissons



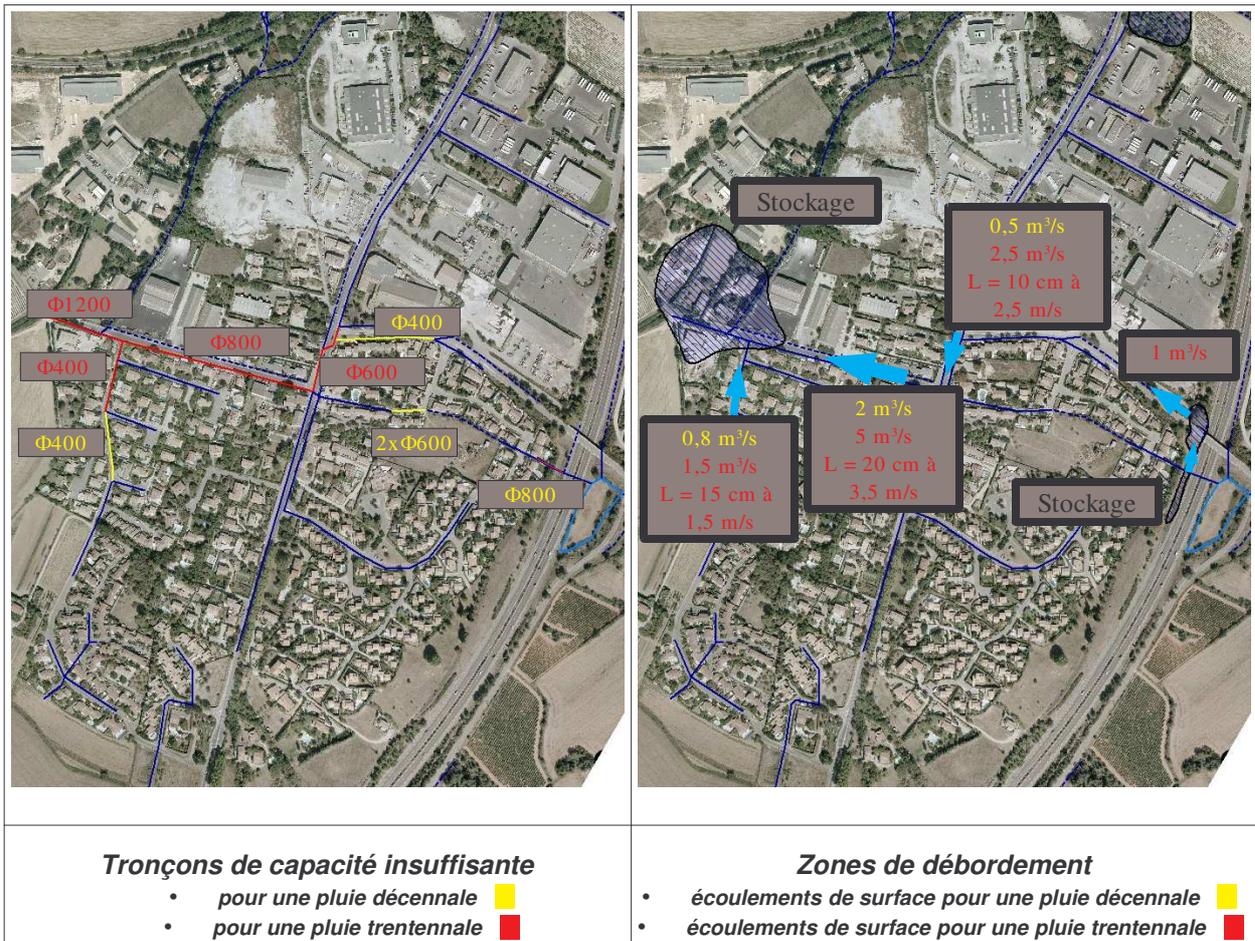
Ce secteur compte également un apport de l'Est de l'autoroute, né du ruissellement sur des zones perméables (champs bosquets). Ce flot, laminé par un bassin de rétention d'Escota, traverse l'autoroute par une buse  $\Phi 1000$ , puis le Clos des Forsythias.

### 3.5.2. La problématique

La confluence Touloubre – rue de la Touloubre constitue le point de convergence de tous les axes d'écoulement de la partie urbanisée de Venelles (hormis quelques parcelles situées sur le bassin versant de la Durance). Cette configuration associée à la faible débitance des réseaux en font le lieu d'écoulements parfois torrentiels qui ont marqué les esprits des riverains. Cette zone doit probablement être considérée comme un des secteurs prioritaires au regard de l'urgence des aménagements de type pluvial (voir propositions d'aménagement).



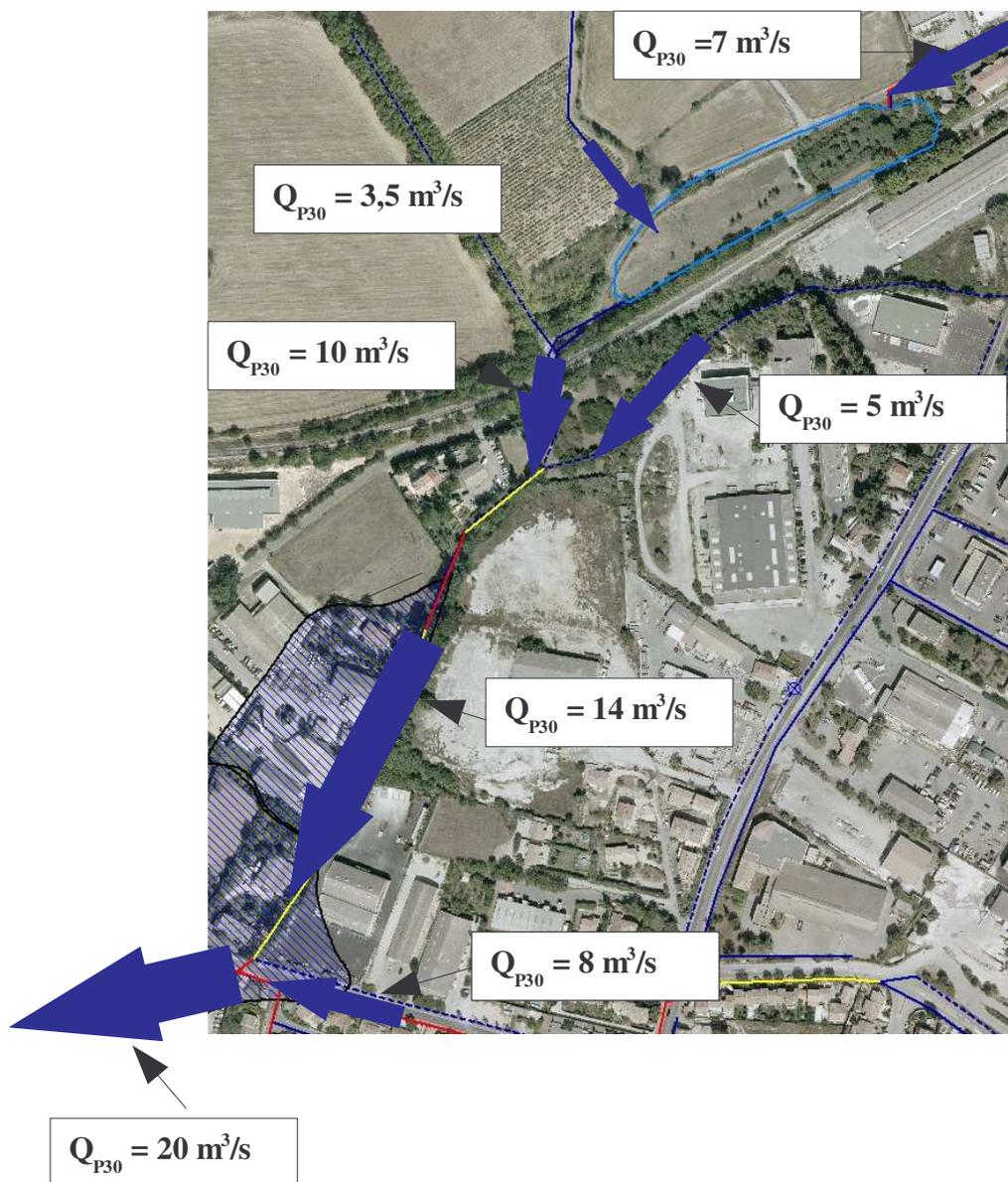
### 3.5.3. Le diagnostic quantitatif



Les tronçons en aval sont tous insuffisants dès la pluie de période de retour 10 ans. Le clos des Forsythias ne connaît pas de problèmes d'inondation, à l'exception d'une légère submersion des parcelles directement au dessus de la double buses 2xΦ 600, car le flot rural est écrêté par une buse Φ600 à l'entrée du lotissement et détourné le long d'un talus anti-bruit qui jouxte l'autoroute. Ces eaux inondent alors partiellement l'autoroute avant de s'écouler vers l'impasse de la Carraire.

Compte tenu des apports de différentes origines qui confluent à l'entrée de la rue de la Touloubre et de la capacité insuffisante de son réseau pluvial, diminuée par le remous provoqué en aval par la confluence avec la Touloubre, une lame d'eau de 5 m<sup>3</sup>/s (pluie T = 30 ans), de hauteur 20 cm et de vitesse 3,5 m/s, submerge cette voie et vient alimenter en eau la zone d'inondation qui se situe à la confluence Touloubre -rue de la Touloubre.

### 3.6. Quantification des débits de pointe sur les axes d'écoulement principaux



Ces valeurs résultent :

- de notre modélisation avec le logiciel XP SWMM, en considérant un écoulement dans le réseau sur les axes préférentiels d'écoulement
- de nos hypothèses de laminage sur les zones de débordements principales (franchissement de la RN 96 par la Touloubre, passage à niveau...)

A titre de comparaison, la modélisation hydrologique et hydraulique de la Touloubre par le cabinet SOGREAH, dans l'étude intitulée "Etablissement d'une cartographie réglementaire des zones inondables de la Touloubre" datant de 1999, aboutissait à un débit de pointe en sortie de la commune de Venelles, pour une crue centennale d'une durée intense d'1 heure, de  $32 m^3/h$ . Ce qui est cohérent avec les résultats de notre modélisation.



## 4. PROPOSITIONS DE SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENT PAR SECTEUR

---

### 4.1. Approche globale

Les différents secteurs du réseau pluvial de Venelles sont interdépendants : le ruissellement des zones amont vient gonfler la crue en aval et, compte tenu des lois de l'hydraulique les conditions en aval de la zone peuvent également avoir une influence sur les écoulements amont. Pour cette raison, il faut d'abord considérer le problème globalement avant de proposer des aménagements par secteur.

La condition aval imposée par le système global actuel est le débit maximal pouvant transiter par la buse finale de la rue de la Touloubre ( $\Phi 1200$ ). Sur la base de l'hydrogramme généré par une pluie trentennale (c'est l'objectif de protection affiché par commune) sur le bassin versant total ayant pour exutoire cette buse, nous avons pu évaluer le volume total de rétention nécessaire qu'il faudrait mettre en place pour que le "débit de fuite" corresponde à la capacité de cet ouvrage : environ  $100\,000\text{ m}^3$ , ce qui n'est pas envisageable. Il faut donc envisager de renforcer la sortie du système sans aggraver les débits de pointes actuels.

Notre approche a donc consisté à considérer les conditions imposées spécifiquement sur chaque secteur, puis proposer un aménagement qui satisfasse ces conditions sans augmenter le débit de pointe en sortie du secteur. De cette manière le débit de pointe généré par la commune ne s'en trouverait pas augmenté.

La maîtrise des eaux pluviales sur le tronçon de la Touloubre urbaine est fortement dépendante des aménagements envisagés sur les secteurs amont, dont elles reçoivent les eaux. Cette section a donc été étudiée en dernier.



## 4.2. Les Faurys

### 4.2.1. Le principe d'aménagement

La buse  $\Phi$  1200 qui aboutit au bassin de rétention de la Gare n'est pas limitante car elle peut transférer le débit de pointe trentennale non laminé. Le principe d'aménagement de la zone est donc uniquement une protection optimale de ses habitations. Une contrainte forte de ce secteur est la difficulté de renforcer les canalisations existantes :

- réseau en domaine privé,
- conduites passant sous des habitations,
- zones exiguës difficilement accessibles aux engins mécaniques.

Par ailleurs compte tenu de l'urbanisation en fond de talweg, les maisons connaissent une submersion par des coulées boueuses lors des crues importantes. Nous proposons donc :

- l'interception totale, par la création d'un bassin de rétention, du ruissellement généré par une pluie centennale sur la zone rurale située en amont du lotissement,
- la maîtrise des eaux pluviales générés par le lotissement lui-même jusqu'à une pluie de période de retour trente ans : à savoir pas de débordements ou des écoulements superficiels acceptables cantonnés aux zones piétonnières ou aux voies de circulations

### 4.2.2. Les zones de rétention supplémentaires

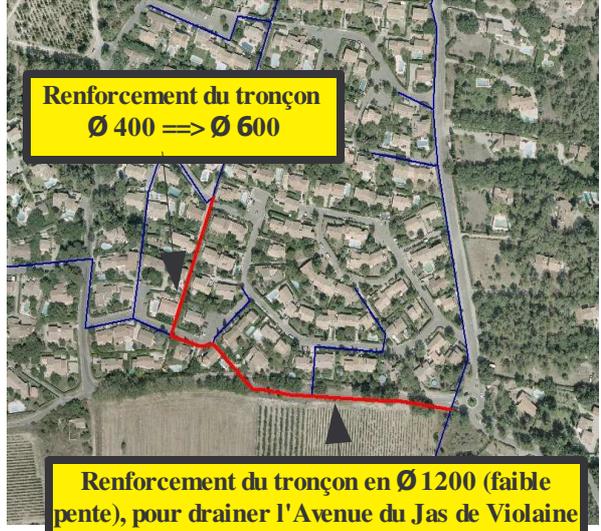
Le bassin de rétention amont doit être d'un volume de  $6500 \text{ m}^3$  avec un ouvrage de régulation de diamètre  $\Phi$  250 (surverse lorsque la cote maximale est atteinte) permet de circonscrire la crue centennale générée par le bassin amont rural.

Ce nouveau bassin, ajouté à l'extension du bassin localisé dans le nord du lotissement d'un volume de  $1000 \text{ m}^3$  supplémentaires, permettent de canaliser les écoulements en dehors des surfaces bâties (chemin piétonnier, rues) et sans atteindre des hauteurs et des vitesses dangereuses.





### 4.2.3. Les renforcements de réseau

 <p>Renforcement du tronçon en Ø 1200 (faible pente), pour drainer ce noeud hydraulique convergent</p> <p>Déversement d'eau vers la plus grande pente (champs)</p>	 <p>Renforcement du tronçon Ø 400 =&gt; Ø 600</p> <p>Renforcement du tronçon en Ø 1200 (faible pente), pour drainer l'Avenue du Jas de Violaine</p>
<p><b>Option 1 :</b></p> <p>A minima nous proposons de renforcer la canalisation qui permet le drainage de la zone d'inondation identifiée en phase de diagnostic.</p>	<p><b>Option 2 :</b></p> <p>Le renforcement de la buse située sous l'avenue du Jas de Violaine permet l'assainissement de cette voie.</p> <p>Cependant, compte tenu de la topographie locale, au delà de quelques centimètres de submersion cette voie de circulation se vidange gravitairement vers les champs adjacents.</p>



## 4.3. Le secteur Vallon du Claou – Gare

### 4.3.1. Les principes d'aménagement

Pour éviter l'inondation (fréquente) du rond-point de la Gare, il faut faire en sorte que les réseaux qui drainent cette zone soient d'une débitance suffisante pour évacuer le ruissellement généré par les axes Claou et RN 96. Deux options sont alors envisageables :

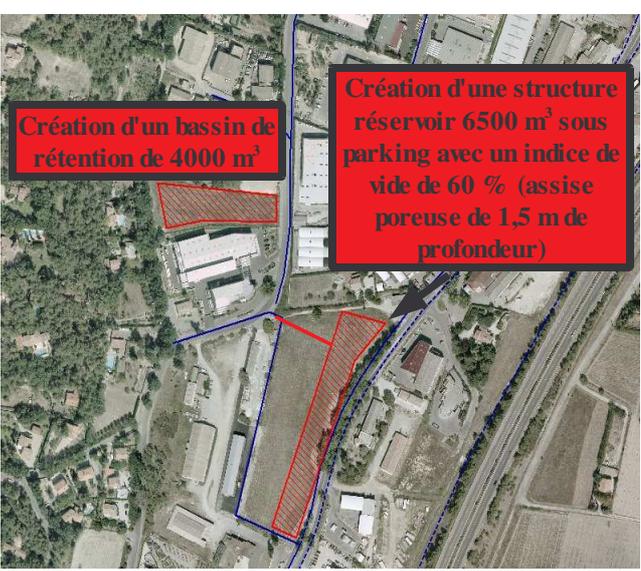
- le renforcement de la capacité de transfert des ouvrages,
- la régulation des débits engendrés par les bassins versants situés en amont par la création de zones de rétention.

Nous proposons d'opter pour le deuxième type d'aménagement pour les raisons suivantes :

- le rond-point de la Gare est une zone névralgique de Venelles. Tous travaux d'aménagements pluviaux à ce niveau provoqueraient des perturbations significatives de la vie locale,
- les ouvrages, dont un cadre béton 1500 x 700, sont situés en dessous du rond-point, celui-ci ayant été aménagé récemment. Les travaux de réfection du giratoire entraîneraient un fort surcoût,
- l'approche globale préconise la rétention plutôt que le renforcement lorsque cela est possible.

Le choix des zones potentielles est fondé sur le type d'occupation actuelle des parcelles et sur des contraintes de topographie : la vidange et le remplissage des bassins doivent pouvoir être effectués gravitairement, sans élévation mécanique.

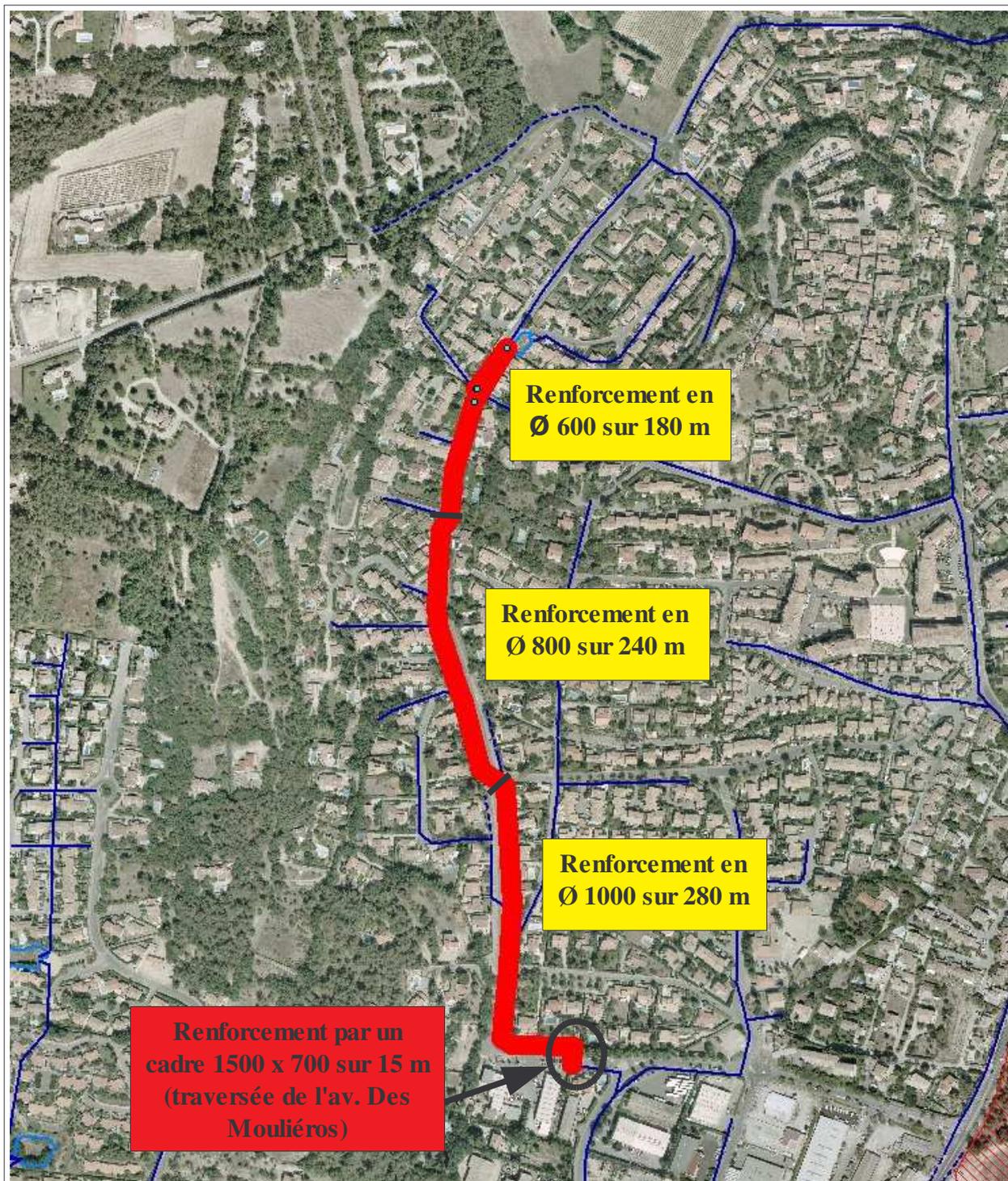
### 4.3.2. Les zones de rétention supplémentaires

 <p>Création d'un bassin de rétention de 8000 m<sup>3</sup> avec ouvrage de régulation en Ø800 avec déversoir de sécurité vers le cadre 1500 x 700</p>	 <p>Création d'un bassin de rétention de 4000 m<sup>3</sup></p> <p>Création d'une structure réservoir 6500 m<sup>3</sup> sous parking avec un indice de vide de 60 % (assise poreuse de 1,5 m de profondeur)</p>
<p><b>Création d'un bassin de rétention au niveau de la confluence Vallon du Claou - RN 96</b></p>	<p><b>Variante avec création de deux bassins dont un sous parking</b></p>

La proposition variante s'applique au cas où la parcelle serait utilisée pour un usage commercial avec création de zones imperméabilisées. Seules les surfaces de parking sont alors utilisables pour l'implantation d'un volume de réserve. La meilleure solution actuelle semble être celle des aménagements du type chaussée à structure réservoir. Un indice de vide de 60% est une valeur standard.



### 4.3.3. Les renforcements de réseau



#### *Renforcement de la capacité des collecteurs du vallon*

Le ruissellement de surface estimé en phase de diagnostic pour une pluie trentennale ne présente pas de dangerosité et il est cantonné à la voirie. Cependant, la requalification de la voirie est en projet sur la quasi-totalité du vallon du Claou, le renforcement des collecteurs pourra donc être réalisé lors de la réalisation des travaux de voirie.

## 4.4. Le secteur Centre-Ville

### 4.4.1. Le principe d'aménagement

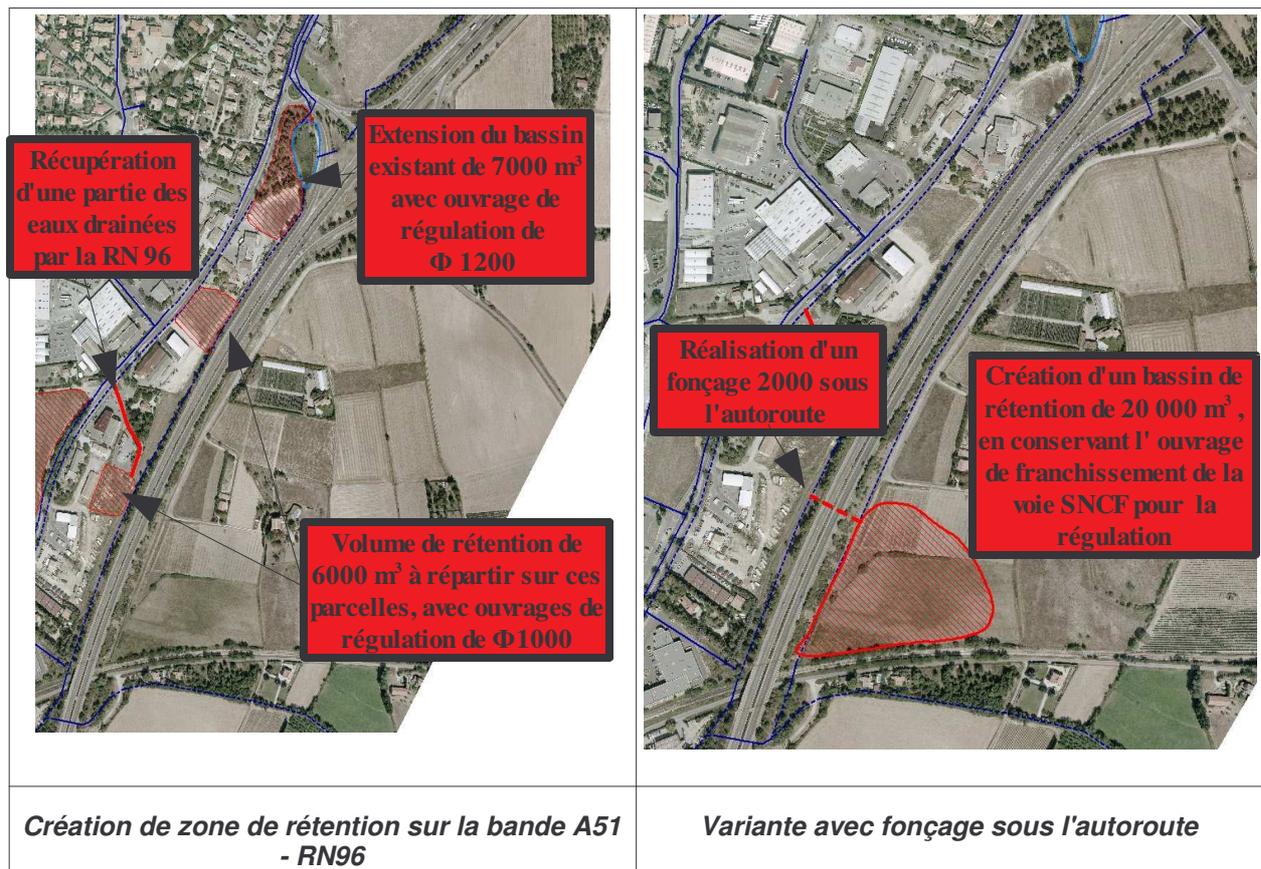
Le bassin de rétention de ce secteur, propriété de la société ESCOTA, récupère les eaux de ruissellement du centre-ville et celle d'un tronçon autoroutier. Compte tenu de son volume relativement faible, il est rapidement transparent, et l'onde de crue ( $6\text{m}^3/\text{s}$ ) se propage jusqu'à la buse de franchissement de la voie SNCF, très largement insuffisant ( $1,5\text{m}^3/\text{s}$ ). Ce qui ne passe pas sous la ligne de chemin de fer est entraîné le long de la voie de chemin de fer et contribue très fortement à l'inondation du rond-point de la Gare (voir diagnostic).

Le principe d'aménagement est donc que le débit de pointe aval du secteur puisse transiter par la buse de franchissement. Deux options sont alors envisageables :

- créer des zones de rétention sur les parcelles disponibles de la bande RN96 – A51,
- transférer les eaux de ruissellement vers des zones de rétentions de moindre valeur foncière, par la réalisation d'un fonçage sous l'autoroute A51.

Des aménagements de type renforcement sont nécessaires sur le secteur du centre ville, la capacité du réseau actuelle étant trop limitée à cause de la faible pente de certains axes.

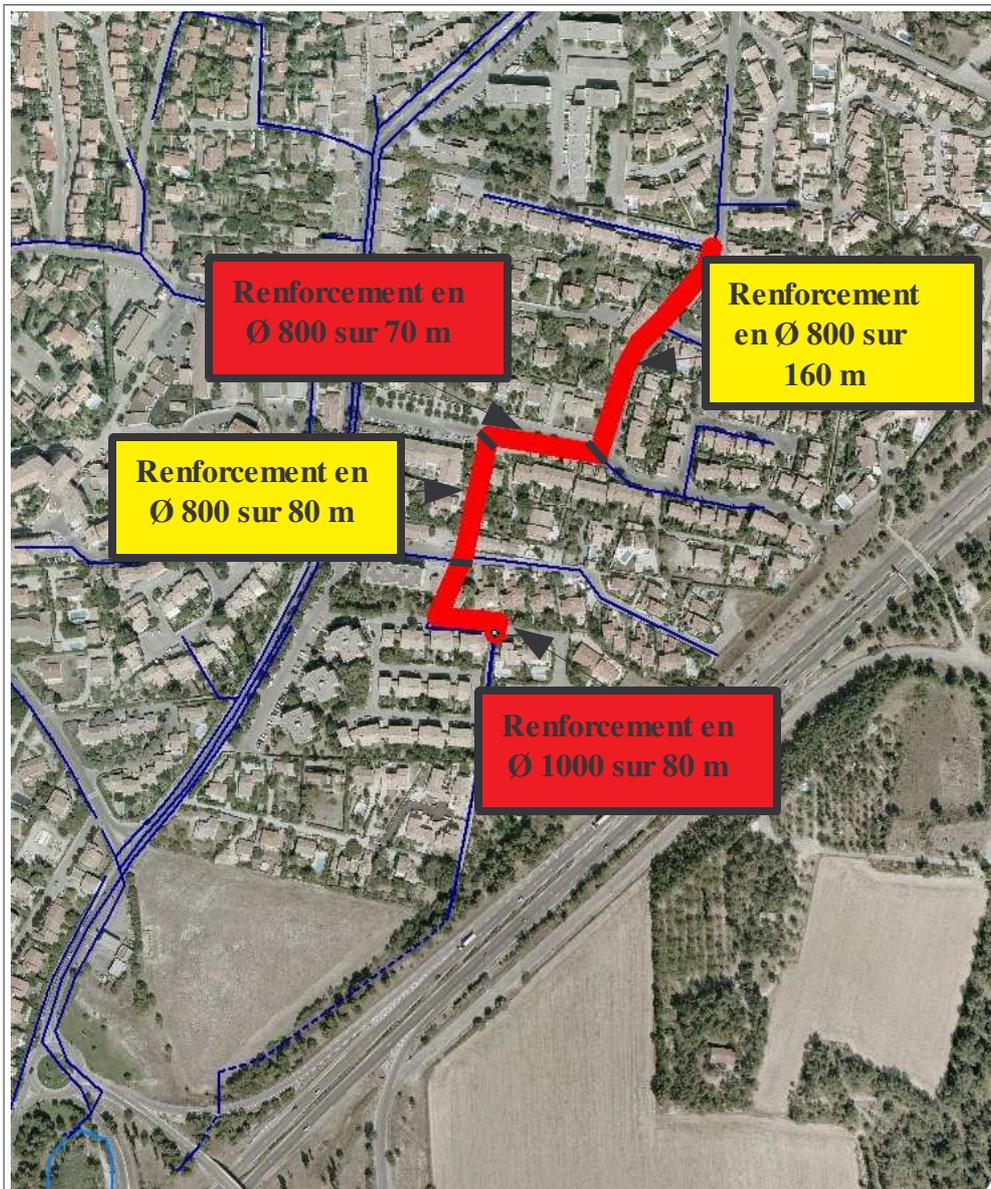
### 4.4.2. Les zones de rétention supplémentaires



Le volume de  $20\ 000\text{m}^3$  en solution variante comprend le laminage de crue trentennale du secteur centre mais également le volume de rétention nécessaire à la maîtrise des eaux pluviales (période de retour 30 ans) sur le secteur de la Petite Bastide (cf partie suivante).



### 4.4.3. Les renforcements de réseau



*Renforcements des collecteurs pluviaux dans les rues : Allée du Parc, Allée des Tilleuls et Rue du Ventoux*



## 4.5. Le secteur Petite Bastide

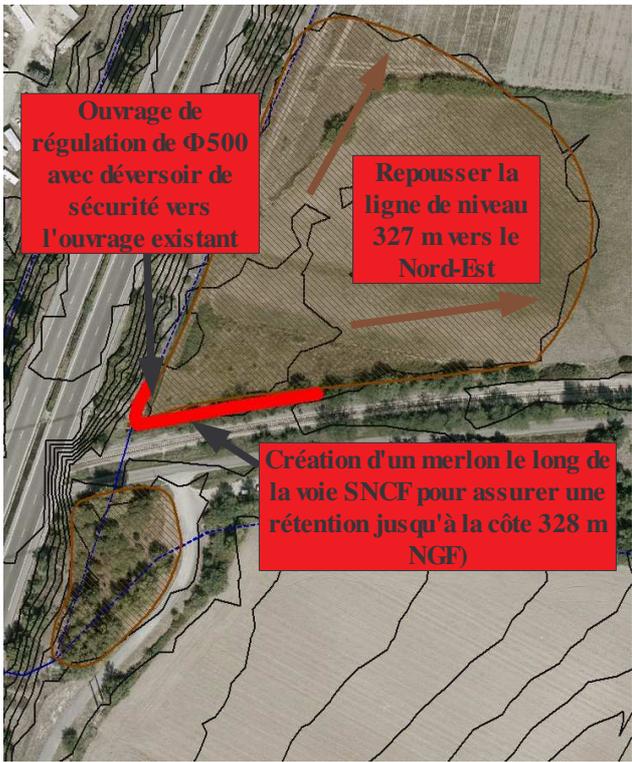
### 4.5.1. Le principe d'aménagement

Le ruissellement qui a lieu sur les bassins versants ruraux à l'est de l'A51, au nord et au sud de la voie ferrée, ajouté au flux provenant du centre-ville et transitant également sur la ligne de chemin de fer, engendre une lame dont le débit de pointe atteint  $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$  pour une pluie trentennale, alors que le cadre rectangulaire posé sous l'Impasse de la Source ne peut pas évacuer plus de  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ . Deux options sont alors envisageables :

- augmenter la capacité de ce cadre,
- créer une zone de rétention en amont de ce cadre.

La première solution n'est pas satisfaisante car, au débit transitant par l'impasse de la source s'ajoute (bien que les pointes de crue ne soient pas complètement en phase) celui de la Touloubre ( $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$  en crue 30 ans), la confluence se situant juste en amont de la RN 96 dont l'ouvrage n'a qu'une débitance maximale de  $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Par conséquent, nous proposons la création de zones de rétention à l'est de l'autoroute, la valeur foncière des terres y étant de moindre importance.

### 4.5.2. Les zones de rétention supplémentaires

	<p>Pour le flux provenant du Nord de la voie SNCF, il n'est pas nécessaire de créer un bassin de rétention (qui signifierait l'abandon de l'usage agricole): il serait judicieux de permettre le stockage des eaux de pluie (jusqu'à <math>10\,000 \text{ m}^3</math>) par la création d'un merlon d'une longueur de 80 m nivelé à la cote 328 m NGF) et l'accroissement du volume potentiel de rétention par un remodelé du sol en repoussant la ligne de niveau 327 m NGF vers la ligne de niveau 328 m NGF actuelle.</p> <p>L'espace, cerné par l'autoroute et le chemin communale permet également la création par terrassement d'une zone de rétention de <math>2000 \text{ m}^3</math>.</p>
<p><b>Rétention des écoulements ruraux à l'est de l'A51</b></p>	

### 4.5.3. Les renforcements de réseau

Nous ne proposons pas de renforcements sur ce secteur car la mise en place des deux sites de rétention en série avant franchissement de l'autoroute sont compatibles avec les transferts sans débordements par le cadre rectangulaire sous l'impasse et l'ouvrage de franchissement sous la RN96.



## 4.6. Le secteur Sud

### 4.6.1. Le principe d'aménagement

Le secteur sud connaît actuellement un dysfonctionnement majeur : la buse  $\Phi 1200$  constitue un verrou hydraulique qui provoque l'inondation de la zone en bas de la rue de la Touloubre, à cause des flux d'eau très importants véhiculés par la Touloubre (environ 7 à 8 m<sup>3</sup>/s en pluie trentennale si tous les secteurs amont sont aménagés tels que nous l'avons préconisé dans les paragraphes précédents), et freine l'évacuation par les collecteurs qui aboutissent à ce noeud (rue de la Touloubre et rue des Sycomores).

Il est donc primordial de faire sauter ce verrou. La rue de la Touloubre ayant été réhabilitée très récemment, nous proposons la mise en place d'un cadre rectangulaire de 130 m de long qui part de la Touloubre, traverse le parc technique municipal, contourne les hangars pour aboutir à la Touloubre un peu plus en aval.

L'autre nuisance majeure que connaît cette zone est le débit important de l'écoulement dans la rue de la Touloubre (environ 5 m<sup>3</sup>/s). Deux possibilités existent pour supprimer ou réduire ce ruissellement :

- augmenter la capacité de transfert des buses,
- créer une zone de rétention en amont de la rue de la Touloubre.

La première option, est faisable mais coûteuse, d'autant plus que cette voie d'environ 300 m a été récemment refaite. Ces travaux pourraient être repoussés de plusieurs années.

Environ la moitié du débit de pointe de la pluie trentennale qui aboutit au début de la rue de la Touloubre provient du bassin versant rural se situant à l'est de l'autoroute. Les autres flux d'eau sont difficilement régulables compte tenu de l'occupation du sol actuelle.

Une zone inoccupée dans le secteur du Clos des Forsythias, dispose d'une importante surface et se situe sur l'axe d'écoulement en provenance du bassin versant rural. Cependant le débit est écrêté à l'entrée du lotissement par une buse  $\Phi 800$  : les débordements alors générés contournant la zone protégée par un haut merlon. C'est pour cette raison que nous proposons de réguler le débit à l'amont du bassin ESCOTA (celui-ci n'étant pas extensible).

### 4.6.2. Les zones de rétention supplémentaires



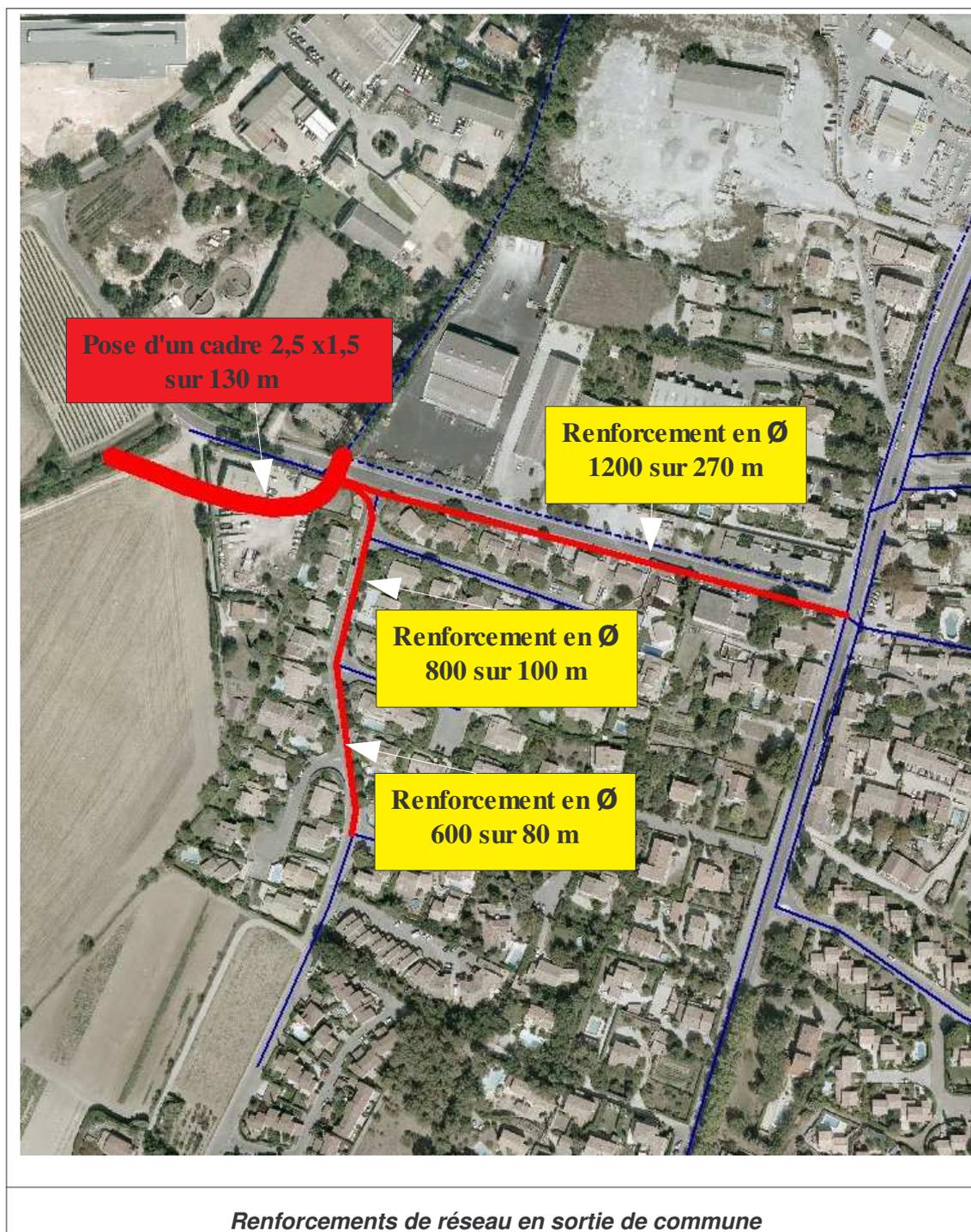
Création d'un merlon le long de la voie communale à la cote 334 m NGF, au niveau du point pas de cette cuvette naturelle. Cet aménagement est accompagné de la mise en place d'un ouvrage de régulation ( $\Phi 700$ ) avec surverse dans l'ouvrage existant. Il permet ainsi le stockage des eaux de pluie, sur une zone utilisée (agriculture), jusqu'à 6 000 m<sup>3</sup>.

Le mécanisme de gestion de cet espace artificiellement inondable, évoqué par la commune, serait :

- le rachat de ces parcelles cultivées, en laissant à l'agriculteur un droit d'exploitation,
- l'élaboration d'une convention avec l'agriculteur lui donnant droit à des indemnités en cas de perte de la récolte.

**Aménagements pour favoriser l'inondation des zones cultivées à l'est de l'autoroute A51**

### 4.6.3. Les renforcements de réseau



Le stockage, à l'est de l'autoroute, permet de réduire de moitié le débit de pointe trentennale des écoulements de surface de la rue de la Touloubre. Pour le supprimer totalement, il faudrait remplacer les ouvrages actuels par une buse de  $\Phi 1200$  sur 230 m.

Nous proposons également le renforcement du collecteur pluvial de la rue des Sycomores sur environ 200m, afin de supprimer la submersion sur cette voie.

Mais les aménagements à réaliser en priorité concernent la pose du cadre béton rectangulaire 2500 x 1500 sur un linéaire de 130 m, contournant les hangars municipaux pour déplacer l'exutoire dans la Touloubre un peu plus au sud. Ce cadre est de dimensions suffisantes pour permettre un raccordement direct des collecteurs amont.



## 4.7. Le secteur Touloubre urbaine

### 4.7.1. Le principe d'aménagement

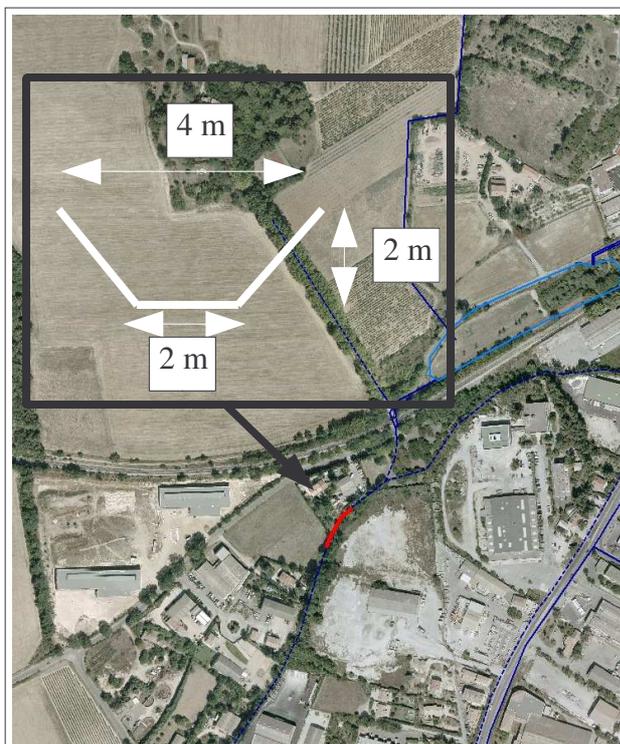
La Touloubre récupère le ruissellement des secteurs Faurys, Claou, Centre et Est de l'autoroute, régulé par les différents aménagements proposés, de sorte que son débit de pointe atteint environ  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  sur la section située entre le jardin Maurice Plantier et la rue de la Touloubre.

Notre approche est donc d'assurer au cours d'eau une débitance minimale, par la section et la pente, afin de pouvoir transférer ce débit de pointe sans débordements.

### 4.7.2. Les zones de rétention supplémentaires

Nous avons opté pour une augmentation de capacité de l'ouvrage de sortie de commune. Le cadre rectangulaire proposé (2500 x 1500) permet l'évacuation de la pointe trentennale (en prenant en compte les actions de maîtrise du ruissellement pluvial sur chaque bassin versant), il n'est donc pas nécessaire de réguler les écoulements de la Touloubre par la création d'un bassin d'expansion à proximité de son lit.

### 4.7.3. Les renforcements de réseau



Le point faible de la Touloubre en zone urbaine se trouve à l'aval de la confluence avec le fossé de vidange du bassin d'orage de la gare.

La pente et la section y sont trop faible, et la Touloubre en crue trentennale sort de son lit pour rejoindre son axe historique.

Nous proposons donc la réalisation du gabarit minimal ci-contre sur cette section d'une cinquantaine de mètres et de pente inférieure à 0,4%.

Par ailleurs, nous abaissons la côte fil d'eau de la Touloubre au niveau de la traversée de la Rue de la Touloubre dans le cadre rectangulaire. Il faudra donc terrasser le lit de la Touloubre sur une cinquantaine de mètres afin d'obtenir une pente régulière de la rivière.

**Recalibrage de la Touloubre sur les zones à faible pente**





Les aménagements préconisés permettent de supprimer les débordements hors réseau et bassin, excepté :

- sur les Faurys où nous observons un léger ruissellement résiduel de l'ordre de  $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ . Mais ce phénomène est accepté compte tenu des investissements lourds qu'il faudrait mettre en place pour le supprimer totalement,
- sur des zones cultivées. Mais ces inondations, provoquées par les aménagements mis en place, résultent d'un compromis : continuer à utiliser ces terres agricoles en permettant leur inondation exceptionnelle plutôt que de construire un bassin de rétention en supprimant l'usage agricole.