



HAL
open science

Réalisation du schéma directeur d'assainissement pluvial de la métropole Aix-Marseille Provence (Territoire Marseille Provence)

Silvio Colombet

► **To cite this version:**

Silvio Colombet. Réalisation du schéma directeur d'assainissement pluvial de la métropole Aix-Marseille Provence (Territoire Marseille Provence). Sciences de l'ingénieur [physics]. 2016. dumas-01658937

HAL Id: dumas-01658937

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01658937>

Submitted on 17 Feb 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Réalisation du schéma directeur d'assainissement pluvial de la métropole Aix-Marseille Provence (Territoire Marseille Provence)

Mémoire de fin d'études – Soutenu le 15 Novembre 2016

Stage réalisé du 9 Mai 2016 au 8 Novembre 2016

MASTERE SPECIALISE EAU POTABLE ET ASSAINISSEMENT

Ecole nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg

Stagiaire

Silvio COLOMBET
Mastère Spécialisé EPA
silvio.colombet@engees.eu

Structure d'accueil

setec hydratec – Agence de Vitrolles
5 Chemin des Gorges de Cabriès
13127 VITROLLES

Enseignant référent

Didier BELLEFLEUR
Chargé des relations internationales et
du développement – ENGEES
didier.bellefleur@engees.unistra.fr

Maître de stage

Anne BLONDEL
Ingénieur ENSEEIHT – Project manager
anne.blondel@hydra.setec.fr

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier en premier lieu l'ensemble du personnel de l'agence setec hydratec de Vitrolles pour m'avoir permis de réaliser mon stage de fin d'études à leurs côtés ;

Anne Blondel, ma tutrice au sein de l'entreprise, pour m'avoir encadré tout au long de la réalisation du stage et de la rédaction de ce mémoire, et m'ayant permis de développer certaines connaissances ainsi que d'en acquérir de nombreuses autres dans différents domaines ;

Virginie Mevel, pour m'avoir fait participer à différentes tâches extérieures à mon sujet de stage lesquelles m'ont permis d'avoir un aperçu de la réalisation d'étude dans le domaine de l'AEP ;

Olivier Vento, responsable de l'agence, pour m'avoir intégré dans l'équipe et fait participer aux différentes réunions et autres réflexions de groupe, et permis de découvrir les autres domaines d'activité de setec hydratec ;

Sébastien Delhautal, pour m'avoir fait profiter de ses connaissances dans les domaines de la maîtrise d'œuvre et de la gestion de projet ;

Karine Nis, pour s'être rendue disponible afin de m'aider à finaliser ce mémoire ;

Laurent Montoya, avec qui j'ai notamment pu travailler sur le SDAP, que je remercie particulièrement pour avoir partagé son bureau avec moi durant la plus grande partie du stage, qui m'a permis de me familiariser avec le fonctionnement de l'entreprise à mon arrivée et qui s'est souvent rendu disponible pour m'apporter son aide et ses connaissances.

Je tiens également à remercier mon référent école, M. Didier Bellefleur, pour avoir su se rendre disponible lorsque j'ai eu besoin de ses conseils sur la démarche à adopter pour la réalisation d'une partie de mon étude.

Enfin je remercie Sandra pour ses relectures, corrections et son soutien tout au long de la rédaction de ce rapport.

RESUME

La métropole Aix Marseille Provence a vu le jour en Janvier 2016 suite à la fusion de 6 anciennes intercommunalités regroupant au total 1.8 million d'habitants sur 92 communes. En raison de l'étendue de son territoire, la métropole est divisée en 6 conseils de territoire constituant des organes de gestion décentralisés exerçant différentes compétences transférées par les communes dès Janvier 2016 parmi lesquelles figure la gestion des eaux pluviales. Dans ce contexte, le conseil de territoire Marseille Provence (18 communes) a souhaité se doter d'un outil de gestion opérationnel et homogène sur l'ensemble de son périmètre. A cet effet, le groupement setec hydratec / ACRI-IN a été mandaté dès Décembre 2015 par le conseil de territoire pour la réalisation d'un schéma directeur d'assainissement pluvial sur les 18 communes concernées. Le présent document traite de la réalisation d'une partie de schéma directeur, correspondant aux phases visant à regrouper et compléter les connaissances disponibles sur les différents réseaux, d'un point de vue à la fois qualitatif (enquêtes de terrain) et quantitatif (modélisations hydrologiques et hydrauliques). A la suite d'une présentation des différentes méthodologies employées seront présentés les résultats correspondants. Les enquêtes de terrain ont permis de mettre en évidence un certain nombre d'anomalies structurelles et de fonctionnement des réseaux, dont certaines présentant un risque potentiel pour les biens et personnes ont fait l'objet d'un signalement spécifique. Les travaux de modélisation ultérieurs ont quant à eux permis d'une part de confirmer l'existence des dysfonctionnements relevés sur le terrain ainsi que de les caractériser quantitativement et de proposer certains aménagements correctifs envisageables en première approche. L'étude spécifique de la commune de Marignane constituera le fil conducteur de ce rapport.

Mots-clés : Intercommunalité, compétence, gestion, assainissement, eaux pluviales, schéma directeur, hydrologie, hydraulique, modélisation.

ABSTRACT

Métropole Aix-Marseille Provence was created on January 2016 by grouping 6 old public inter-municipality cooperation establishments representing 1.8 million peoples for 92 municipalities. The Métropole AMP is divided into 6 conseils de territoire representing independent entities with specific competences transferred by municipalities since January 2016, including stormwater management. In this context, conseil de territoire Marseille Provence, has wanted to be supplied with an operational tool for exercise this competence. Setec hydratec and ACRI-IN were asked by conseil de territoire for the creation of a such tool, named storm water management pattern.

This document presents a part of the tool's creation process, including at first an explanation of the different methodologies used. In a second time, fields investigations will be reported, and finally, hydrologic and hydraulics models realized will be presented and commented.

Key-words : Intermunicipality cooperation, stormwater management, hydrology, hydraulic, model.

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| REMERCIEMENTS..... | II |
| RESUME..... | III |
| ABSTRACT..... | IV |
| LISTE DES FIGURES | VII |
| LISTE DES TABLEAUX..... | VIII |
| ABREVIATIONS..... | IX |
| INTRODUCTION | 10 |
| 1. Contexte général et sujet d'étude..... | 10 |
| 2. Présentation de la structure d'accueil..... | 12 |
| I. METHODOLOGIE..... | 13 |
| I.1. Rappel du contexte et des enjeux..... | 13 |
| I.2. Le SDAP : définition et objectifs..... | 15 |
| I.3. Le SDAP du conseil de territoire Marseille Provence..... | 16 |
| I.3.1. Phase 1 : bibliographie, recueil des données et analyse critique..... | 17 |
| I.3.2. Phase 2 : Connaissance du réseau et des ouvrages, enquête de terrain | 22 |
| I.3.3. Phase 3 : Analyse hydrologique..... | 26 |
| I.3.4. Phases 4 et 5 : Découpage en tronçons homogènes et calcul de débits capables / Diagnostic pluvial..... | 30 |
| II. PHASE 2 : CONNAISSANCE DU RESEAU ET DES OUVRAGES, ENQUETES DE TERRAIN .. | 39 |
| II.1. Préparation et organisation des données topographiques..... | 39 |
| II.2. Réalisation des enquêtes terrain | 44 |
| II.2.1. Démarche générale | 44 |
| II.2.2. Focus sur la commune de Marignane | 46 |
| III. PHASE 3 : ANALYSE HYDROLOGIQUE..... | 52 |
| III.1. Analyse pluviométrique globale | 52 |
| III.2. Analyse pluviométrique appliquée à la commune de Marignane | 54 |
| III.2.1. Choix et caractérisation des pluies de calage | 54 |
| III.2.2. Construction des pluies de projet..... | 55 |
| III.3. Détermination et caractérisation des bassins versants : | 56 |
| IV. PHASES 4 ET 5 : MODELISATION HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE DU RESEAU DE MARIGNANE | 58 |
| IV.1. Données d'entrée | 58 |
| IV.2. Calage du modèle | 60 |
| IV.3. Diagnostic capacitaire | 62 |

| | |
|---|-----------|
| IV.3.1. Quartier de la Ponsarde..... | 62 |
| IV.3.2. Secteur du collège / centre technique municipal | 66 |
| IV.3.3. Secteur Parc Beaulieu / Rue Marius Ruinat..... | 70 |
| IV.4. Chiffrage des aménagements proposés | 72 |
| CONCLUSION | 74 |
| BIBLIOGRAPHIE..... | 76 |
| ANNEXES | 78 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|-----------|
| <i>Figure 1. Localisation de la métropole AMP (Source marseille-provence.fr)</i> | <i>10</i> |
| <i>Figure 2. Organisation des instances de la métropole AMP (Source marseille-provence.fr)</i> | <i>11</i> |
| <i>Figure 3. Localisation du conseil de territoire Marseille Provence (Source marseille-provence.fr).....</i> | <i>13</i> |
| <i>Figure 4. Diagramme ombrothermique de Marseille (Source fr.climate-data.org)</i> | <i>14</i> |
| <i>Figure 5. Détermination du chemin d'écoulement privilégié sous SIG</i> | <i>25</i> |
| <i>Figure 6. Exemple de pluie de projet double triangle (Source: Guide du Certu, 2003).....</i> | <i>33</i> |
| <i>Figure 7. Schématisation du modèle à réservoir linéaire (Source : Guide du Certu, 2003)</i> | <i>35</i> |
| <i>Figure 8. Schématisation du domaine filaire modélisé par Hydracity (Source: Manuel d'analyse setec hydratec)</i> | <i>37</i> |
| <i>Figure 9. Concept de modélisation sous Hydracity appliqué aux réseaux d'assainissement (Source: Manuel d'analyse setec hydratec).....</i> | <i>38</i> |
| <i>Figure 10. Exemple de rendu cartographique de phase 2 : réseau pluvial de Marignane</i> | <i>43</i> |
| <i>Figure 11. Carte de localisation des différents éléments relevés lors des enquêtes terrain réalisées sur la commune de Marignane</i> | <i>47</i> |
| <i>Figure 12. Photographie du bassin de rétention aval.....</i> | <i>48</i> |
| <i>Figure 13. Vue aérienne du secteur et photographie de la zone de débordements.....</i> | <i>49</i> |
| <i>Figure 14. Effondrement d'une partie de la voirie Rue Marius Ruinat.....</i> | <i>50</i> |
| <i>Figure 15. Courbes IDF obtenues pour la station de Marignane (Source : Rapport setec hydratec)</i> | <i>52</i> |
| <i>Figure 16. Comparaison des données pluviométriques SERAMM et Météo France – Analyse par la méthode du renouvellement (Source : Rapport setec hydratec).....</i> | <i>53</i> |
| <i>Figure 17. Caractérisation des pluies de calage à partir des courbes IDF de la station Météo France de Marignane</i> | <i>55</i> |
| <i>Figure 18. Représentation graphique des pluies de projet double triangle construites pour Marignane</i> | <i>56</i> |
| <i>Figure 19. Carte illustrant la disponibilité des données topographiques du réseau de Marignane.....</i> | <i>58</i> |
| <i>Figure 20. Représentation du réseau modélisé sous Hydracity.....</i> | <i>59</i> |
| <i>Figure 21. Localisation des zones ayant subi des débordements suite à la pluie du 19/09/2009.....</i> | <i>60</i> |
| <i>Figure 22. Vue en plan du modèle du réseau de Marignane – Résultats de calage.....</i> | <i>61</i> |
| <i>Figure 23. Localisation des branches débordantes – Secteur de la Ponsarde.....</i> | <i>62</i> |
| <i>Figure 24. Profil en long des branches 2,3 et 4 – Secteur de la Ponsarde – Situation actuelle</i> | <i>63</i> |
| <i>Figure 25. Profil en long des branches 2,3 et 4 après redimensionnement – Secteur de la Ponsarde ..</i> | <i>64</i> |
| <i>Figure 26. Profil en long de la branche 6 – Secteur de la Ponsarde – Situation actuelle</i> | <i>65</i> |
| <i>Figure 27. Profil en long de la branche 6 après redimensionnement – Secteur de la Ponsarde</i> | <i>66</i> |
| <i>Figure 28. Localisation des branches débordantes – Secteur collègue</i> | <i>66</i> |
| <i>Figure 29. Profil en long de la branche 2 – Secteur collègue.....</i> | <i>67</i> |
| <i>Figure 30. Profil en long de la branche 1 – Secteur collègue.....</i> | <i>67</i> |
| <i>Figure 31. Profil en long de la branche 3 – Secteur collègue.....</i> | <i>68</i> |
| <i>Figure 32. Profil en long de la branche 1 après redimensionnement – Secteur collègue.....</i> | <i>69</i> |
| <i>Figure 33. Profil en long de la branche après redimensionnement – Secteur collègue.....</i> | <i>69</i> |
| <i>Figure 34. Profil en long de la branche 3 après redimensionnement – Secteur collègue.....</i> | <i>70</i> |
| <i>Figure 35. Localisation des branches débordantes secteur Parc Beaulieu / Marius Ruinat.....</i> | <i>70</i> |
| <i>Figure 36. Profil en long de la conduite principale – Secteur Parc Beaulieu / Marius Ruinat</i> | <i>71</i> |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|-----------|
| <i>Tableau 1. Synthèse des données communales disponibles (Source: Rapport de phase 1, setec hydratec / ACRI-IN).....</i> | <i>20</i> |
| <i>Tableau 2. Techniques de gestion des eaux pluviales (Source: rapport de phase 1, setec hydratec / ACRI-IN)</i> | <i>21</i> |
| <i>Tableau 3. Format des différentes tables composant la BD réseau (Source : Rapport de phase 2 setec hydratec / ACRI-IN).....</i> | <i>40</i> |
| <i>Tableau 4. Bilan quantitatif par catégories de réseaux (Source : rapport de phase 2, setec hydratec, ACRI-IN)</i> | <i>42</i> |
| <i>Tableau 5. Bilan quantitatif des ouvrages de rétention (Source : rapport de phase 2, setec hydratec / ACRI-IN)</i> | <i>42</i> |
| <i>Tableau 6. Répartition des communes par grand bassin versant (Source : rapport de phase 2, setec hydratec / ACRI-IN).....</i> | <i>44</i> |
| <i>Tableau 7. Synthèse des fiches réalisées par commune et par catégorie</i> | <i>45</i> |
| <i>Tableau 8. Synthèse des ouvrages / singularités relevés sur la commune de Marignane</i> | <i>46</i> |
| <i>Tableau 9. Synthèse des dysfonctionnements relevés sur la commune de Marignane</i> | <i>48</i> |
| <i>Tableau 10. Synthèse des anomalies rencontrées au niveau des exutoires de Marignane</i> | <i>50</i> |
| <i>Tableau 11. Calcul des sections théoriques nécessaires des branches 2,3 et 4 – Secteur de la Ponsarde</i> | <i>64</i> |
| <i>Tableau 12. Diamètres retenus pour les branches 2, 3 et 4 – Secteur de la Ponsarde.....</i> | <i>64</i> |
| <i>Tableau 13. Calcul des sections théoriques nécessaires de la branche 6 – Secteur de la Ponsarde.....</i> | <i>65</i> |
| <i>Tableau 14. Calcul des sections théoriques nécessaires des branches 1, 2 et 3 – Secteur collège.....</i> | <i>68</i> |
| <i>Tableau 15. Calcul des sections théoriques nécessaire de la branche principale – Secteur Parc Beaulieu / Marius Ruinat.....</i> | <i>71</i> |
| <i>Tableau 16. Chiffrage des aménagements proposés – Secteurs de la Ponsarde et du collège.....</i> | <i>72</i> |

ABREVIATIONS

AMP : Aix Marseille Provence

MAPTAM : Modernisation de l'action publique et affirmation des métropoles

NOTRe : Nouvelle organisation territoriale de la république

MP : Marseille Provence

EPCI : Etablissement public de coopération intercommunale

SDAP : Schéma directeur d'assainissement pluvial

DEAP : Direction de l'eau, de l'assainissement et du pluvial

CCTP : Cahier des clauses techniques particulières

CGCT : Code général des collectivités territoriales

PLU : Plan local d'urbanisme

PLUI : Plan local d'urbanisme intercommunal

GEMAPI : Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations

DERU : Directive européenne des eaux résiduaires urbaines

DCE : Directive européenne cadre sur l'eau

IOTA : Installations, ouvrages, travaux, aménagements

LEMA : Loi sur l'eau et les milieux aquatique

SDAGE : Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux

RMC : Rhône Méditerranée Corse

PPRI : Plan de prévention des risques d'inondations

SIG : Système d'information géographique

EP : Eaux pluviales

MNT : Modèle numérique de terrain

SERAMM : Service d'assainissement de Marseille métropole

INTRODUCTION

1. Contexte général et sujet d'étude

La création de la métropole Aix Marseille Provence (AMP) a été actée le 1^{er} Janvier 2016 conformément aux dispositions réglementaires prévues par la Loi MAPTAM (modernisation de l'action publique et affirmation des métropoles) du 27 Janvier 2014, modifiée par la Loi NOTRe (nouvelle organisation territoriale de la république), du 8 Août 2015. La métropole AMP regroupe le territoire de 6 anciennes intercommunalités transformées en conseils de territoire : Marseille Provence (MP), Pays d'Aix, Pays Salonais, Pays d'Aubagne et de l'Etoile, Pays de Martigues et Istres Ouest Provence représentant au total 92 communes pour 1,8 million d'habitants soit 93% de la population des Bouches du Rhône (Cf. Figure 1).



Figure 1. Localisation de la métropole AMP (Source marseille-provence.fr)

La constitution de la métropole AMP par fusion de 6 anciens EPCI (établissements publics de coopération intercommunale) représente une situation juridique jusqu'ici inédite. Les conseils de territoires créés sur la base des anciens EPCI deviennent des organes de gestion déconcentrés, leurs biens, droits, obligations et personnels étant désormais gérés par la métropole AMP. Par ailleurs, la loi définit un ensemble de compétences obligatoires ou optionnelles devant être exercées par la métropole AMP. L'aménagement de l'espace métropolitain, le développement socio-économique et culturel, la politique locale de l'habitat ou encore la gestion des services d'intérêt collectif représentent une partie des compétences obligatoires devant être transférées à la métropole AMP. Cependant, au vu de la complexité d'une telle réorganisation administrative, la loi a fixé une période de transition entre 2016 et 2020, durant laquelle les transferts de compétences entre les communes, les anciens EPCI et la métropole AMP devront être organisés progressivement.

Par ailleurs, dans l'optique d'une gestion territoriale à échelle cohérente, les conseils de territoire pourront se voir réattribuer par la métropole AMP après la période de transition certaines compétences déléguées par leurs communes respectives.

La Figure 2 illustre le fonctionnement juridique de la métropole AMP effectif depuis Mars 2016.



Figure 2. Organisation des instances de la métropole AMP (Source marseille-provence.fr)

Parmi les compétences demeurant de la responsabilité des conseils de territoire jusqu'en 2020 se trouve la gestion des services d'intérêt collectif, intégrant la gestion des réseaux d'assainissement et d'eau pluviale. Le conseil de territoire Marseille Provence est donc le gestionnaire de ces réseaux sur les 18 communes correspondantes depuis le 1^{er} Janvier 2016, le transfert de compétence entre les communes et l'ancienne communauté urbaine Marseille Provence Métropole (MPM) n'ayant été que partiellement réalisé auparavant. La direction de l'eau, de l'assainissement et du pluvial (DEAP) constitue le service en charge de cette compétence au sein du conseil de territoire Marseille Provence.

En raison du linéaire de réseau concerné, de l'étendue du territoire ainsi que de la disparité existante des modes de gestion des réseaux pluviaux dans les différentes communes (délégation de service public ou régie), le conseil de territoire Marseille Provence a souhaité disposer d'un outil de gestion homogène de ces réseaux. Par ailleurs, une attente fondamentale du conseil de territoire se trouve dans la création d'une base de données exhaustive recensant l'ensemble du patrimoine réseau dont la gestion lui incombe désormais.

Afin de répondre à ces attentes, le groupement setec hydratec / ACRI-IN a été mandaté en Décembre 2015 pour la réalisation d'un schéma directeur d'assainissement pluvial (SDAP) sur les 18 communes membres du conseil de territoire Marseille Provence. En tant que mandataire, setec hydratec se chargera des tâches globales, ACRI-IN interviendra en assistance sur certaines phases. La DEAP constitue le représentant du maître d'ouvrage et, à ce titre, assure le pilotage de la mission, réceptionne et valide les rendus des différentes phases de réalisation du SDAP.

Le stage effectué au sein de l'agence setec hydratec de Vitrolles faisant l'objet de ce mémoire a porté sur la réalisation d'une partie de ce SDAP, correspondant aux phases 2 à 5 définies dans le cahier des clauses techniques particulières (CCTP). Le contenu du stage s'est notamment composé de reconnaissances de terrain, de productions cartographiques et de modélisation numérique de réseaux (un descriptif détaillé du travail réalisé sera réalisé en première partie). Compte tenu de l'étendue du territoire d'étude et du temps imparti, la partie correspondant à la modélisation numérique et la proposition d'aménagements correctifs présentée ici ne concerne que la commune de Marignane, ce qui sera développé par la suite. Cependant, la démarche engagée auprès des 17 autres communes par la suite sera strictement identique.

Le présent rapport sera composé d'une première partie présentant les objectifs d'un SDAP ainsi que la méthodologie générale employée pour la réalisation des différentes phases de celui-ci. Les 2 parties suivantes s'attarderont à décrire les travaux réalisés et les résultats produits au cours du stage dans le cadre du SDAP du territoire Marseille Provence. Enfin, une conclusion synthétisant les principaux résultats produits ainsi que proposant d'éventuelles perspectives d'approfondissement de certains aspects sera exposée.

2. Présentation de la structure d'accueil

Le groupe setec, fondé en 1957, est organisé en filiales spécialisées dans différents domaines techniques : infrastructures de transport, travaux publics, bâtiment, géotechnique, matériaux, ingénierie ferroviaire, ingénierie de l'eau. Le nom du groupe est associé à plusieurs projets d'envergure tels que le tunnel sous la Manche, le viaduc de Millau, le tunnel de Fréjus, le métro de Macao ou plus récemment la fondation Louis Vuitton à Paris.

Parmi ces filiales, setec hydratec, fondé en 1974, est un bureau d'études techniques spécialisé dans les différents domaines de l'ingénierie de l'eau : traitement des eaux, hydrogéologie, hydromorphologie, hydraulique urbaine, fluviale et maritime.

La diversité des compétences de ses salariés permet à setec hydratec de proposer à ses clients une large gamme de prestations, depuis la réalisation d'études générales (schémas directeurs, diagnostics, dossiers réglementaires) à la maîtrise d'œuvre ou l'assistance à maîtrise d'ouvrage (études de faisabilité, dossiers de consultation des entreprises, suivi de travaux et opérations de réception).

Par ailleurs, setec hydratec développe en interne ses propres logiciels de modélisation depuis une trentaine d'années, que ce soit pour des études d'hydraulique urbaine ou fluviale, d'hydrologie ou encore d'aérodynamique. Aujourd'hui commercialisés, ces logiciels confèrent à setec hydratec un atout supplémentaire pour l'appréhension de systèmes complexes.

La société setec hydratec est composée de plusieurs agences réparties sur l'ensemble du territoire français : Paris (siège), Strasbourg, Angers, Toulouse, Lyon et Vitrolles. Chaque agence est autonome et possède les compétences nécessaires à la réalisation des différentes prestations proposées par setec hydratec, ce qui n'exclut pas la coopération inter agences pour les travaux les plus conséquents.

En 2015, la société comptait 140 salariés et a réalisé un chiffre d'affaire de 13 millions d'euros, assuré à 90% par des clients publics.

L'agence de Vitrolles se compose d'une équipe de 5 ingénieurs (4 chargés d'études et 1 attaché d'études) et d'une assistante. Leurs domaines de compétences recouvrent la réalisation d'études techniques, l'assistance à maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre dans les domaines de l'hydraulique urbaine (diagnostic et conception de réseaux et d'ouvrages de stockage), fluviale (gestion dynamique des crues, gestion d'ouvrages hydrauliques), l'hydromorphologie (renaturation de cours d'eau, continuité écologique) et le traitement des eaux (conception de station d'épuration, d'usine de production d'eau potable, dépollution des eaux pluviales). L'ensemble de ces savoir-faire permet à l'équipe de Vitrolles de répondre à une large gamme d'offres principalement pour des clients publics (services déconcentrés de l'Etat, collectivités locales, établissements publics de type syndicats mixtes...).

I. METHODOLOGIE

Après un bref rappel du contexte local et des enjeux associés, la présente partie comportera une description des objectifs d'un SDAP ainsi que la méthodologie de travail employée au cours de ce stage pour la réalisation des différentes phases d'étude fixées par le CCTP.

I.1. Rappel du contexte et des enjeux

Au sein de la métropole AMP, le périmètre du conseil de territoire Marseille Provence comprend 18 communes, anciennement membres de la communauté urbaine MPM à savoir : Allauch, Carnoux en Provence, Carry le Rouet, Cassis, Ceyreste, Châteauneuf les Martigues, Ensues la Redonne, Gémenos, Gignac la Nerthe, La Ciotat, Le Rove, Marignane, Marseille, Plan de Cuques, Roquefort la Bédoule, Saint Victoret, Sausset les Pins et Septèmes les Vallons. Ces 18 communes concentrent environ 1 million d'habitants (dont 800 000 pour Marseille) soit plus de la moitié de la population totale de la Métropole AMP et occupent une superficie de 600 km² (Cf. Figure 3).



Figure 3. Localisation du conseil de territoire Marseille Provence (Source marseille-provence.fr)

Le territoire est soumis à un climat de type méditerranéen, principalement caractérisé par des températures douces en hiver, chaudes à très chaudes en été ainsi que par une pluviométrie essentiellement marquée au printemps et en automne (Cf. Figure 4). Ces caractéristiques de température et de pluviométrie induisent une période de sécheresse entre le mois de Juin et le mois d'Août (zone en jaune sur la Figure 4).

Par ailleurs, les précipitations sous climat méditerranéen se manifestent fréquemment sous forme d'orages d'intensité parfois très importante (épisodes cévenols), pouvant apporter localement en quelques heures l'équivalent de plusieurs mois de précipitations. Cette caractéristique est particulièrement marquée dans les départements du Sud de la France, du fait de la présence de massifs montagneux proches de la mer, retenant les flux d'air chaud et humide de Sud-Est et de Sud-Ouest [Desbordes, 1992].

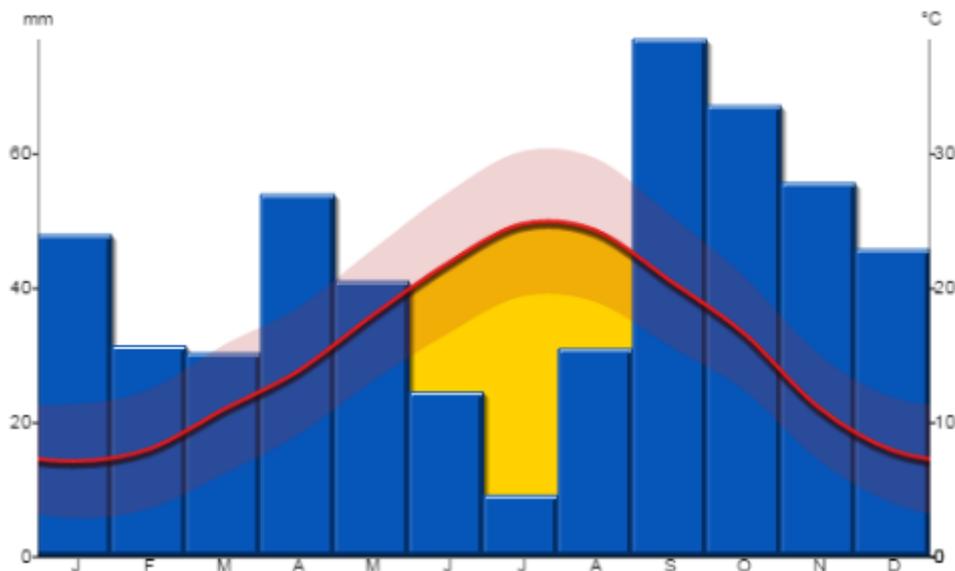


Figure 4. Diagramme ombrothermique de Marseille (Source fr.climate-data.org)

Ces événements, parfois qualifiés d'extrêmes, causent régulièrement des inondations par ruissellement ou par débordement de cours d'eau. La région de Marseille est soumise à cet aléa, les dernières inondations importantes datant de Septembre 2000 (cumul de pluie de 200mm en 24 heures), Décembre 2003, Octobre 2009, Novembre 2014 et Septembre 2015 (ville de Cassis).

La principale difficulté dans la gestion du risque inondation en milieu méditerranéen réside dans le fait que les événements pluvieux associés (orages) sont relativement complexes à anticiper en termes d'intensité et de localisation. D'autre part, ces pluies caractérisées par des cumuls importants sur de faibles durées, provoquent des réponses généralement très rapides (1 à quelques heures) des bassins versants et des cours d'eau, ce qui ne permet pas l'anticipation du risque et l'organisation des moyens de gestion.

Les milieux urbains sont particulièrement sensibles aux inondations par ruissellement pluvial, uniquement induites par l'écoulement de surface des eaux précipitées sur une agglomération et / ou sur ses bassins versants périphériques [CERTU, 2006]. Ces eaux empruntent des chemins d'écoulement préférentiels (thalwegs, réseaux hydrographiques naturels ou artificiels) et sont par la suite évacuées en tout ou partie par le réseau et / ou la voirie de l'agglomération concernée. Ce type d'inondation présente la particularité d'être issu d'un événement pluvieux localisé dans l'espace et dans le temps, de type orage ou événement extrême. Lorsque l'intensité d'une pluie dépasse la capacité d'infiltration du sol, la quasi-totalité de l'eau précipitée va ruisseler à la surface, indépendamment du taux de saturation en eau du sol (ruissellement hortonien). Le phénomène de ruissellement sera d'autant plus accentué par un taux élevé d'imperméabilisation des sols (excepté pour les sols déjà saturés en eau), comme rencontré sur des bassins versants urbains ou péri-urbains. De par leur contexte climatique, les milieux urbains méditerranéens sont particulièrement exposés au risque d'inondation par ruissellement pluvial. Certaines communes du conseil de territoire Marseille Provence (Le Rove, Ensues la Redonne, Carry le rouet, Cassis) présentent certains facteurs aggravants liés à leur configuration topographique : zones urbanisées situées en contrebas de versants rocheux, pentes importantes, présence de points bas favorisant l'accumulation d'eau. Outre l'action du réseau pluvial, parfois insuffisante, pour l'évacuation des eaux de ruissellement, certaines techniques de gestion dites « alternatives » permettent de réduire les volumes ruisselés entrant dans le réseau. Certaines de ces techniques seront abordées dans la suite de cette partie.

Le conseil de territoire Marseille Provence présente de nombreux enjeux, économiques, démographiques ou encore naturels (Cf. Annexe 1). Abrisant plus d'un million d'habitants, la protection de ces derniers face au risque inondation constitue une priorité pour le gestionnaire des infrastructures pluviales : réseaux et bassins de rétention. Les zones d'activités industrielles et commerciales constituent également un enjeu majeur au regard de leur rôle économique pour la région : aéroport de Marseille Provence (Marignane), zones d'activités (Marseille, Marignane, Saint Victoret, Châteauneuf les Martigues, Gémenos). Certaines industries localisées dans ces secteurs (raffinerie de la Mède ou usine Arkema à Marseille) représentent un enjeu supplémentaire de par la nature de leurs activités, pouvant engendrer un risque important pour l'environnement en cas de dommages consécutifs à une inondation. Plusieurs espaces naturels remarquables sont également présents sur le territoire, notamment le parc national des Calanques ou les forêts la Côte Bleue, qu'il convient de préserver vis-à-vis de toute dégradation anthropique.

La gestion des eaux pluviales sur le périmètre du conseil de territoire Marseille Provence constitue donc une problématique de premier ordre, qui doit être abordée de manière exhaustive et homogène. La réalisation d'un SDAP unique pour l'ensemble du territoire doit permettre au gestionnaire de disposer d'un outil opérationnel pour répondre à cette problématique.

I.2. Le SDAP : définition et objectifs

Un SDAP est un outil opérationnel de planification d'études et de travaux dans le cadre d'une prise en compte globale de l'assainissement pluvial, à destination d'un gestionnaire de réseau (collectivité ou groupement de collectivités, syndicat mixte de gestion...). Il est généralement réalisé par une collectivité lors de l'élaboration de son zonage d'assainissement, défini à l'article L2224-10 du code général des collectivités territoriales (CGCT), en préalable à la conception de son programme d'assainissement, défini à l'article R2224-9 du CGCT [CERTU, 2003]. Bien qu'obligatoires, il n'existe aucun délai ni sanction imposés en cas de non production de ces documents par les collectivités. Un SDAP peut toutefois être réalisé indépendamment à la demande d'un maître d'ouvrage, dans l'objectif d'établir un zonage pluvial strict, visant à encadrer certaines pratiques d'urbanisation notamment. Le zonage pluvial est en effet généralement intégré par la suite au plan local d'urbanisme (PLU) de la collectivité conformément à l'article L123-1 du code de l'urbanisme, et peut imposer certaines prescriptions telles que :

- la limitation de rejet à la parcelle à x/l/s/ha ou l'infiltration d'une lame d'eau donnée
- un principe technique de gestion des eaux pluviales (infiltration, stockage temporaire, type de réseau)
- éventuels traitements à appliquer avant rejet

Un SDAP peut donc répondre à différents objectifs, selon la volonté et les attentes de son commanditaire. En conséquence, il n'existe pas de méthodologie exhaustive unique de réalisation d'un tel document, cependant 3 étapes principales peuvent être dégagées et complétées différemment selon les attentes du maître d'ouvrage et le contexte local [GRAIE, 2011]. Ces 3 étapes se composent :

- d'une synthèse des données disponibles sur le territoire (schémas directeurs précédents, cartographie, éléments réglementaires, connaissances locales) : **étape 1**

- d'un diagnostic du fonctionnement actuel du système étudié, d'un point de vue hydraulique et qualitatif (enquêtes de terrain, mise en évidence de pressions actuelles ou à venir, campagnes de mesures) : **étape 2**
- de l'élaboration de prescriptions techniques / d'un programme d'actions pour remédier aux problèmes rencontrés : **étape 3**

Sur la base de ces 3 phases structurantes viennent s'ajouter un certain nombre d'étapes secondaires en fonction des principaux objectifs poursuivis par le maître d'ouvrage (élaboration d'un zonage pluvial, connaissance approfondie des réseaux / gestion patrimoniale, gestion du risque de ruissellement, ...) et des particularités locales (milieu urbain, rural ou intermédiaire, réseau séparatif, unitaire ou pseudo séparatif).

I.3. Le SDAP du conseil de territoire Marseille Provence

Le conseil de territoire Marseille Provence, par l'intermédiaire de la DEAP, a fourni au prestataire setec hydratec un CCTP détaillé présentant les différentes phases de réalisation attendues dans l'élaboration du SDAP. Les attentes de la DEAP sont multiples, le SDAP devant permettre, entre autres :

- de se donner une connaissance de référence homogène sur l'ensemble des communes du territoire
- de se donner des outils de gestion des eaux pluviales sur l'ensemble des communes du territoire : plan local d'urbanisme intercommunal (PLUI), fiches travaux classées par ordre de priorité, programmation sur 5 et 10 ans
- à la DEAP de s'imprégner des problématiques de gestion des eaux pluviales sur l'ensemble des communes du conseil de territoire autres que Marseille (la gestion des eaux pluviales sur la commune de Marseille ayant toujours été du ressort de la DEAP par convention depuis la création de la communauté urbaine MPM)
- de mener une réflexion sur la future gouvernance de la compétence gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations (GEMAPI) au sein de la métropole AMP

Comme mentionné précédemment, l'acquisition d'une connaissance exhaustive de l'ensemble des réseaux, des ouvrages ainsi que de leurs caractéristiques respectives constitue l'attente immédiate du maître d'ouvrage dans le contexte du transfert de la compétence de gestion des eaux pluviales par les communes.

Afin de satisfaire à ces attentes, le CCTP transmis par la DEAP fixe 9 phases autour desquelles doit s'articuler la réalisation du SDAP, à savoir :

- **Phase 1** : Bibliographie, recueil des données et analyse critique
- **Phase 2** : Connaissance du réseau et des ouvrages, enquête de terrain
- **Phase 3** : Analyse hydrologique
- **Phase 4** : Découpage en tronçons homogènes et calculs de débits capables
- **Phase 5** : Diagnostic pluvial
- **Phase 6** : Définition des zones inondables complémentaires
- **Phase 7** : Analyse et mesure de la qualité des eaux, recommandations
- **Phase 8** : Proposition de réglementations type PLUI
- **Phase 9** : Enjeux et propositions d'aménagements

Le CCTP impose également la rédaction d'un rapport de conclusion à la suite de chacune des phases mentionnées ci-dessus, ainsi que l'organisation de réunions de travail intermédiaires entre le prestataire et des représentants de la DEAP (ainsi que d'autres services du conseil de territoire si nécessaire). Des rendus provisoires peuvent également être demandés par la DEAP lors de la réalisation des phases de travail les plus conséquentes, afin d'y intégrer d'éventuelles remarques ou de proposer de nouveaux axes de réflexion.

Le sujet du stage de fin d'études faisant l'objet de ce mémoire porte sur la réalisation totale ou partielle des phases 2 à 5 (et 9 pour la commune de Marignane). Les paragraphes suivants seront dédiés à la description des méthodologies de travail employées pour satisfaire à ces objectifs.

I.3.1. Phase 1 : bibliographie, recueil des données et analyse critique

Cette partie s'attache à synthétiser les principaux éléments mis en évidence lors de la phase 1, celle-ci constituant un prérequis nécessaire à la réalisation de la suite de l'étude.

A. Contexte réglementaire général

En droit français comme européen, la gestion des eaux pluviales est encadrée et s'inscrit généralement dans un contexte de protection des milieux naturels et de gestion du risque inondation par ruissellement. De ces principes découlent différents textes réglementaires sur lesquels s'appuient communes et intercommunalités pour établir leurs politiques d'aménagement et de gestion des eaux pluviales.

Au niveau européen, les principales directives impactant la gestion des eaux pluviales sont les suivantes :

- **directive européenne des eaux résiduaires urbaines (DERU) du 21 Mai 1991** : concerne les eaux pluviales lorsque celles-ci sont mélangées eaux usées dans les réseaux unitaires. *Les 18 communes de conseil de territoire Marseille Provence possédant des réseaux séparatifs (excepté le centre-ville de Marseille, exclus de l'étude), cette directive ne sera pas prise en compte.*
- **directive européenne cadre sur l'eau (DCE) du 20 Octobre 2000** : introduit une politique commune dans le domaine de l'eau et fixe des objectifs d'atteinte de « bon état » des masses d'eau à l'horizon 2015. Des normes de qualité des rejets d'eaux pluviales peuvent être imposées selon la sensibilité du milieu récepteur. *L'étang de Bolmon, localisé sur le territoire d'étude et recevant des rejets pluviaux, est notamment concerné.*
- **directive européenne relative à la qualité des eaux de baignade du 15 Janvier 2006** : fixe également des objectifs de qualité à atteindre pour les milieux récepteurs abritant des loisirs aquatiques. *Les communes littorales de la zone d'étude possédant des exutoires pluviaux sur des plages sont concernées.*
- **directive cadre stratégie milieu marin du 17 Juin 2008** : définit un programme et des objectifs pour la prévention et la conservation du milieu marin.

Au niveau national, les principaux textes relatifs à la gestion des eaux pluviales applicables sont les suivants :

- **le code civil (articles 640, 641 et 681)** fixant le régime juridique des eaux pluviales applicable aux propriétaires.
- **le code de l'environnement (articles R214-1 à R-214-56)** définissant la liste des installations, ouvrages, travaux, aménagements (IOTA) soumis à autorisation ou déclaration auprès des services de la police de l'eau. *Les rejets d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles, sur le sol ou dans le sous-sol font partie de la liste des IOTA.*
- **le CGCT (articles L2224-1, L2224-10, L2224-12)** établissant la notion de service public de gestion des eaux pluviales à la charge des communes ainsi que l'obligation de celles-ci d'établir sur leur territoire un zonage ainsi qu'un règlement d'assainissement.
- **le code de l'urbanisme (articles R111-8 et R431-9)** précisant les conditions de raccordement aux réseaux d'assainissement des projets d'aménagement.
- **la loi sur l'eau du 3 Janvier 1992 (article 35)** introduisant la notion de zonage pluvial, déterminé au niveau communal après enquête publique (document facultatif).
- **la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) du 30 Décembre 2006 (article 48)** introduisant une taxe « eau pluviale », aujourd'hui abrogée.
- **arrêté du 22 Juin 2007 relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées (articles 5 et 7)** traitant des interactions entre les réseaux d'eaux pluviales et les réseaux d'assainissement, remplacé par l'arrêté du 21 Juillet 2015.
- **arrêté du 21 Juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO₅ (article 5)** reprenant les principes de l'arrêté du 22 Juin 2007 et introduisant le principe de la gestion en amont des eaux pluviales dans le cas des réseaux de collecte en tout ou partie unitaires.

B. Bibliographie et réglementations locales

Au niveau local, il existe plusieurs documents traitant de la gestion des eaux pluviales et des différents enjeux qui lui sont associés. La plupart sont issus des différentes réglementations citées ci-dessus déclinées à différentes échelles locales : grand bassin hydrographique, bassin versant, intercommunalité ou commune. Les principaux sont les suivants :

- **schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE)** : Etablis au niveau des 6 grands bassin hydrographiques français, les SDAGE sont des documents de planification instaurés par la loi sur l'eau du 3 Janvier 1992 définissant des orientations fondamentales pour la gestion de l'eau. Sur le bassin Rhône Méditerranée Corse (RMC), le SDAGE en vigueur est effectif depuis Décembre 2015 et ce jusqu'en 2021. La maîtrise des eaux pluviales fait partie des enjeux majeurs de ce SDAGE et apparaît dans les thématiques « inondations »,

« pollution », et « gestion de la ressource ». *A titre d'exemple, la disposition 8-05 du SDAGE RMC, intitulée « limiter le ruissellement à la source », impose aux documents d'urbanisme de retranscrire certaines prescriptions telles que : favoriser l'infiltration des eaux pluviales à la parcelle, limiter l'extension des surfaces imperméabilisées ou encore favoriser les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales.*

- **plan de prévention des risques d'inondations (PPRI) :** Les PPRI sont des outils réglementaires établis au niveau communal ou intercommunal par la préfecture de département en association avec les services déconcentrés de l'Etat. L'objectif d'un PPRI consiste à délimiter des zones exposées au risque d'inondations ainsi que d'évaluer le niveau de risque encouru par chacune de ces zones, par identification des enjeux présents. Une réglementation visant à limiter ou proscrire certains aménagements ou activités ainsi qu'un programme de mesures de protection et de sauvegarde concernant les zones délimitées doit ensuite être élaborée par la / les collectivité(s) concernée(s). Dans le cas d'un PPRI traitant du risque d'inondations par ruissellement pluvial, des dispositions peuvent être prises pour encadrer les pratiques d'aménagement : limitation de rejet à la parcelle, rétention sur site, normes constructives spécifiques. *Sur le territoire d'étude, il existe des PPRI sur les communes de Cassis, Marignane, Saint Victoret, Plan de Cuques et Septèmes les Vallons.*
- **PLU :** Etablis à l'échelle communale ou intercommunale (PLUI), les PLU peuvent contenir dans leur règlement des prescriptions sur les eaux pluviales opposables aux aménageurs, découlant d'un SDAP ou d'un zonage pluvial, entre autres. *A titre d'exemple, le PLU de la ville de Marseille impose des restrictions de construction au niveau des thalwegs présents sur son territoire, du fait qu'ils constituent des axes d'écoulement des eaux privilégiés. Une marge de recul de 6m doit ainsi être respectée entre le fond du thalweg et toute construction riveraine.*
- **contrat de baie de Marseille :** Un contrat de milieu (contrat de rivière, de nappe, de baie) est un document issu d'une initiative d'acteurs locaux (communes, EPCI, syndicats mixtes, associations) impliqués dans la gestion d'un milieu aquatique commun. Sur une base contractuelle, généralement de 5 ou 6 ans, l'objectif est d'établir un programme d'actions visant à répondre à différents enjeux : restauration de la fonctionnalité ou de la qualité d'un milieu aquatique, gestion des inondations, valorisation patrimoniale. Ces documents n'ont toutefois aucune valeur réglementaire ou juridique. Le contrat de baie de Marseille est issu de la volonté d'améliorer la qualité des eaux de baignade et des milieux littoraux. Des actions telles que la construction de bassins de rétention sur la partie unitaire du réseau de Marseille ont ainsi été programmées.
- **contrat de rivière du bassin versant de l'Huveaune :** De manière analogue au contrat de baie de Marseille, ce contrat de rivière prévoit un ensemble d'actions visant à la reconquête de la qualité et de la fonctionnalité de l'Huveaune. Concernant la gestion des eaux pluviales, le contrat prévoit notamment la mise en œuvre d'actions prescrites dans les schémas directeurs pluviaux ainsi que la mise en œuvre d'un projet de recherche en phytoépuration appliquée aux eaux ruisselées sur voiries.
- **guide de prescriptions générales réseaux humides et bassins de rétention :** Document rédigé par la DEAP applicable au conseil de territoire Marseille Provence depuis 2016 énonçant un certain nombre de prescriptions techniques à respecter en matière de gestion

de réseaux et d'ouvrages. Concernant les eaux pluviales, le guide impose différentes règles pour la construction de réseaux (diamètre minimum, matériaux autorisés, pente minimale / maximale, type et densité d'avaloirs...). Les rejets vers les réseaux pluviaux doivent également respecter des valeurs limites en termes de qualité, et les bassins de rétention doivent être à minima dimensionnés pour une pluie décennale. La liste complète des prescriptions relatives aux eaux pluviales est disponible en annexe 2.

Par ailleurs, des documents communaux relatifs à la gestion des eaux pluviales ont été centralisés par la DEAP dans le cadre du transfert de compétence. Ces documents, également transmis au prestataire setec hydratec, regroupent principalement des plans de réseaux, des anciens SDAP, des PPRI le cas échéant. Le Tableau 1 présente une synthèse des documents disponibles par commune.

Tableau 1. Synthèse des données communales disponibles (Source: Rapport de phase 1, setec hydratec / ACRI-IN)

| Commune | Date du dernier SDAP | Couverture communale du SDAP | Zonage pluvial | PPRI | Mise à jour du plan des réseaux | Couverture communale du plan des réseaux EP |
|---------------------------|----------------------|------------------------------|----------------|-----------------------------|---------------------------------|---|
| Allauch | 2013 | 100% | 2013 | En cours | 2013 | 90% |
| Carnoux-en-Provence | 2004 | 100% | - | - | 2004 | 90% |
| Carry-le-Rouet | 1995 | 100% | 2011 | - | En cours | 5% |
| Cassis | 2013 | 100% | 2013 | 2001 | 2013 | 60% |
| Ceyreste | - | 0% | - | - | En cours | 0% |
| Châteauneuf-les-Martigues | 2006 | 100% | 2006 | - | 2006 | 95% |
| Ensuès-la-Redonne | 2014 | 100% | - | - | 2014 | 75% |
| Gémenos | 2004 | 100% | - | En cours | 2004 | 70% |
| Gignac-la-Nerthe | 2011 | 100% | - | - | 2011 | 95% |
| La Ciotat | - | 0% | - | Prescrit 1997 | En cours | 0% |
| Le Rove | 2008 | 50% | - | - | 2008 | 50% |
| Marignane | 2011 | 100% | 2014 | 2000 | 2011 | 95% |
| Marseille | 1994 | 100% | 1995 | En cours | 2015 | 99% |
| Plan-de-Cuques | 1988 | 100% | 2010 | 1999 (mise à jour en cours) | 2014 | 70% |
| Roquefort-la-Bédoule | - | 0% | - | - | En cours | 0% |
| Saint Victoret | 2008 | 100% | - | 2002 | 2008 | 95% |
| Sausset-les-Pins | - | 0% | 2007 | - | 2004 | 95% |
| Septèmes-les-Vallons | - | 0% | - | 2000 (mise à jour en cours) | 2015 | 95% |

Ces différents documents ont été exploités et pour certains complétés (plan des réseaux) durant la réalisation de la phase 2.

Des entretiens avec les représentants des différentes communes ont par ailleurs été réalisés dans le but de prendre connaissance d'éventuels dysfonctionnements liés à la gestion des eaux pluviales non mentionnés dans les documents transmis à la DEAP.

C. Techniques de gestion des eaux pluviales

Une recherche bibliographique portant sur les différentes techniques de gestion des eaux pluviales a également été effectuée par le prestataire dans le cadre de la phase 1 du SDAP.

Ces techniques peuvent être classées en 2 catégories principales : traditionnelles ou alternatives (dans le cadre d'une gestion dite intégrée) [GRAIE, 2006]. Le Tableau 2 présente un échantillon non exhaustif de ces techniques, accompagné d'une description sommaire des avantages et inconvénients associés.

Tableau 2. Techniques de gestion des eaux pluviales (Source: rapport de phase 1, setec hydratec / ACRI-IN)

| | Technique | Avantages | Inconvénients |
|----------------------------|--------------------------|--|--|
| Techniques Traditionnelles | Canaliser | Evacuation locale des eaux de ruissellement | Report du problème vers l'aval Risque d'inondation par débordement de réseau |
| | Stocker | Dépollution des eaux ruisselées par décantation possible Restitution à débit limité | Réduction des apports au milieu naturel Limitation de la réalimentation naturelle des nappes |
| Techniques Alternatives | Toitures stockantes | Fonction d'isolation thermique Aspect esthétique Adaptation à l'échelle de la parcelle | Conditions de réalisation particulières à respecter Entretien régulier et spécifique |
| | Fossés et noues | Faible coût de revient Bonne intégration paysagère | Emprise foncière importante (noues) Non envisageable si présence d'une nappe peu profonde |
| | Tranchées d'infiltration | Faible coût de revient Bonne intégration paysagère Faible emprise foncière | Entretien régulier à réaliser Non envisageable si présence d'une nappe peu profonde |
| | Puits d'infiltration | Faible coût de revient Simplicité de conception Bonne intégration paysagère | Non envisageable en milieu urbain et dans les périmètres de protection de captages |
| | Structures réservoir | Aucune emprise foncière Dépollution des eaux ruisselées par décantation possible | Entretien régulier (risque de colmatage) Coût de revient élevé |
| | Bassins de retenue | Piégeage et traitement des pollutions accidentelles possible Décantation réalisable | Emprise foncière importante Entretien régulier nécessaire Dimensionnement parfois complexe |
| | Bassin d'infiltration | Limitation des volumes injectés au réseau Intégration paysagère possible | Emprise foncière importante Non envisageable si présence d'une nappe peu profonde |

L'ensemble des recherches effectuées durant cette phase a permis de constituer un cadre réglementaire dans lesquels s'inscriront notamment les propositions d'aménagements et les recommandations en termes de gestion intégrée des eaux pluviales.

I.3.2. Phase 2 : Connaissance du réseau et des ouvrages, enquête de terrain

La présente partie consiste à développer la méthodologie employée dans la réalisation de la phase 2 du SDAP, qui a constitué une part importante de l'objet du stage de fin d'études.

Tel que mentionné dans le CCTP, les objectifs attendus de la phase 2 sont multiples, et consistent à :

- préparer et organiser les données topographiques disponibles de manière homogène sous la forme d'une base de données unique au format SIG (système d'information géographique) / shape recouvrant l'ensemble du périmètre d'étude,
- réaliser des enquêtes de terrain sur l'ensemble des communes dans le but d'acquérir une connaissance solide de l'état des réseaux et des ouvrages pluviaux. Des fiches de synthèse seront produites suite à ces enquêtes. Ces fiches devront présenter à minima une localisation géographique, un plan ou croquis détaillé de situation, un descriptif du fonctionnement hydraulique constaté, des photographies d'illustration,
- réaliser un tracé des thalwegs et délimiter des cuvettes topographiques sur l'ensemble du territoire d'étude. La finalité de ce travail étant d'intégrer les objets recensés au futur PLUI afin de prescrire certaines restrictions de constructibilité au droit de ces objets, tel que proposé dans l'actuel PLU de Marseille (Cf. § I.3.1.A),
- rédiger un rapport de fin de phase à destination de la DEAP regroupant l'ensemble des conclusions produites lors de la réalisation des différents travaux décrits ci-dessus.

Afin de satisfaire à ces différents objectifs, les méthodologies suivantes ont été employées :

A. Préparation et organisation des données topographiques

La première étape a consisté à analyser l'ensemble des plans et des données relatives aux réseaux pluviaux transmises par les communes afin des classer par type de format : plans ou cartes papiers, cartes ou plans au format PDF, plans au format dwg (fichiers Autocad), plans au format shape (SIG), plans sous d'autres formats spécifiques (microstation,...). Ce classement permettant de déterminer les opérations de traitement à réaliser sur les différents éléments disponibles, ainsi que d'engager des opérations de levés topographiques complémentaires sur les secteurs en déficit d'informations (levés réalisés par la DEAP).

Les traitements ensuite réalisés sur ces données ont eu pour but de les convertir au format shape afin de les intégrer dans une base de données unique (BD réseau). Les opérations correspondantes réalisées sont les suivantes :

- **vectorisation** : Les seules données source disponibles sont au format papier, elles ne sont donc pas géoréférencées. Le travail consiste à digitaliser le plan papier afin d'obtenir une image numérique qu'il est possible de géoréférencer manuellement sous SIG par superposition sur un fond cadastral ou une vue aérienne. Ensuite, il s'agit de retracer manuellement l'ensemble des éléments du réseau (regards, collecteurs, ouvrages) à l'aide d'outils de dessin du SIG et de renseigner leurs caractéristiques dans la table attributaire de la couche SIG correspondante, constituant la base de données unique commandée par le maître d'ouvrage.
- **conversion vers SIG** : Les données disponibles sont des fichiers informatiques géoréférencés au format Autocad (dwg) ou équivalent. Les différents types d'objets sont répartis dans différents calques, leurs attributs étant regroupés dans des calques

indépendants. Dans un premier temps, l'ensemble des calques constituant les plans sont convertis au format SIG, si besoin avec modification de leur système de coordonnées géographiques (système RGF93 / CC44 souhaité par le maître d'ouvrage). Dans un second temps, les attributs sont rattachés à leurs objets respectifs par relation de proximité ou manuellement sous SIG. Les couches (ou tables) SIG ainsi créées sont enfin intégrées dans la BD réseau.

- **intégration dans la BD réseau** : Les données disponibles sont au format SIG, organisées en couches correspondant aux différents éléments de réseau (regards, avaloirs, collecteurs). Les tables attributaires correspondantes sont renseignées selon les informations disponibles (cotes, diamètres, longueur, pente, ...) mais leur organisation diffère en fonction de l'origine des données. Les opérations à réaliser dans ce cas consistent à intégrer les objets dans la BD réseau ainsi qu'à réorganiser leurs tables selon le modèle souhaité.

Dans le cadre du stage, ont été plus précisément réalisées les opérations suivantes :

- *vectorisation du plan du réseau EP (eaux pluviales) de la commune de Carnoux en Provence,*
- *conversion vers SIG de plans de récolement de réseaux EP des communes de Châteauneuf les Martigues et de Marignane,*
- *intégration dans la BD réseau des plans des réseaux EP des communes de Carnoux en Provence, Carry le Rouet, Cassis, Ceyreste, Châteauneuf les Martigues, Gémenos, Gignac la Nerthe, La Ciotat, Le Rove, Marignane, Plan de Cuques, Roquefort la Bédoule, Saint Victoret, Sausset les Pins et Septèmes les Vallons.*

B. Reconnaissances de terrain

En amont des enquêtes de terrain, une analyse préalable a été effectuée sur la base du travail réalisé dans le cadre de la préparation et de l'organisation des données topographiques présentées ci-dessus. L'intégration de l'ensemble des données communales disponibles sous SIG a permis d'obtenir une première vision d'ensemble des réseaux EP existants sur les 18 communes ainsi que du niveau de connaissance associé à chacun d'eux. Les analyses réalisées ont notamment contribué à :

- définir et planifier précisément les reconnaissances de terrain nécessaires en fonction du niveau de couverture des différents réseaux,
- établir un bilan des données topographiques relatives aux réseaux EP disponibles ainsi que leur niveau de précision.

Par ailleurs, les entretiens réalisés avec les responsables des services techniques des municipalités en phase 1 ont permis de mettre en évidence certains dysfonctionnements connus en lien avec les eaux pluviales et leur gestion, tels que :

- des inondations récurrentes recensées chez des riverains,
- des dysfonctionnements de réseau (débordements, affaissements, colmatage),
- des secteurs nécessitant des interventions fréquentes des services communaux,
- des cas de pollution connus et avérés de milieux récepteurs.

La construction du programme des enquêtes de terrain s'est également appuyée sur les résultats de ces entretiens de manière à ce que celles-ci recouvrent le plus d'éléments nécessaires à

l'appréhension du fonctionnement des réseaux et de leurs dysfonctionnements. Les enquêtes de terrain permettront de compléter les connaissances disponibles sur la couverture des différents réseaux. La BD réseau sera ainsi complétée tout au long de la réalisation de ces enquêtes, excepté pour les secteurs souffrant d'une absence totale d'informations sur lesquels la présence de réseaux ou d'ouvrages EP aura été constatée lors des visites sur le terrain.

Comme mentionné dans le CCTP, des fiches seront produites suite à ces reconnaissances de terrain, synthétisant les principaux points remarquables rencontrés. Trois catégories de fiches seront réalisées, de manière à recouvrir l'ensemble des éléments rencontrés, à savoir :

- **fiches ouvrage** recensant les principaux ouvrages hydrauliques marquant une singularité sur le réseau (bassin de rétention, dessableur, dégrilleur, noue d'infiltration...)
 - **fiches dysfonctionnement** recensant différents désordres rencontrés sur les différentes communes (inondations récurrentes chez des riverains, points noirs hydrauliques, interventions régulières des services municipaux,...)
- fiches exutoire** recensant les exutoires des réseaux EP vers les différents milieux récepteurs du territoire d'étude : étang de Bolmon, mer Méditerranée, les rivières de l'Huveaune, de la Cadière et du Raumartin.

L'annexe 4 présente un modèle de fiche utilisé dans le cadre de la réalisation des enquêtes de terrain de la phase 2. D'autre part, les éléments signalés dans ces fiches ont été reportés dans des tables SIG permettant leur localisation sur des cartes thématiques communales, ces tables reprenant également le contenu des fiches papier / PDF.

Dans le cadre du stage, les enquêtes de terrain et la réalisation des fiches de synthèse correspondantes ont été réalisées sur les communes de Ensùs la Redonne, Châteauneuf les Martigues, Carry le Rouet et de manière partielle sur les communes de Marignane, Gignac la Nerthe, Le Rove et Sausset les Pins. L'intégration des données dans les tables SIG a quant à elle concerné l'ensemble des 18 communes du territoire d'étude.

C. Tracé des thalwegs et délimitation des cuvettes topographiques

Le tracé des thalwegs et l'extraction des cuvettes topographiques ont été réalisés à partir du MNT (Modèle Numérique de Terrain) fourni par le maître d'ouvrage. Ce fichier est constitué d'un ensemble de dalles au format xyz (images géoréférencées en 3 dimensions) de 5 km de côté recouvrant le département des Bouches du Rhône. La précision du géoréférencement est de 0.3 m en x et y, et de 0.5 m en z (altitude). La résolution (taille d'un pixel ou cellule) des différentes dalles est de 5 m.

Le traçage des thalwegs a été réalisé au moyen d'une fonctionnalité spécifique du logiciel de SIG QGis, fonctionnant comme suit (les différentes étapes de calcul décrites ci-dessous sont réalisées simultanément) :

A partir d'un fichier raster (image) source (ici le MNT), les algorithmes de calcul du module vont dans un premier temps permettre de tracer les différents bassins versants présents : recherche des points hauts (NB : l'appellation « point » correspond ici à un pixel de 5 m sur 5 m) et détermination des lignes de crêtes.

Le module extrait ensuite un point haut par bassin versant qui est considéré comme l'origine du thalweg principal. Les calculs suivants permettent au logiciel de déterminer les directions d'écoulement et de tracer les différents thalwegs : à partir du premier point haut, le logiciel

détermine le point le plus bas à proximité immédiate et le considère comme le chemin privilégié d'écoulement, la même démarche étant réitérée de proche en proche jusqu'à la limite aval du bassin versant considéré, comme illustré sur la Figure 5.

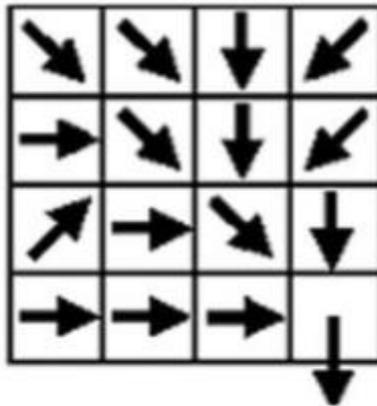


Figure 5. Détermination du chemin d'écoulement privilégié sous SIG

Lorsqu'un point présente deux chemins possibles à son aval (2 points voisins présentant la même élévation), le logiciel considère les 2 directions possibles et crée un chemin supplémentaire (sélection des 2 pixels) : création d'un thalweg secondaire. Les points ainsi sélectionnés constituent le premier tracé sommaire des thalwegs.

L'extraction des cuvettes topographiques a été réalisée au moyen de modules d'analyses spatiales du logiciel de SIG ArcGis, fonctionnant selon les principes suivants :

Dans un premier temps, la fonction « Fill » permet de combler les dépressions présentant des profondeurs inférieures à une valeur seuil (2 valeurs ont été retenues : 0.5 m et 1 m). Ce traitement permet d'éliminer d'une part les cuvettes peu profondes et d'autre part de créer des surfaces planes (lissage / simplification du MNT) dans le but de ne pas conserver les dépressions de très faibles superficies.

L'opération de lissage attribue une valeur d'altitude identique aux pixels voisins présentant une différence initiale d'altitude de 0.5 m (ou de 1 m). Cette étape aboutit à la création d'un MNT « comblé ».

Une opération intermédiaire de traitement du MNT comblé est nécessaire afin de pouvoir utiliser la fonction « Sink » : utilisation de l'outil « Flow direction » d'ArcGis permettant de créer un nouveau MNT intégrant les directions d'écoulement (pentes).

L'outil « Sink » utilisé sur ce dernier MNT permet d'isoler les pixels à partir desquels aucune direction d'écoulement ne peut être identifiée (point bas ou pixels voisins d'altitude identique). Ces cellules sont considérées comme formant des zones de stagnation ou cuvettes. Les cellules sélectionnées sont enregistrées sous la forme d'un fichier raster qu'il est ensuite nécessaire de vectoriser afin d'obtenir un fichier au format shape de type polygone.

Une vérification complémentaire a été effectuée manuellement, par analyse des courbes de niveau, dans le but de s'assurer de la pertinence des objets délimités et corriger certaines aberrations issues du traitement informatique.

Le tracé des thalwegs ainsi que la délimitation des cuvettes topographiques sur l'ensemble du territoire ont fait partie des tâches réalisées durant le stage.

I.3.3. Phase 3 : Analyse hydrologique

La présente partie comporte une présentation des différentes méthodologies employées pour la réalisation de la phase 3. Comme indiqué dans le CCTP, la phase 3 doit se composer des différentes parties rapportées ci-dessous.

- une analyse pluviométrique devant aboutir au choix d'un jeu de pluies de référence pour différentes périodes de retour (1, 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans) dans l'objectif d'élaborer un modèle hydrologique de transformation pluie-débit.
- détermination des bassins versants principaux et de leurs sous bassins versants sur l'ensemble du territoire, zones rurales incluses.
- une analyse hydrologique comprenant en premier lieu la réalisation d'une carte des coefficients d'imperméabilisation et de ruissellement de l'ensemble des bassins versants, devant contribuer à la mise en place du modèle pluie-débit,
- l'intégration des données produites au SIG communautaire du conseil de territoire Marseille Provence.

A. Analyse hydrologique

L'analyse hydrologique s'appuie d'une part sur la connaissance de la pluviométrie à travers une étude détaillée des mesures disponibles et d'autre part sur l'exploitation d'un modèle de transformation pluie-débit qui sera par la suite couplé au modèle hydraulique. Pour des raisons de cohérence dans le texte, la description du modèle hydrologique retenu sera présentée dans la partie suivante traitant de la méthodologie correspondante aux phases 4 et 5, le modèle informatique crée couplant un modèle hydrologique et un modèle hydraulique. La présente partie s'attachant à décrire les analyses statistiques des données de pluviométrie.

Les données pluviométriques disponibles sur le territoire d'étude proviennent de 2 sources différentes :

- **stations pluviométriques gérées par le service d'assainissement de Marseille métropole (SERAMM, délégataire en charges des réseaux d'eaux usées et pluviales sur Marseille) :** Le SERAMM dispose d'un réseau de 26 pluviomètres répartis essentiellement sur la commune de Marseille (1 de ces derniers se trouvant sur la commune d'Allauch), en service depuis 1988. Les enregistrements issus de ces pluviomètres, faisant l'objet d'une vérification sommaire, sont disponibles au pas de temps de 6 minutes.
- **stations pluviométriques gérées par Météo France :** Météo France dispose de 5 stations pluviométriques réparties sur le conseil de territoire Marseille Provence cependant, pour des raisons techniques, seules 3 de ces stations ont été exploitées dans le cadre de l'étude : station de Marignane aéroport (44 années exploitables depuis 1960), station de Marseille observatoire (36 années exploitables depuis 1963) et station de Cassis (18 années exploitables depuis 1974). Les durées de retour de précipitations ont été récupérées à ces 3 stations pour les pas de temps suivants : 30mn, 1h, 3h, 6h et 12h. Les hauteurs de pluies correspondant aux périodes de retour 1 an et 2 ans ont également été récupérées pour les mêmes pas de temps.

L'annexe 5 présente une localisation de ces différentes stations pluviométriques, ainsi que leur année de mise en service pour les stations gérées par le SERAMM.

Dans l'objectif d'arrêter le choix du jeu de pluies de référence qui sera par la suite appliqué à l'ensemble du territoire, les analyses statistiques réalisées ont dans un premier temps consisté à comparer les données issues des différentes stations (SERAMM et Météo France).

Les ajustements réalisés par Météo France sur les données sont issus d'une loi ou distribution de Pareto généralisée (GPD) [ARNOLD, 2014] utilisée dans la méthode dite du renouvellement. Cette méthode, utilisée à l'origine principalement pour l'estimation de valeurs extrêmes de crues, peut s'appliquer pour la détermination d'événements pluviométriques exceptionnels à condition de disposer de séries comportant au moins 10 années d'observations. Le principe employé consiste à sélectionner les valeurs supérieures à un seuil (X_0) prédéfini [LANG, 1997], ce qui permet généralement de conserver plus d'une valeur par année d'observation, contrairement à un ajustement réalisé par une loi de Gumbel (sélection du maximum annuel uniquement). Le choix du seuil constitue une étape cruciale de l'analyse par la méthode du renouvellement car si la valeur retenue est trop faible ou trop forte, il y a un risque important de biais des résultats produits : domaine de validité de la loi non respecté en cas de seuil trop faible, risque de ne pas retenir suffisamment de données en cas de seuil trop élevé. La loi d'ajustement de la méthode du renouvellement est de la forme suivante (Équation 1) :

$$F(x) = \sum P(k) \times G(x)$$

Équation 1. Loi d'ajustement de la méthode du renouvellement, forme générale

Avec :

- $P(k)$: loi d'ajustement sur le nombre annuel de dépassements du seuil X_0 . La loi retenue étant une loi de Poisson à 1 paramètre,
- $G(x)$: loi d'ajustement sur les hauteurs de dépassement du seuil X_0 . La loi retenue est une loi de Pareto généralisée à 2 paramètres.

La combinaison de ces 2 lois aboutit à l'expression suivante (Équation 2) :

$$F(x) = \exp \left(- \mu \times \left(1 - \frac{k \times (x - x_0)}{\sigma} \right)^{1/k} \right)$$

Équation 2. Loi d'ajustement de la méthode du renouvellement, forme développée

Avec :

- X : hauteur de précipitation
- X_0 : seuil de dépassement
- μ : paramètre d'ajustement de la loi de Poisson
- k : paramètre de forme de la loi de Pareto généralisée
- σ : paramètre d'échelle de la loi de Pareto généralisée

La détermination des paramètres de la loi de Pareto généralisée est réalisée par la méthode des moments pondérés.

Dans le cadre de l'étude hydrologique, des analyses statistiques ont été entreprises sur les pluies de durées comprises entre 30 minutes et 12 heures enregistrées par les pluviomètres du SERAMM afin de :

- déterminer les hauteurs de précipitations pour différentes périodes de retour (entre 2 et 100 ans) afin de les comparer à celles connues aux stations de Météo France,
- caractériser la variabilité spatiale de la pluie à l'échelle des bassins versants de Marseille.

Une analyse du réseau de pluviomètres du SERAMM a été effectuée (état des capteurs, conformité, période d'arrêt) afin de retenir les postes présentant au minimum 10 années d'enregistrement complètes (une année étant considérée complète lorsque moins de 30 manques de données sont recensés). Sur les 26 pluviomètres du réseau, 2 ont été écartés en raison d'un nombre d'années exploitables insuffisant. Sur l'ensemble des pluviomètres restant, seuls 9 disposaient de 25 années ou plus exploitables, le nombre moyens d'années disponibles pour les autres étant compris entre 17 et 24. L'annexe 6 présente la liste des postes retenus ainsi que le nombre d'années d'enregistrements disponibles correspondant.

Plusieurs ajustements ont été réalisés afin de disposer d'une base comparative. Ont notamment été employés une loi de Gumbel, une loi des extrêmes généralisés (GEV) ainsi que la méthode du renouvellement. Les 2 premiers ajustements (loi de Gumbel et GEV) ont été réalisés à partir des cumuls maximum annuels au pas de temps 30mn, 1h, 3h, 6h et 12h. Les cumuls maximum par épisode pluvieux ont été utilisés pour la mise en œuvre de la méthode du renouvellement, un évènement pluvieux étant caractérisé par une durée de temps sec préalable d'au moins 24h ainsi qu'une hauteur cumulée minimum de 2mm.

L'utilisation de la loi de Gumbel est fortement dépendante des données d'entrée, ainsi, une estimation d'évènements de période de retour supérieure à 2 fois le nombre d'années d'enregistrements disponibles constitue la limite d'application maximale de cette loi [GUMBEL, 1958]. D'autre part, la loi GEV est particulièrement adaptée pour l'estimation d'évènements de périodes de retour importantes et fait partie des lois les plus utilisées en hydrologie statistique [KATZ *et al.*, 2002], [LANG *et al.*, 2014]. Cependant, l'utilisation de cette loi nécessite de disposer de séries temporelles de 25 années au minimum. La méthode du renouvellement utilisant une loi de Pareto généralisée à quant à elle montrée des performances identiques ou supérieures à la loi GEV dans certains cas [MADSEN *et al.*, 1997], produisant toutefois des résultats légèrement minorés. Par ailleurs, cette dernière présente une sensibilité moindre vis-à-vis des valeurs les plus importantes de l'échantillon, contrairement à la loi GEV. Cette loi apparaît adaptée à l'estimation de phénomènes de périodes de retour comprises globalement entre 10 et 100 ans en cas de séries temporelles disponibles réduites [METEO FRANCE, 2012].

Au vu de ces différents éléments ainsi que de la qualité des données disponibles, il a été décidé de proposer d'utiliser les valeurs issues de la méthode du renouvellement, méthode également utilisée par Météo France.

Le choix des stations de référence retenues pour la construction de jeu de pluies de projets applicable à l'ensemble du conseil de territoire Marseille Provence sera réalisé en collaboration avec le maître d'ouvrage.

Durant la réalisation du stage, le choix des stations de références retenues n'avait pas encore été discuté avec le maître d'ouvrage. Les pluies de projets construites pour les phases de modélisation se sont basées sur les données de la station pluviométrique Météo France de Marignane aéroport. Cette décision ayant été motivée par le choix de la commune de Marignane pour les travaux de modélisation présentés dans les parties suivantes.

B. Détermination des bassins versants

L'identification des bassins versants principaux et secondaires sur le territoire a été effectuée selon différentes méthodes.

Sur certaines communes, le tracé des bassins versants principaux et / ou secondaires avait déjà été réalisé dans le cadre de précédents SDAP, principalement dans les parties urbaines des communes concernées. Ces tracés ont donc été intégrés dans une base de données SIG et pour certains retravaillés manuellement afin de prendre en compte les éventuelles modifications des réseaux EP et de respecter certaines contraintes géométriques fixées (superficie minimale de 2 hectares permettant d'assurer un découpage du territoire cohérent).

Pour les secteurs dépourvus d'informations, la méthode de détermination employée a été fonction de l'occupation du sol. En milieu urbain, le tracé des bassins versants a été réalisé sous SIG en tenant compte de la présence de réseaux EP identifiés et cartographiés. Le modèle numérique de terrain a également été utilisé afin de déterminer lorsque nécessaire les sens d'écoulements vraisemblables des réseaux ou des voiries. La présence de cours d'eau a également été prise en compte pour les communes concernées.

En milieu rural ou périurbain dépourvu de réseau EP, l'identification des bassins versants s'est basée sur une analyse topographique à partir des données transmises par le maître d'ouvrage. Le modèle numérique de terrain a principalement été exploité, notamment par une extraction des courbes de niveaux sur l'ensemble du territoire d'étude. Le découpage en bassins versants topographiques consiste à fixer un exutoire et relier entre elles les lignes de crête périphériques. Un premier découpage est réalisé à grande échelle (bassins versants de plusieurs dizaines d'hectares) puis un affinage est effectué sur le même principe pour aboutir à des bassins versants de taille comprise entre 10 et 30 hectares.

Parallèlement à l'identification des bassins versants, le calcul des longueurs hydrauliques, nécessaire pour les phases de modélisation ultérieures, a été réalisé. Les différentes recherches dans la littérature réalisées n'ayant pas permis de trouver de formules ou de méthodes mathématiques pour déterminer cette grandeur à partir d'autres variables géométriques propres au bassin considéré, une formulation empirique a été créée pour l'étude. Cette formule relativement simple a été élaborée à partir de l'étude d'une forme « classique » de bassin versant, et ne fait intervenir que le périmètre dans le calcul. Elle s'écrit (Équation 3) :

$$L_{Hydraulique} = Périmètre \times \frac{1}{2} \times \frac{3}{4}$$

Équation 3. Formule empirique utilisée pour la détermination de la longueur hydraulique

L'établissement de cette formule telle que présentée ci-dessus (Équation 3) a nécessité plusieurs ajustements et vérifications avant d'aboutir à des résultats cohérents et satisfaisants, qui seront exposés et commentés ultérieurement.

Dans le cadre du stage, l'identification des bassins versants ainsi que l'élaboration de la formule de calcul des longueurs hydraulique ont été réalisées sur les communes de Marseille, Marignane, Châteauneuf les Martigues, Gignac la Nerthe, Saint Victoret, Sausset les Pins, Septèmes les Vallons, Carry le Rouet, Ensuès la Redonne et Le Rove.

C. Analyse hydrologique

La méthodologie présentée ici concerne uniquement la détermination des coefficients d'imperméabilisation des bassins versant précédemment déterminés, la création du modèle pluie débit étant abordée ultérieurement (Cf. § 1.3.3.A).

Le calcul des coefficients d'imperméabilisation de l'ensemble des bassins versant a été réalisé sous SIG, au moyen d'une analyse thématique de différentes données d'entrée fournie par le maître d'ouvrage :

- plan cadastral recouvrant l'ensemble du territoire d'étude (utilisé pour l'extraction de la voirie),
- surfaces bâties extraites du plan cadastral intercommunal,
- occupation du sol Corine Land Cover (utilisée pour l'extraction des surfaces naturelles non urbanisées).

Les données ont été catégorisées comme suit : les voiries et les surfaces bâties sont considérées comme entièrement imperméables ($C_i = 100\%$) et les surfaces naturelles comme totalement perméables ($C_i = 0\%$).

A l'aide du module d'analyse de géométrie vectorielle du logiciel de SIG QGIS, des recoupements ont été effectués entre les différents types de surfaces cités précédemment, dans le but de déterminer la proportion de chacune d'elles pour chaque bassin versant.

Le coefficient d'imperméabilisation a ensuite été calculé comme suit (Équation 4) :

$$C_i = \frac{100\% \times (\text{Surfaces de voiries} + \text{Surface bâties}) + 0\% \times (\text{Surfaces naturelles})}{\text{Surface totale du bassin versant}}$$

Équation 4. Formule de calcul du coefficient d'imperméabilisation

La formule présentée ci-dessus (Équation 4) utilisée ici a dans un premier temps été expérimentée sur un échantillon de bassins versants sélectionnés sur différentes communes. Certaines corrections ont dû être apportées à la suite des premiers calculs en raison d'anomalies constatées (différence entre la surface totale réelle et la somme des différentes surfaces analysées), ce point sera développé lors de la présentation des résultats correspondants.

La détermination des coefficients de ruissellement sera présentée dans la méthodologie des phases 4 et 5, du fait de son lien direct avec les travaux de modélisation.

Les coefficients d'imperméabilisation correspondant aux bassins versants identifiés durant le stage ont été déterminés.

1.3.4. Phases 4 et 5 : Découpage en tronçons homogènes et calcul de débits capables / Diagnostic pluvial

Sont présentées dans cette partie les méthodologies correspondantes aux phases 4 et 5. Le CCTP prévoyait initialement la réalisation de 2 phases distinctes, la première devant aboutir au calcul des débits capables pour l'ensemble des tronçons constituant les différents réseaux EP ; la seconde devant comparer ces débits à ceux calculés lors de la phase précédente par l'utilisation du modèle hydrologique.

Toutefois, en concertation avec le maître d'ouvrage, il a été convenu de regrouper ces deux phases et d'utiliser un logiciel de modélisation hydrologique et hydraulique afin de réaliser l'ensemble des opérations demandées simultanément. Les modélisations réalisées concerneront l'ensemble des

réseaux EP (souterrains et à ciel ouvert) et permettront de visualiser la capacité de ces réseaux à faire transiter les débits correspondant à des pluies de projet de différentes périodes de retour : 1, 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans. Un rendu cartographique est notamment attendu par le maître d'ouvrage, ainsi qu'une intégration des résultats obtenus en termes de capacité de transit pour les différents tronçons dans la base de données SIG communautaire.

Par ailleurs, une analyse spécifique devra être réalisée sur les tronçons dont la capacité de transit actuelle est inférieure à la décennale. L'objectif consistera à déterminer les sections qu'il faudrait donner à ces tronçons afin qu'ils soient en capacité de faire transiter le débit correspondant à pente constante, en tenant compte des contraintes foncières locales.

Dans le cadre du stage, les travaux de modélisation réalisés se sont concentrés sur la commune de Marignane uniquement, en raison de différentes contraintes. En premier lieu, la réalisation des phases 2 et 3 précédentes a nécessité d'importants volumes horaires et s'est achevée fin septembre, n'accordant qu'une durée limitée allouée à la partie modélisation. D'autre part, les différents réseaux EP étudiés étant indépendants, le fait de les modéliser séparément n'implique pas de résultats de moindre qualité. Le choix de la commune s'est spécifiquement orienté sur Marignane pour les raisons suivantes :

- *Marignane représente la deuxième commune du territoire en termes de population et possède un linéaire de réseau pluvial conséquent (Cf. § II), ainsi que différents ouvrages hydrauliques de type bassin de rétention,*
- *plusieurs dysfonctionnements ayant été identifiés sur ce réseau durant les enquêtes de terrain réalisées en phase 2 (Cf. § II), les résultats de la modélisation pourront donc être exploités afin de proposer différents aménagements correctifs (anticipation de la phase 9 du SDAP),*
- *comme mentionné au paragraphe § 1.3.3.A, la présence d'une station pluviométrique de Météo France sur la commune (aéroport) permet de disposer de données locales précises utilisables pour la construction des différentes pluies de projet testées dans le modèle.*

Bien que le travail de modélisation présenté dans ce rapport ne concerne qu'une commune du territoire d'étude, les différentes méthodologies exposées dans cette partie seront appliquées à l'identique pour l'analyse de l'ensemble des communes restantes. La seule différence potentielle se trouvera dans le choix de / des stations pluviométriques de référence pour la construction des pluies de projet, qui sera fonction des retours du maître d'ouvrage sur les résultats de la phase 3.

La suite de cette partie est dédiée à la présentation générale de logiciel utilisé et de son fonctionnement, ainsi que les différents traitements réalisés sur les données d'entrée au préalable de la modélisation en elle-même.

Le logiciel utilisé a été Hydracity, faisant partie de la gamme de produits développés et commercialisés par setec hydratec dans le domaine de l'hydro informatique. Hydracity permet de piloter et de faire interagir des modèles de rivières ou de fleuves développés et des modèles de réseaux d'assainissement. Hydracity permet de réaliser des modélisations hydrologiques et hydrauliques, son noyau de calcul regroupant des algorithmes généraux intéressant les écoulements superficiels, est constitué du logiciel HYDRA, propriété de setec hydratec.

Module hydrologique du logiciel Hydracity

Le module hydrologique a pour objet le calcul des apports en différents points du réseau principal (points de « connexion » des bassins versants sur le réseau) à partir : des données pluviométriques,

des caractéristiques du / des bassin(s) versant(s) en amont du point considéré et des données géométriques des éventuels collecteurs secondaires aboutissant à ce point. Ainsi le calcul de l'hydrogramme d'apport au niveau d'un point situé en aval du réseau est effectué par superposition des hydrogrammes générés par chaque bassin versant élémentaire situé en amont. Les différentes opérations effectuées sur chaque bassin pour obtenir un hydrogramme global d'apport sont, dans l'ordre chronologique, les suivantes :

- calcul de la pluie brute tombant sur le bassin considéré (fonction de production pluie brute),
- transformation de cette pluie brute en pluie nette (fonction de production pluie nette)
- calcul de ruissellement à l'exutoire du bassin,
- routage de l'hydrogramme jusqu'au point d'injection dans réseau principal considéré.

Concernant la fonction de production de la pluie brute, il est possible de renseigner 6 différents types de pluies :

- | | |
|--|---|
| - pluie de projet simple triangle (PPST) | - pluie réelle en hauteurs cumulées (PR) |
| - pluie de projet double triangle (PPDT) | - pluie réelle calculée par images RADAR (PRAD) |
| - pluie de projet de forme quelconque (PPHY) | - pluie de type Caquot (CAQ) |

Dans le cadre de la modélisation effectuée sur la commune de Marignane, il a tout d'abord été utilisé une pluie réelle destinée à réaliser le calage du modèle. Cette étape de calage constitue une nécessité primordiale à réaliser au commencement de toute campagne de modélisation, afin de s'assurer que le modèle exploité retranscrit le plus fidèlement possible le fonctionnement réel du réseau étudié. Le principe consiste généralement à réaliser des campagnes de mesures de débit dans le réseau étudié, durant plusieurs épisodes pluvieux d'intensités variables et de corrélérer ces débits mesurés à la période de retour calculée de la pluie correspondante (nécessité de disposer également de mesures pluviométriques, ou d'une station Météo France proche).

Le calage du modèle est ensuite réalisé à partir de ces jeux de données, l'objectif recherché étant que le modèle reproduise les hydrogrammes mesurés sur le terrain lors de la simulation de la pluie réelle correspondante.

Il est possible de modifier plusieurs paramètres du modèle afin d'aboutir à un calage correct, dans le cas du logiciel Hydracity il est possible d'influer, entre autres, sur :

- les coefficients de ruissellement des bassins versants : la modification de ce paramètre influe directement sur la quantité d'eau injectée dans le modèle et donc sur les résultats obtenus en termes de capacité du réseau,
- la géométrie des liaisons entre les bassins versants et le réseau : ces objets de modélisation particuliers, bien qu'ils en présentent certaines caractéristiques, ne sont pas considérés comme des canalisations, mais il est possible de modifier leur section moyenne ce qui a pour conséquence d'étaler dans le temps les apports d'eau au réseau.

Le modèle présenté dans ce rapport n'a pu faire l'objet d'un calage à partir de campagnes de mesures dans le réseau, tel que décrit précédemment. En effet, pour des raisons d'organisation et d'avancement du projet, les campagnes de mesures prévues (débits + qualité des eaux) initialement à l'automne ont été décalées à l'hiver, hors période de stage. Ne disposant pas de ces mesures, il a été convenu en concertation avec le référent école de réaliser un calage dit « qualitatif » du modèle. Cette méthodologie de calage, approfondie en partie III, a consisté à s'appuyer sur des débordements

constatés en certains endroits du réseau lors d'évènements pluvieux particuliers, recensés dans les précédentes études ou auprès de riverains ou de personnels techniques municipaux. Les chroniques de pluies correspondantes à ces évènements ayant engendré les désordres constatés, ont été par la suite récupérées auprès de Météo France puis analysées statistiquement afin de les caractériser en termes de période de retour. Le modèle a ensuite été paramétré de manière à reproduire les débordements considérés lors de la simulation des pluies correspondantes ainsi que pour des pluies de projet de période de retour similaire.

D'autre part, afin de satisfaire aux exigences du maître d'ouvrage, un jeu de pluies de référence de différentes périodes de retour a également été testé dans le modèle de manière à caractériser la capacité de transit du réseau de Marignane (occurrences de 5, 10, 20, 50 et 100 ans).

Les chroniques de pluies correspondantes ont été construites à partir du modèle de pluie de projet double triangle proposé par Desbordes [DESBORDES, 1976]. La Figure 6 présente une illustration de ce type de pluie.

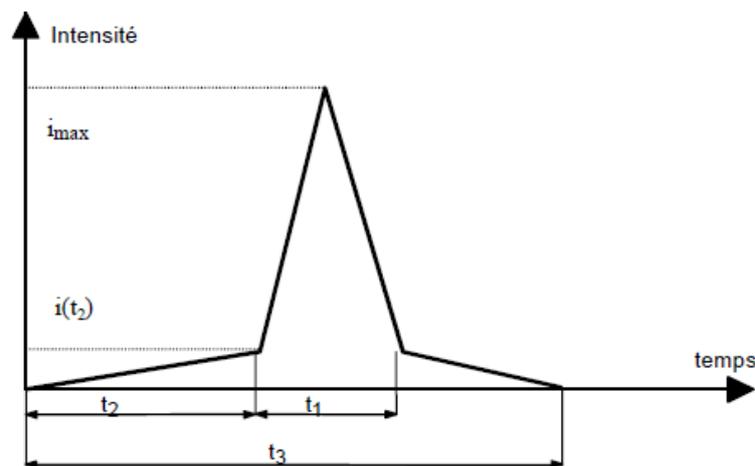


Figure 6. Exemple de pluie de projet double triangle (Source: Guide du Certu, 2003)

Une pluie de projet de ce type est entièrement définie par 5 paramètres :

- la durée totale t_3 , de quelques heures (usuellement 4 heures),
- la durée de la période de pluie intense t_1 ,
- l'intensité moyenne pendant la période intense i_1 ou l'intensité maximale i_{max} ,
- l'intensité moyenne en dehors de la période intense i_2 ou l'intensité au temps t_2 , $i(t_2)$.

Ce type de pluie de projet est très fréquemment employé pour la réalisation d'études hydrologiques [HAMMAR, 2009], et présente un certain nombre d'avantages. En premier lieu, ce type de pluie de projet apparaît comme relativement bien adapté à l'étude des réseaux d'assainissement de bassins versants urbains de superficies faibles à moyennes [DESBORDES, 1975], [DESBORDES, 1976]. Par ailleurs, la construction de telles pluies nécessite de disposer uniquement des coefficients de Montana de la station météorologique la plus proche de la zone d'étude, données facilement disponibles. Par ailleurs, un guide de construction détaillé de ces pluies est disponible [HEMAIN, 1986]. Ces pluies présentent également l'avantage d'être facilement modulables en fonction des effets attendus, ainsi, pour maximiser le débit de pointe et se trouver dans la situation la plus pénalisante, la durée de la période pluvieuse intense peut être prise égale au temps de concentration de chaque bassin versant. Par opposition, si le but recherché est de reproduire les effets d'une pluie

réelle, une seule pluie peut être appliquée sur l'ensemble des bassins versants étudiés. Les différentes pluies double triangle simulées ont été construites à partir des coefficients de Montana récupérés au niveau de la station pluviométrique Météo France de Marignane, comme indiqué précédemment. Le détail de leur construction ainsi que les différents paramètres retenus seront présentés en partie II.

Pour la transformation de la pluie brute en pluie « efficace » (ou pluie nette), représentant la fraction réelle de la pluie contribuant au débit injecté dans les réseaux, plusieurs fonctions de production sont disponibles sous Hydracity :

- le modèle Horner
- le modèle Holtan
- le modèle SCS
- le modèle à coefficient de ruissellement constant

Concernant la modélisation présentée ici, le modèle à coefficient de ruissellement constant a été retenu. Les fonctions de production de pluie nette utilisant la notion de coefficient de ruissellement supposent qu'à l'échelle de la surface réceptrice, la pluie nette ou le débit ruisselé peuvent s'exprimer sous la forme d'une fraction C de la pluie brute [CERTU, 2003]. Les pertes liées au ruissellement sont donc continues et proportionnelles à la pluie brute.

Le modèle particulier à coefficient de ruissellement constant est l'un des plus simples et des plus classiques en hydrologie urbaine [CERTU, 2003]. Des recherches expérimentales [DESBORDES, 1975] ont montré la prépondérance des surfaces imperméabilisées dans les processus de ruissellement, dans des proportions telles que l'apport des surfaces perméables peut être négligé si celles-ci représentent moins de 20% de la surface totale étudiée.

Dans le cas de bassins versants présentant un pourcentage (coefficient) d'imperméabilisation supérieur à 20%, le coefficient de ruissellement peut donc être considéré égal au coefficient d'imperméabilisation [DESBORDES, 1980], [CHOCAT *et al.*, 1981]. Cette hypothèse reste néanmoins fortement simplificatrice, de nombreux travaux ayant démontré la complexité inhérente à la détermination de la valeur d'un coefficient de ruissellement, cette dernière étant fortement influencée par de nombreux facteurs extérieurs tels que l'état initial des sols [LONGOBARDI *et al.*, 2003], [SHI *et al.*, 2006], [MERZ *et al.*, 2006]. Par ailleurs, les coefficients de ruissellement ainsi déterminés peuvent produire des valeurs de débit surestimées pour des pluies simulées d'intensités moyennes à faibles [CERTU, 2003]. Ceci étant lié à l'absence de prise en compte des pertes initiales (lame d'eau ne contribuant pas au ruissellement), notamment expliquées par des phénomènes tels que l'interception par le couvert végétal, le stockage dans les dépressions du sol ou l'évapotranspiration. Dans le cas de pluies plus intenses (supérieures à 40mm en 2h, les pertes initiales deviennent négligeables devant les pertes continues par ruissellement, et peuvent donc ne pas être considérées.

Le choix de cette fonction de production pour la modélisation intéressée ici a donc été retenu en raison d'une part des taux d'imperméabilisation rencontrés, et d'autre part au vu des pluies de projet simulées, de périodes de retour et donc d'intensités importantes.

L'étape de calcul suivante réalisée par le logiciel, consiste à déformer le signal de la pluie et de le transférer du bassin versant vers le réseau, il s'agit de la transformation de la pluie en débit à proprement dit. Ces opérations sont effectuées au moyen d'une fonction dite « fonction de transfert ». Ces fonctions correspondent à des modèles conservatifs, ce qui signifie que le volume de l'hydrogramme de pluie nette est égal à celui de l'hydrogramme à l'exutoire du bassin versant. Il en existe de différentes sorte selon leurs fondements théoriques, sous Hydracity sont disponibles les

modèles du réservoir linéaire ou de l'hydrogramme unitaire. Dans le cas présent, c'est le modèle du réservoir linéaire qui a été retenu. Ce dernier fait partie de la catégorie des modèles dits « conceptuels » [REFSGAARD, 1995], cherchant à représenter les principaux processus de la relation pluie-débit de manière globale, sans décrire le détail des phénomènes physiques sous-jacents. Le bassin versant est alors considéré comme un système opérant la transformation de la pluie qu'il reçoit en un débit à son exutoire [CERTU, 2003].

Dans le cas du modèle à réservoir linéaire, chaque bassin versant est perçu comme un réservoir qui temporise l'arrivée des pluies pour en restituer un débit, tout en conservant le volume d'eau précipitée. En outre, cette temporisation s'effectue de manière linéaire.

Les notions de temporisation linéaire et de conservation se traduisent par les Équation 5 et Équation 6 suivantes :

$$V(t) = K \cdot Q_s(t)$$

Équation 5. Temporisation linéaire

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

Équation 6. Conservation du volume

Avec :

- $V(t)$: volume de stockage,
- $Q_e(t)$: débit d'entrée déduit de la pluie nette,
- $Q_s(t)$: débit de sortie, hydrogramme à l'exutoire,
- K ou « Lag Time » : paramètre reflétant le temps de réponse du bassin versant, homogène à un temps. Il représente la durée comprise entre le centre de gravité du hétérogramme d'entrée et l'hydrogramme de sortie.

La Figure 7 ci-dessous présente une vue schématique du modèle à réservoir linéaire.

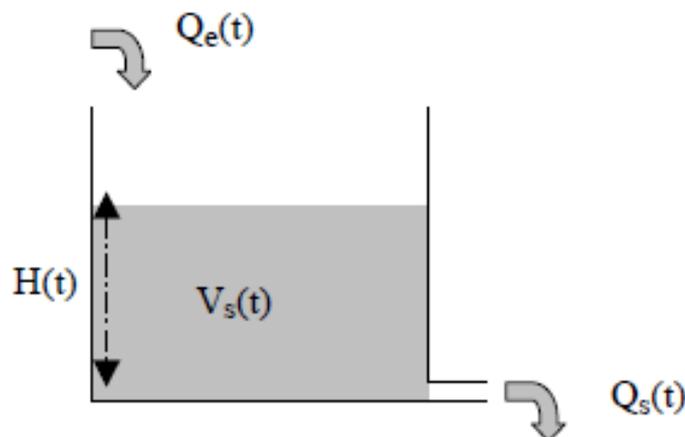


Figure 7. Schématisation du modèle à réservoir linéaire (Source : Guide du Certu, 2003)

Le paramètre K constitue l'unique paramètre du modèle, son estimation peut être approchée par la formule suivante (Cf. Équation 7), proposée par Desbordes [DESBORDES, 1975] pour des bassins versants urbains :

$$K = 5.07 \cdot A^{0.18} \cdot I^{-0.36} \cdot (1 + C)^{-1.9} \cdot L^{0.15} \cdot D^{0.21} \cdot H^{-0.07}$$

Équation 7. Estimation du paramètre K par l'ajustement de Desbordes

Avec :

| <u>Paramètre</u> | <u>Domaine d'ajustement</u> |
|--|-----------------------------|
| A : superficie du bassin versant (ha) | 0.04 < A < 5000 |
| I : pente équivalent du bassin versant (%) | 0.2% < I < 14.7% |
| C : coefficient de ruissellement (SD) | 0.2 < C < 1 |
| L : longueur équivalente du bassin versant (m) | 110 < L < 17800 |
| D : durée de la pluie intense (mn) | 5 < D < 180 |
| H : hauteur cumulée sur la période D (mm) | 5 < H < 240 |

Le choix du modèle à réservoir linéaire a principalement été motivé du fait de sa capacité, en association avec des pluies de projet de type double triangle, à relativement bien représenter le fonctionnement des réseaux d'assainissement dans le cas de bassins versants urbains [DESBORDES, 1976], [DESBORDES, 1980]. Cette approche permet également de tenir compte de l'effet de rétention temporelle exercée par les bassins versants durant les épisodes pluvieux, entraînant un transfert progressif des débits ruisselés vers les réseaux.

Module hydraulique du logiciel Hydracity

Un modèle hydraulique a pour but de simuler la propagation des hydrogrammes produits au préalable par un modèle hydrologique dans un réseau donné ainsi que leur transformation au niveau des singularités ou ouvrages de ce réseau. Deux familles principales de modèles hydrauliques sont distinguées [CERTU, 2003] :

- les modèles issus de la dynamique des systèmes, de type globaux ou conceptuels,
- les modèles issus de la mécanique des fluides et de l'hydrodynamique, dérivés du modèle complet de Barré de Saint Venant [BARRE DE SAINT VENANT].

Le module de calcul hydraulique d'Hydracity fait partie de cette seconde catégorie, les systèmes hydrauliques modélisés par ce dernier étant composés de 3 groupes d'entités interagissant entre elles :

- le domaine filaire constituant les réseaux,
- les entités surfaciques (principalement utilisées pour les modèles d'hydraulique fluviale),
- les stations de gestion utilisées pour la modélisation de singularités particulières,
- les liaisons latérales.

Le domaine filaire se constitue d'une juxtaposition de sous réseaux arborescents, eux-mêmes composés de branches de calcul connectées les unes aux autres par des confluences. Les branches sont composées de modules hydrauliques, répartis en 2 catégories :

- les tronçons élémentaires de collecteurs (canalisations, fossés ou rivières), délimités à leurs extrémités par des entités ponctuelles (symbolisant les regards présents sur le réseau) dont le fonctionnement hydraulique est régit par les équations de Barré de Saint Venant,
- les singularités hydrauliques comprenant entre autres les ouvrages de stockage et les points d'apports hydrologiques.

Chacune de ces entités comprend plusieurs points de calcul au niveau desquels le logiciel va déterminer une cote ou hauteur d'eau ainsi qu'un débit longitudinal, de valeur positive si celui-ci s'écoule dans le sens amont aval de la branche considérée. Par ailleurs, afin d'éviter les problèmes de calcul liés à la mise en charge des conduites, le logiciel utilise l'artifice de la fente de Preissmann. La Figure 8 illustre le domaine filaire modélisé par Hydracity.

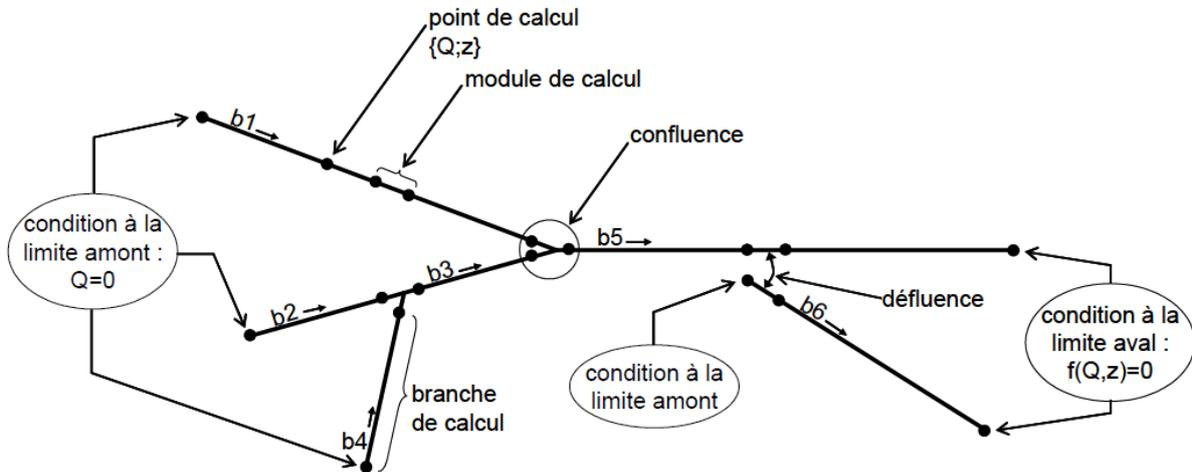


Figure 8. Schématisation du domaine filaire modélisé par Hydracity (Source: Manuel d'analyse setec hydratec)

Les stations de gestion sont des entités polygonales à l'intérieur desquelles sont regroupés un ensemble de nœuds de calcul, chaque nœud étant défini par une hauteur d'eau et une surface au miroir. Dans la pratique, ces entités n'ont d'utilité que lorsqu'elles sont mises en œuvre avec les liaisons latérales décrites ci-après.

Les liaisons latérales symbolisent des relations de transfert de débit entre les nœuds de calcul attachés à un domaine filaire, une entité surfacique ou une station de gestion. L'équation associée à chaque liaison est fonction soit du débit d'échange entre les nœuds considérés soit des hauteurs d'eau à ces mêmes nœuds.

En modélisation de systèmes d'assainissement, les entités de modélisation utilisées sous Hydracity sont donc : le domaine filaire, les stations de gestion (utilisées pour la modélisation de singularités de type bassin de stockage ou stations de pompage) et les liaisons latérales. La Figure 9 illustre l'utilisation de ces différents éléments par Hydracity.

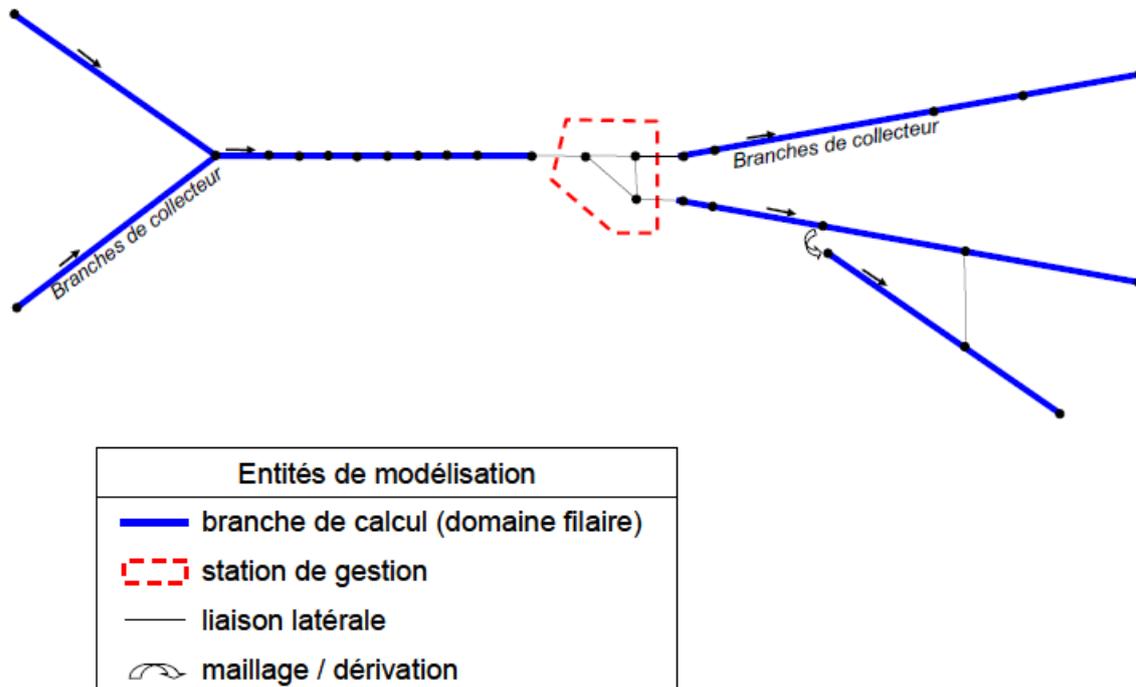


Figure 9. Concept de modélisation sous Hydracity appliqué aux réseaux d'assainissement (Source: Manuel d'analyse setec hydratec).

Les résultats de calcul produits par Hydracity peuvent être visualisés sous différentes formes, selon la volonté de l'utilisateur. Il est ainsi possible d'extraire :

- la synthèse des volumes précipités et ruisselés sur chaque bassin versant sous forme de tableaux,
- les valeurs minimales / moyennes / maximale de hauteur d'eau, de débit et de volume transité et / ou débordé ainsi que les valeurs de débit capable pour chacune des branches du modèle,
- des graphes représentant les lignes d'eau à un instant donné dans les tronçons souhaités, des graphes représentant les volumes transités et / ou débordés dans les tronçons ou les ouvrages de stockage souhaités,
- des visualisations cartographiques du réseau à tout instant de la simulation, permettant notamment de constater l'évolution des débordements au cours du temps.
- des vues animées en plan / des profils en long.

Les différentes modélisations effectuées devront permettre de satisfaire aux objectifs fixés par le CCTP, à savoir de diagnostiquer les différents réseaux en termes de capacité de transit ainsi que de proposer des aménagements visant à assurer le transit sans débordements du débit correspondant à une pluie de projet de période de retour décennale.

Les différentes méthodologies exposées successivement dans cette partie ont été mises en œuvre durant la réalisation des phases correspondantes du SDAP, afin de répondre aux attentes du maître d'ouvrage. Les parties suivantes du présent mémoire porteront sur la présentation des différentes productions issues de ces phases de travail.

II. PHASE 2 : CONNAISSANCE DU RESEAU ET DES OUVRAGES, ENQUETES DE TERRAIN

L'objet de cette partie consiste à présenter les travaux réalisés au cours du stage s'inscrivant dans le cadre de la réalisation de la phase 2 du SDAP du conseil de territoire Marseille Provence dont les objectifs sont les suivants :

- actualiser l'inventaire complet des réseaux et ouvrages composant les systèmes d'assainissement eaux pluviales du territoire, construire une base de données commune à l'échelle du conseil de territoire Marseille Provence,
- établir un pré-diagnostic du fonctionnement des réseaux, recenser les dysfonctionnements actuels connus, au travers des enquêtes de terrain,
- disposer de données topographiques en vue des travaux de modélisation.

La rédaction suivra une logique de séparation des différentes tâches effectuées, bien que celles-ci aient été dans la pratique réalisées simultanément, en fonction de leur degré de priorité.

Par ailleurs, chaque partie comportera en premier lieu une présentation globale des travaux réalisés, suivie en second lieu d'un focus sur la commune de Marignane, sur laquelle le stage s'est concentré lors de la réalisation des phases suivantes.

II.1. Préparation et organisation des données topographiques

Une attente fondamentale du maître d'ouvrage vis-à-vis de cette étape de travail consistait à disposer d'une connaissance exhaustive des réseaux et ouvrages EP relevant désormais de sa responsabilité en termes de gestion et d'entretien. L'acquisition de cette connaissance devant se formaliser par la création d'une base de données (BD réseau) homogène référençant les différents réseaux et ouvrages EP du territoire. Pour des raisons pratiques d'exploitation, le maître d'ouvrage a souhaité que cette base de données soit construite au format SIG. La construction de la BD réseau a donc constitué la finalité de cette étape de travail et s'est déroulée en plusieurs temps.

Tout d'abord, une pré-analyse des données topographiques fournies par la DEAP relatives aux réseaux EP des 18 communes a été effectuée dans le but de déterminer les traitements à réaliser en vue de leur intégration à la BD réseau. Ces traitements ont été de 3 différents types (Cf. §1.3.2.A), en fonction des données d'entrée disponibles.

Par ailleurs, certaines communes, notamment Châteauneuf les Martigues, ont fait l'objet d'opérations de construction (essentiellement de lotissements) récentes ou encore en cours ayant pour conséquence la création de nouveaux réseaux EP. Des démarches ont donc été entreprises auprès des différents aménageurs afin de récupérer les différents plans de récolement disponibles concernant les réseaux EP. Lorsque ces plans ont pu être obtenus, les informations qu'ils contenaient ont été intégrées aux plans des réseaux existants afin de les compléter avant leur intégration dans la BD réseau. Dans le cas contraire, les enquêtes de terrain réalisées sur la commune ont également permis de relever certaines parties de réseaux EP non représentées sur les plans existants.

Les données communales ont par la suite été traitées comme indiqué ci-dessus, certaines ayant également nécessité certaines opérations complémentaires de correction topologique, liées à la transformation de leur format numérique (conversion Autocad vers SIG notamment). Elles ont ensuite été intégrées à la BD réseau, définie comme suit :

La base de données réseau (BD réseau) construite pour le Schéma Pluvial AMP/MP est constituée de 6 tables au format SIG (shape) :

- Avaloir : avaloirs du réseau pluvial,
- Pt_Acces : regards et points d'accès au réseau pluvial enterré ou aérien,
- Bassin : bassin de rétention et / ou de traitement de la pollution,
- Troncon : tracé du réseau aérien et enterré,
- Troncon_sec : tracé du réseau enterré secondaire, liaisons entre les avaloirs et le réseau principal,
- St_Pompage : station de pompage du réseau pluvial.

La ville de Marseille disposant d'une base de données SIG des différents réseaux existants régulièrement mise à jour par le délégataire SERAMM, il a été convenu avec le maître d'ouvrage de reprendre en partie le format de cette base de données appelée FTA (fichier technique de l'assainissement). Le format des différentes tables ainsi créées est présenté dans le Tableau 3. Les altitudes sont renseignées en mètres NGF, les valeurs de cotes et de dimensions en mm, les longueurs en m, les surfaces en m² et les débits en m³/s.

Tableau 3. Format des différentes tables composant la BD réseau (Source : Rapport de phase 2 setec hydratec / ACRI-IN)

| Table | Objet géographique | Colonnes | Type de donnée | Détail |
|----------|-----------------------|---------------|-----------------------|--|
| Avaloir | Point | ID | Nombre entier (10) | Identifiant |
| | | Code_comm | Nombre entier (10) | Code INSEE commune |
| | | TRI_comm | Texte (5) | Trigramme commune |
| | | Commune | Texte (50) | Libellé commune |
| | | Profil_typ | Texte (5) | Profil type de l'avaloir (simple / grille ronde / grille longue) |
| | | Rotation | Nombre décimal (10,3) | |
| | | Parc_Int | Texte (24) | Parcelle interceptée |
| | | id_source | Texte (24) | Identifiant éventuel dans ancien SIG ou fichier DWG |
| | | Origine | Texte (24) | Origine des données |
| Pt_Acces | Point | ID | Nombre entier (10) | Identifiant |
| | | Code_comm | Nombre entier (10) | Code INSEE commune |
| | | TRI_comm | Texte (5) | Trigramme commune |
| | | Commune | Texte (50) | Libellé commune |
| | | Type_pt | Texte (5) | Type de point (regard, grille, fictif) |
| | | TN | Nombre décimal (10,3) | Cote TN |
| | | Radier | Nombre décimal (10,3) | Cote radier |
| | | Profondeur | Nombre décimal (10,3) | Profondeur |
| | | id_source | Texte (24) | Identifiant éventuel dans ancien SIG ou fichier DWG |
| | | Parc_Int | Texte (24) | Parcelle interceptée |
| | | Nature | Texte (5) | Matériaux |
| | | Origine | Texte (24) | Origine des données |
| Bassin | Polygone | ID | Nombre entier (10) | Identifiant |
| | | Code_comm | Nombre entier (10) | Code INSEE commune |
| | | TRI_comm | Nombre entier (5) | Trigramme commune |
| | | Commune | Texte (50) | Libellé commune |
| | | Type | Texte (50) | Type ouvrage (enterré, à ciel ouvert) |
| | | Vol_tot | Nombre décimal (10,3) | Volume total |
| | | Cote_max | Nombre décimal (10,3) | Cote haute |
| | | Cote_min | Nombre décimal (10,3) | Cote de fond |
| | | Hauteur | Nombre décimal (10,3) | Hauteur |
| Surf_max | Nombre décimal (10,3) | Surface haute | | |

| Table | Objet géographique | Colonnes | Type de donnée | Détail |
|-------------|--------------------|--------------------------------------|-----------------------|---|
| | | Surf_min | Nombre décimal (10,3) | Surface en fond |
| | | Qfuite | Nombre décimal (10,3) | Débit de fuite |
| | | Dim_fuite | Nombre décimal (10,3) | Dimension de l'orifice de fuite |
| | | Libellé | Texte (80) | Libellé bassin |
| | | Parc_Int | Texte (24) | Parcelle interceptée |
| | | id_source | Texte (24) | Identifiant éventuel dans ancien SIG ou fichier DWG |
| | | Domaine | Texte (24) | Domaine réel |
| | | Origine | Texte (24) | Origine des données |
| Tronçon | Polyligne | ID | Nombre entier (10) | Identifiant |
| | | Code_comm | Nombre entier (10) | Code INSEE commune |
| | | TRI_comm | Texte (5) | Trigramme commune |
| | | Commune | Texte (50) | Libellé commune |
| | | Profil_typ | Texte (5) | Profil type de la section (Cf. FTA SERAMM) |
| | | Dim_1 | Nombre décimal (10,3) | Dimension 1 : hauteur |
| | | Dim_2 | Nombre décimal (10,3) | Dimension 2 : largeur |
| | | Dim_3 | Nombre décimal (10,3) | Dimension 3 : hauteur dessus cunette |
| | | Dim_4 | Nombre décimal (10,3) | Dimension 4 : largeur cunette |
| | | Dim_5 | Nombre décimal (10,3) | Dimension 5 : largeur hors cunette |
| | | TN_amont | Nombre décimal (10,3) | TN amont |
| | | FE_amont | Nombre décimal (10,3) | Fil d'eau amont |
| | | TN_aval | Nombre décimal (10,3) | TN aval |
| | | FE_aval | Nombre décimal (10,3) | Fil d'eau aval |
| | | Long | Nombre décimal (10,3) | Longueur |
| | | Pente | Nombre décimal (10,5) | Pente |
| | | Nat_paro | Texte (5) | Nature paroi |
| | | Type_TRC | Texte (5) | Type de tronçon |
| | | id_source | Texte (24) | Identifiant éventuel dans ancien SIG ou fichier DWG |
| | | Parc_Int | Texte (24) | Parcelle interceptée |
| Libellé | Texte (80) | Libellé des cours d'eau et ruisseaux | | |
| Domaine | Texte (24) | Domaine foncier réel | | |
| Origine | Texte (24) | Origine des données | | |
| Tronçon_sec | Polyligne | Identique table Tronçon | | |
| St_Pompage | Point | ID | Nombre entier (10) | Identifiant |
| | | Code_comm | Nombre entier (10) | Code INSEE commune |
| | | TRI_comm | Texte (5) | Trigramme commune |
| | | Commune | Texte (50) | Libellé commune |
| | | Radier | Nombre décimal (10,3) | Cote radier |
| | | Deversoir | Nombre décimal (10,3) | Cote déversoir |
| | | Vol_Bache | Nombre décimal (10,3) | Volume bache |
| | | Qpomp | Nombre décimal (10,3) | Débit total |
| | | NB_pomp | Nombre entier (5) | Nombre de pompes |
| | | id_source | Texte (24) | Identifiant éventuel dans ancien SIG ou fichier DWG |
| | | Origine | Texte (24) | Origine des données |

Le champ (ou colonne) « profil type » des tables « tronçon » et « tronçon secondaire » codifie la forme géométrique de la section d'écoulement. L'annexe 3 présente les différents codes utilisés ainsi qu'un schéma illustrant la section correspondante.

Suite à la construction de cette base de données unique, un premier bilan quantitatif a pu être élaboré afin de fournir au maître d'ouvrage des valeurs concrètes sur le patrimoine de réseaux relevant de sa gestion. Le Tableau 4 présente les résultats de ce bilan.

Un jeu de cartes à échelle communale a également été fourni au maître d'ouvrage (Cf.

Figure 10).

Tableau 4. Bilan quantitatif par catégories de réseaux (Source : rapport de phase 2, setec hydratec, ACRI-IN)

| Linéaire en km par type | | Ruisseaux / Fossés | Réseaux enterrés | Autres | Total |
|---------------------------|-----|--------------------|------------------|-----------|-----------------|
| Châteauneuf-les-Martigues | CHN | 8 | 28 | | 36 |
| Gignac-la-Nerthe | GNC | 34 | 18 | 8 | 60 |
| Marignane | MRG | 4 | 28 | | 32 |
| Saint-Victoret | SVC | 6 | 22 | | 28 |
| Le Rove | LRV | 2 | 2 | 4 | 8 |
| Carry-le-Rouet | CLR | ND | ND | ND | ND |
| Ensuès-la-Redonne | ELR | 8 | 10 | | 18 |
| Sausset-les-Pins | SST | 10 | 24 | | 34 |
| Allauch | ALL | 20 | 44 | | 64 |
| Marseille | MRS | 122 | 520 | 8 | 650 |
| Plan-de-Cuques | PDC | 2 | 12 | | 14 |
| Septèmes-les-Vallons | SLV | 2 | 20 | | 22 |
| Carnoux-en-Provence | CRN | 0 | 20 | | 20 |
| Cassis | CSS | 38 | 16 | 2 | 56 |
| Ceyreste | CEY | 6 | 4 | | 10 |
| La Ciotat | LCT | 18 | 36 | | 54 |
| Gémenos | GEM | 24 | 12 | | 36 |
| Roquefort-la-Bédoule | RLB | 0 | 10 | 2 | 12 |
| Total | | 304 | 826 | 24 | 1 154 km |

Une démarche identique a été réalisée concernant les bassins de rétention (Cf. Tableau 5).

Tableau 5. Bilan quantitatif des ouvrages de rétention (Source : rapport de phase 2, setec hydratec / ACRI-IN)

| Bassins de rétention | | Nombre | Volume total estimé (m ³) |
|---------------------------|-----|--------|---------------------------------------|
| Châteauneuf-les-Martigues | CHN | 15 | 12 400 |
| Gignac-la-Nerthe | GNC | 13 | 25 000 |
| Marignane | MRG | 3 | 6 000 |
| Saint-Victoret | SVC | 1 | 330 |
| Le Rove | LRV | 1 | 250 |
| Carry-le-Rouet | CLR | 3 | 5 000 |
| Ensuès-la-Redonne | ELR | 5 | 5 000 |
| Sausset-les-Pins | SST | 4 | 10 000 |
| Allauch | ALL | 8 | 7 800 |
| Marseille | MRS | 77 | 160 000 |
| Plan-de-Cuques | PDC | 5 | 2 100 |
| Septèmes-les-Vallons | SLV | 4 | 7 500 |
| Carnoux-en-Provence | CRN | 11 | 4 000 |
| Cassis | CSS | 11 | 12 500 |
| Ceyreste | CEY | 0 | 0 |
| La Ciotat | LCT | 17 | 40 000 |
| Gémenos | GEM | 17 | 118 000 |

| | | | |
|----------------------|-----|------------|------------------------------|
| Roquefort-la-Bédoule | RLB | - | - |
| Total | | 183 | 415 880 m³ |

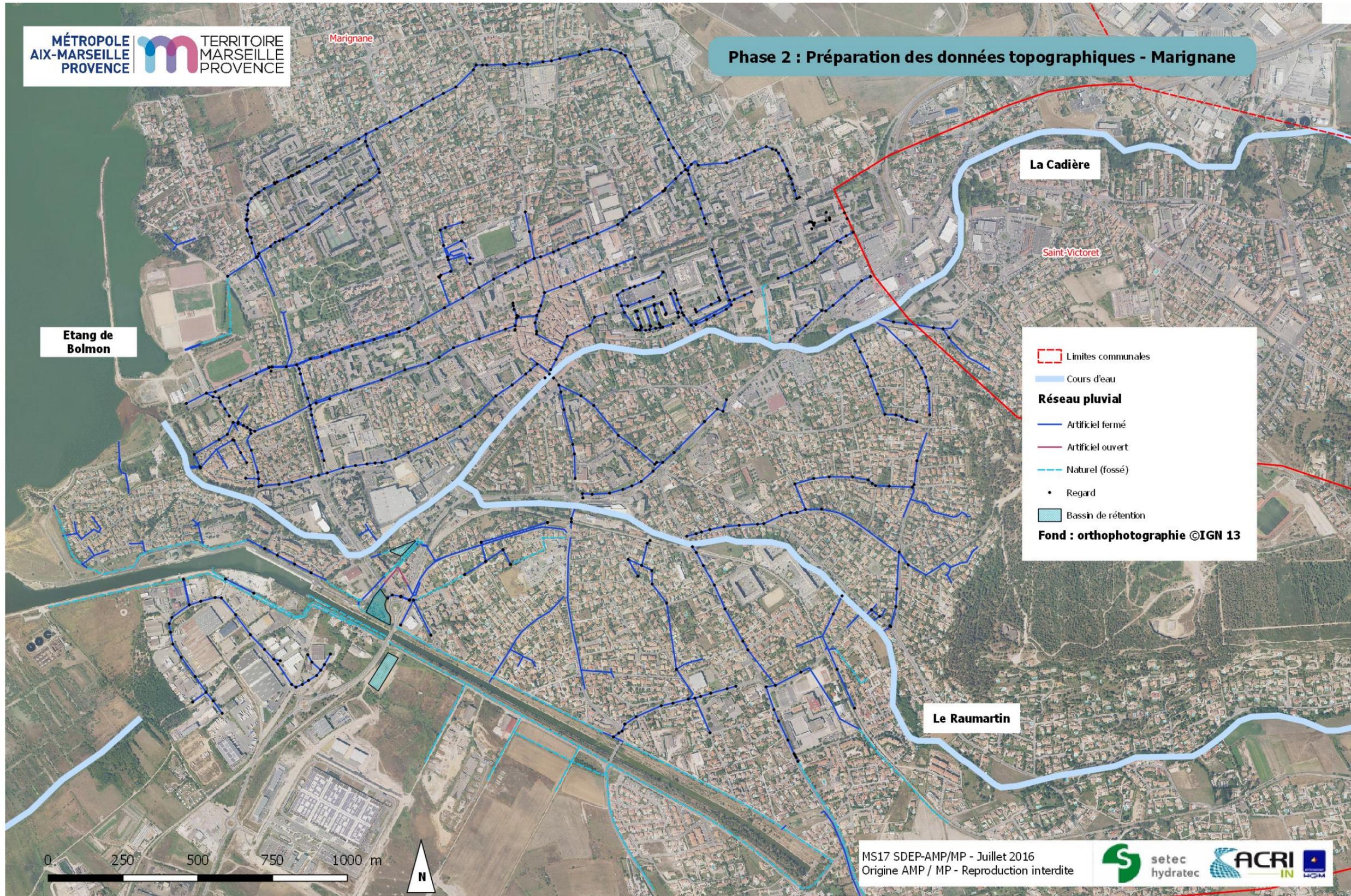


Figure 10. Exemple de rendu cartographique de phase 2 : réseau pluvial de Marignane

I.2. Réalisation des enquêtes terrain

II.2.1. Démarche générale

Les enquêtes terrain constituent une étape indispensable lors de la réalisation d'un SDAP, celles-ci permettant d'une part d'appréhender physiquement le fonctionnement des différents réseaux et d'autre part d'identifier les principaux points sensibles pouvant présenter un risque pour les biens et les personnes. A ce titre, ces enquêtes ont représenté une part importante du travail réalisé en phase 2 et ont eu pour finalités de :

- compléter et valider la connaissance des systèmes d'assainissement pluvial acquise suite aux travaux de préparation et d'organisation des données topographiques dans le but de mettre à jour les plans et de compléter la BD réseau,
- de prendre connaissance et d'identifier éventuellement *in situ* des dysfonctionnements des réseaux, les sectoriser et les quantifier,
- d'appréhender de façon plus précise l'étude dans sa globalité (occupation des sols, densité d'habitat, topographie, zones d'infiltration, ...) afin de détenir tous les critères nécessaires à, d'une part proposer au maître d'ouvrage des interventions prioritaires à réaliser (entretien, réparations) et d'autre part définir les contraintes en vue de l'établissement du zonage pluvial (phase ultérieure du SDAP).

Le programme des reconnaissances a ainsi été établi en fonction des données collectées en phase 1 (anciens SDAP communaux, plans des réseaux, études hydrauliques spécifiques locales, entretiens avec les personnels communaux) ainsi que du travail de phase 2 préalablement réalisé sur les données topographiques.

Comme mentionné dans le CCTP (Cf. §1.3.2), des fiches terrain ont été produites suite à ces enquêtes, recensant 3 catégories de points particuliers : ouvrages, dysfonctionnements et exutoires. Ces fiches ont été regroupées par commune et organisées par grand bassin versant (Cf. Tableau 6).

Tableau 6. Répartition des communes par grand bassin versant (Source : rapport de phase 2, setec hydratec / ACRI-IN)

| Bassin versant | Commune |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Etang de Bolmon / Etang de Berre | Châteauneuf-les-Martigues |
| | Gignac-la-Nerthe |
| | Marignane |
| | Saint-Victoret |
| Côte Bleue | Le Rove |
| | Carry-le-Rouet |
| | Ensuès-la-Redonne |
| | Sausset-les-Pins |
| Littoral Marseille | Allauch |
| | Marseille |
| | Plan-de-Cuques |
| | Septèmes-les-Vallons |
| Baie de Cassis et Baie de La Ciotat | Carnoux-en-Provence |
| | Cassis |
| | Ceyreste |
| | La Ciotat |
| | Gémenos |
| | Roquefort-la-Bédoule |

Les fiches terrains réalisées ont été construites sur le modèle présenté en annexe 4. A la demande du maître d'ouvrage, celles-ci comportent d'une part un descriptif détaillé de l'élément présenté mais également un « niveau de risque » permettant de hiérarchiser les différentes fiches entre elles. Ce dernier vise à orienter le maître d'ouvrage vers des actions à réaliser en priorité afin de corriger ou de prévenir certains dysfonctionnements des réseaux pouvant présenter un risque pour les biens et les personnes. L'annexe 7 propose un exemple de chaque type de fiche.

L'ensemble des éléments rapportés dans les différentes fiches ont ensuite été intégrés dans une base de données au format SIG composée de 3 tables : ouvrages (OH), dysfonctionnements (DY) et exutoires (EX). L'intérêt d'une telle base de données réside dans le fait de fournir un support visuel permettant de localiser les différents éléments identifiés ainsi que de définir des zones prioritaires d'intervention (contenant une forte densité de dysfonctionnements). Le Tableau 7 suivant présente une synthèse des différentes fiches classées par type réalisées pour chaque commune.

Tableau 7. Synthèse des fiches réalisées par commune et par catégorie

| Commune | OH Ouvrages | DY Dysfonctionnements | EX Exutoires | Nb de dysfonctionnements / km linéaire de réseau |
|---------------------------|----------------|--------------------------|-----------------|---|
| Châteauneuf-les-Martigues | 17 | 10 | 13 | 0.28 |
| Gignac-la-Nerthe | 11 | 5 | 3 | 0.08 |
| Marignane | 4 | 22 | 37 | 0.69 |
| Saint-Victoret | 7 | - | 10 | - |
| Sausset-les-Pins | 5 | 6 | 9 | 0.18 |
| Carry-le-Rouet | 5 | 4 | 10 | - |
| Ensuès-la-Redonne | 7 | 6 | 4 | 0.33 |
| Le Rove | 3 | 8 | 1 | 1.00 |
| Septèmes-les-Vallons | 5 | 2 | - | 0.09 |
| Allauch | 24 | 3 | 10 | 0.05 |
| Plan-de-Cuques | 6 | 3 | 8 | 0.21 |
| Marseille | 34 | 186 | 86 | 0.29 |
| Cassis | 11 | 6 | 13 | 0.11 |
| Carnoux-en-Provence | 12 | 2 | 9 | 0.10 |
| Gémenos | 17 | 2 | 7 | 0.06 |
| Roquefort-la-Bédoule | - | - | - | - |
| Ceyreste | 2 | 2 | 5 | 0.20 |
| La Ciotat | 24 | 2 | 20 | 0.04 |
| Total | 194 | 269 | 245 | - |

Les résultats présentés dans le Tableau 7 permettent de dégager une première tendance quant aux communes pouvant être définies comme prioritaires au regard du nombre de dysfonctionnements relevés rapporté à leur linéaire de réseau.

Sur la base de ce classement, la commune du Rove constitue la commune la plus problématique avec un dysfonctionnement recensé par kilomètre de réseau. Toutefois, cette commune ne compte que 8km de réseau essentiellement constitué de fossés à ciel ouvert, la plupart longeant les routes d'accès à la commune. La majeure partie de la zone urbanisée de la commune n'est donc pas couverte par le réseau et de ce fait, la majorité des anomalies constatées ne constituent pas un risque pour les biens ou les personnes. En revanche, l'absence de réseau pluvial constitue une anomalie et devra être corrigée dans la mesure du possible.

La seule lecture de ces résultats ne peut donc suffire à déterminer précisément les secteurs d'intervention prioritaires, elle doit être complétée par une connaissance globale du terrain et des enjeux locaux.

La commune de Marignane représente également un secteur prioritaire avec un ratio de 0.7 dysfonctionnement par kilomètre de réseau, le plus élevé derrière Le Rove. Cependant, contrairement à cette dernière commune, le territoire de Marignane est fortement urbanisé (la commune abrite la deuxième population de la zone d'étude après Marseille) et comporte un certain nombre d'enjeux : zones industrielles, aéroport international Marseille Provence. Cette commune peut donc être raisonnablement considérée comme un secteur d'intervention prioritaire sur lequel des interventions doivent être réalisées dans le but de rétablir le bon fonctionnement du réseau pluvial.

II.2.2. Focus sur la commune de Marignane

La commune de Marignane est bordée au Nord par l'étang de Bolmon et traversée par 2 cours d'eau : la Cadière et le Raumartin. Topographiquement la commune présente un profil relativement plat comportant 2 axes d'écoulements principaux : Sud / Nord et Est / Ouest. Par ailleurs, Marignane se situe à la confluence des bassins versants drainant les communes de Saint-Victoret et de Gignac-La-Nerthe, collectant de ce fait des volumes conséquents d'eaux pluviales de provenance extérieure à la commune. Le réseau pluvial est composé, de 28 km de canalisations enterrées (88 % du linéaire total) et de 4 km de fossés aériens (12 % du linéaire total).

Suite aux enquêtes terrain, 63 fiches présentant l'ensemble des ouvrages hydrauliques, singularités, dysfonctionnements et exutoires reconnus sur la commune ont été réalisées, réparties comme suit :

- 4 fiches OH ouvrages / singularités
- 22 fiches DY dysfonctionnements
- 37 fiches EX exutoires

L'ensemble de ces éléments sont localisés sur la Figure 11.

A. Ouvrages hydrauliques / singularités

Le Tableau 8 ci-dessous synthétise les résultats relatifs aux ouvrages hydrauliques / singularités recensés lors des campagnes de terrain.

Tableau 8. Synthèse des ouvrages / singularités relevés sur la commune de Marignane

| Caractéristiques | N° de fiche - MRG-OH |
|----------------------------------|----------------------|
| OH en bon état de fonctionnement | 01, 02, 03, 04 |
| Bassin de rétention | 02, 03, 04 |
| Dégrilleur | 01 |
| Séparateur à hydrocarbures | - |
| Chambre à sable / Décanteur | - |
| Entretien urgent | - |

Aucun ouvrage ne nécessite d'intervention urgente. En revanche, tous doivent faire l'objet d'un entretien régulier. Lors des campagnes de terrain, tous les ouvrages étaient propres et en bon état de fonctionnement.

Phase 2 : Enquête de terrain : Marignane

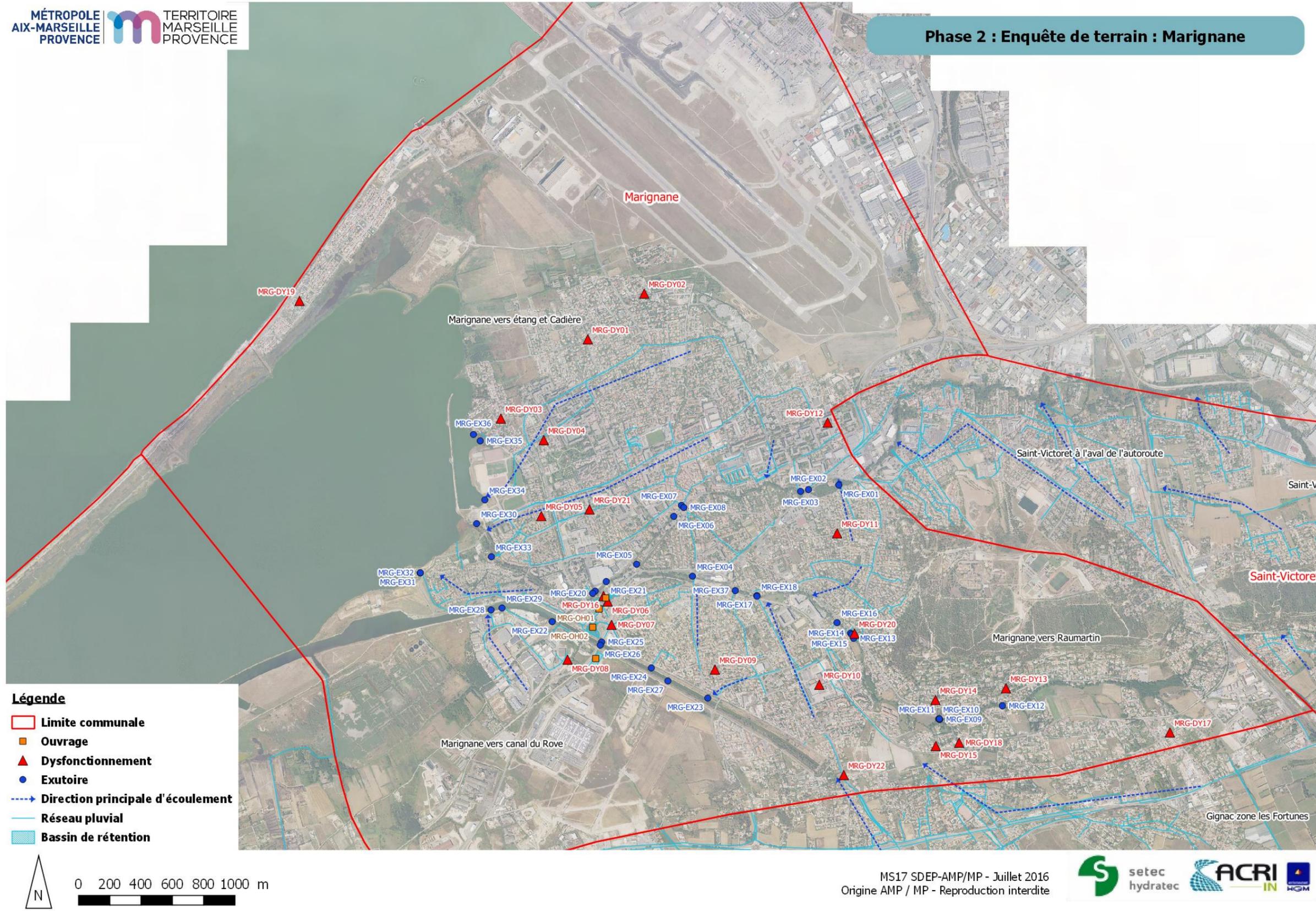


Figure 11. Carte de localisation des différents éléments relevés lors des enquêtes terrain réalisées sur la commune de Marignane

Toutefois, le bassin de rétention identifié comme l'OH-02, bien que ne présentant pas de défaut majeur de fonctionnement, pourrait être optimisé. En effet, au vu de sa surface au sol (environ 5000m²), ce bassin présente une capacité de stockage très limitée en raison de sa faible profondeur. En conséquence, les eaux pluviales ne font que transiter par cet ouvrage sans être stockées. Des travaux de terrassement / excavations sur quelques dizaines de centimètres permettraient de manière simple d'augmenter le volume de stockage de façon conséquente. (Un décaissement de 1m permettrait de créer un volume disponible supplémentaire de 5000m³).

B. Dysfonctionnements

Lors des campagnes de terrain, 22 dysfonctionnements en lien avec le réseau pluvial de la commune ont été relevés. La majorité de ces derniers peuvent potentiellement représenter un risque pour les biens et les personnes et doivent faire l'objet à ce titre d'interventions urgentes de la part du maître d'ouvrage. Le Tableau 9 ci-dessous présente les caractéristiques de ces différents dysfonctionnements.

Tableau 9. Synthèse des dysfonctionnements relevés sur la commune de Marignane

| Caractéristiques | N° de fiche - MRG-DY |
|--|--|
| Dommages structurels (ouvrage dégradé, absence de réseaux, etc...) | 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22 |
| Risques sur biens (publics/privés) | 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 |
| Risques sur personnes | 10, 17 |
| Entretien urgent | 06, 08 |
| Travaux urgents | 01, 02, 03, 04, 05, 07, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 |

Parmi les 22 dysfonctionnements recensés, 20 ont été répertoriés comme nécessitant des interventions urgentes à réaliser (Cf. Tableau 9). Toutefois, une deuxième analyse permet d'en identifier 3 devant être traités en priorité :

=> MRG-DY17 (Rue des vignes) : Ce secteur comporte 2 bassins de rétention en série (Cf. Figure 12) situés à l'exutoire de lotissements récemment construits. Le fonctionnement actuel de ces ouvrages ne leur permet pas d'assurer les fonctions pour lesquelles ils ont été aménagés.



Figure 12. Photographie du bassin de rétention aval

L'exutoire d'origine de ces 2 bassins en série est actuellement totalement obstrué, l'évacuation des eaux se fait donc par surverse vers un fossé pluvial sous dimensionné longeant la route et décrivant un virage à 90° quelques dizaines de mètres en aval des ouvrages (Cf. Figure 13). Au niveau du virage, des habitations sont présentes en contrebas de la chaussée et se trouvent donc régulièrement exposées à des inondations lorsque le fossé déborde. Selon le témoignage d'un riverain, ce dysfonctionnement s'est manifesté dès la construction de ces ouvrages de rétention.

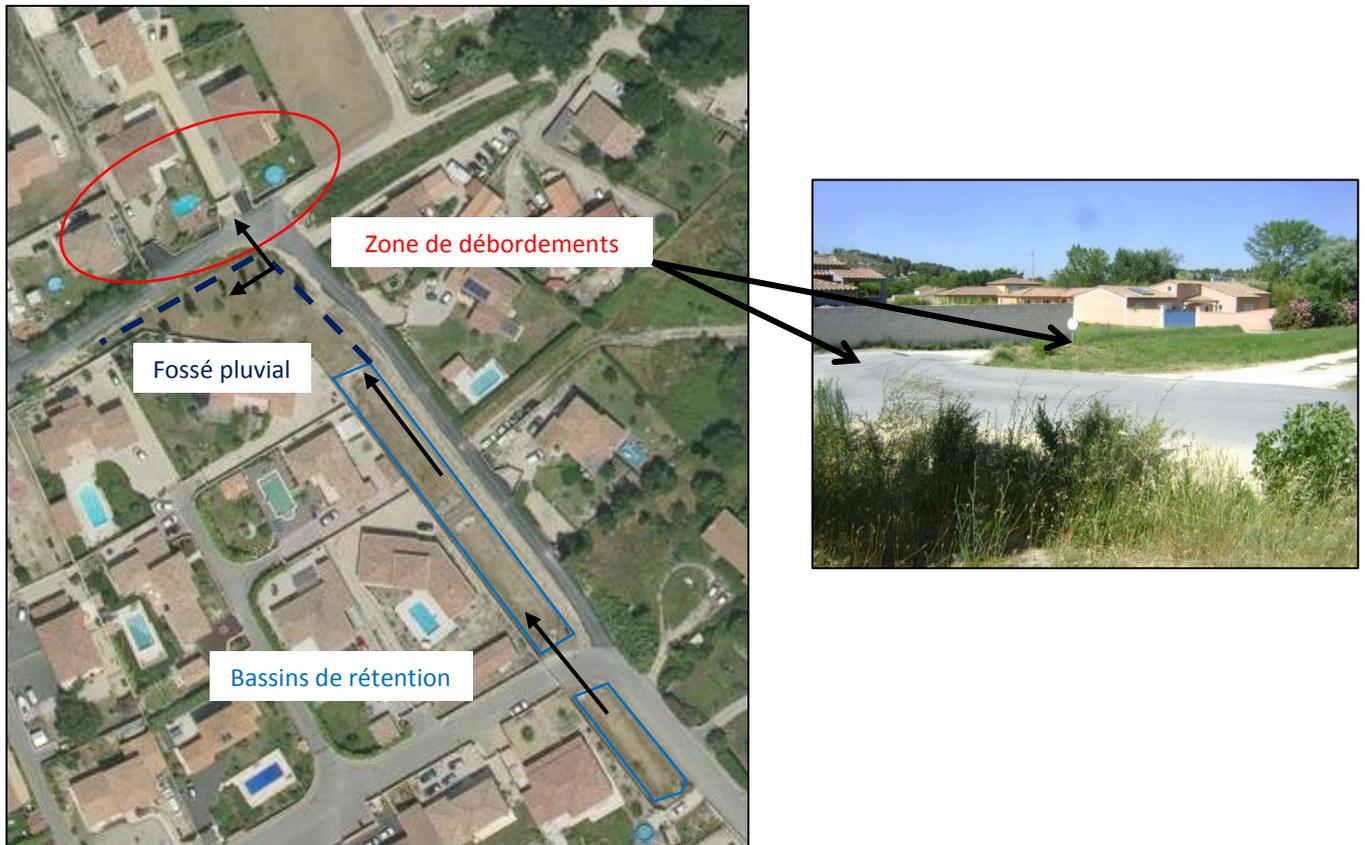


Figure 13. Vue aérienne du secteur et photographie de la zone de débordements

Des travaux de recalibrage du fossé actuels pourraient dans un premier temps être réalisés afin de pallier aux inondations fréquentes des habitations, complétés dans un deuxième temps d'une remise en service de l'exutoire d'origine des ouvrages de rétention afin d'éviter la stagnation de l'eau.

=> **MRG-DY22 (RD 48A)** : Une conduite de diamètre 1200 cheminant sous la chaussée permet de transiter une partie des eaux pluviales de la commune de Gignac la Nerthe vers un ouvrage de rétention situé sur la commune de Marignane (Rue Robert Schuman). Cette conduite, du fait de son ancienneté et d'un manque d'entretien régulier est aujourd'hui colmatée à 50%. En raison de la profondeur et de sa vétusté, les opérations de curage entreprises sur celle-ci ont dû être stoppées pour cause de sécurité. Bien qu'aucun désordre majeur n'ait été constaté sur ce tronçon jusqu'ici, des actions préventives doivent être engagées afin de prévenir d'éventuels dégâts importants (débordements, affaissement de la voirie).

=> **MRG-DY21 Rue (Marius Ruinat)** : L'ouvrage cadre constituant le réseau principal d'évacuation des eaux pluviales de cette rue n'a pas été réalisé dans les règles de l'art. Le recouvrement minimal de l'ouvrage n'a pas été respecté, et aucun blindage ne vient protéger la génératrice supérieure de la canalisation. L'importante fréquentation automobile associée à ce recouvrement insuffisant a provoqué l'effondrement partiel de l'ouvrage entraînant la fermeture d'une voie de circulation (Cf.

Figure 14). Lors de la reconnaissance de terrain, il a été constaté un recouvrement insuffisant de ce même réseau sur environ 150 mètres. Des travaux urgents de blindage doivent être entrepris de façon à sécuriser la circulation.



Figure 14. Effondrement d’une partie de la voirie Rue Marius Ruinat

C. Exutoires

La commune de Marignane compte 37 exutoires pluviaux répartis entre les différents milieux récepteurs présents :

- Rivière le Raumartin : 12 exutoires,
- Rivière la Cadière : 11 exutoires,
- Canal du Rove : 8 exutoires,
- Etang de Bolmon : 6 Exutoires

Il est à noter qu’en définitive, l’ensemble des rejets pluviaux aboutissent dans l’Etang de Bolmon, ce dernier constituant l’exutoire des différents milieux récepteurs cités précédemment.

Le Tableau 10 suivant synthétise les anomalies rencontrées au niveau de ces exutoires lors des campagnes de terrain.

Tableau 10. Synthèse des anomalies rencontrées au niveau des exutoires de Marignane

| Caractéristiques | N° de fiche – MRG-EX |
|--------------------------|--------------------------------|
| Défauts structurels | - |
| Dépôts | 02, 04, 09, 13, 14, 33, 34, 35 |
| Végétation | - |
| Pollution(s) visible(s)* | - |

Sur l’ensemble des exutoires visités, 8 peuvent être considérés comme problématiques car partiellement obstrués par des dépôts sédimentaires et / ou des déchets divers drainés par le réseau. Par ailleurs, 5 de ces derniers sont partiellement en eau de façon permanente, la cote de leur radier étant inférieure au niveau de l’eau du milieu récepteur correspondant. Ceci peut causer des mises en charges du réseau lors de fort épisodes pluvieux associés à des niveaux d’eau élevés (pour la Cadière et le Raumartin) et potentiellement diminuer la capacité d’évacuation de ce dernier.

La commune de Marignane est soumise à de nombreux dysfonctionnements relatifs à la gestion des eaux pluviales. En premier lieu, bien que des réseaux principaux relativement étendus existent, plusieurs quartiers ne sont actuellement pas desservis. Ce constat est indépendant de localisation de ces derniers, certains se trouvant dans des secteurs isolés tandis que d'autres sont situés à proximité de zones desservies par une antenne principale. Ceci peut s'expliquer en partie par le fait que la prise en compte de la gestion des eaux pluviales dans les projets et opérations d'aménagements urbains ne constitue qu'une obligation récente. L'évolution de la réglementation peut concrètement se constater sur le terrain au niveau d'espaces urbains récemment aménagés, disposant systématiquement de réseaux EP et de bassins de rétention (nouvelle ZAC au Sud Est de la commune).

En second lieu, les réseaux existants connaissent de nombreux problèmes structuraux et capacitaires (Cf. §IV). La configuration topographique de la commune, localisée en bordure de l'étang de Bolmon (niveau 0 NGF), et présentant un gradient altimétrique très faible, contribue majoritairement à ces difficultés. Les très faibles pentes disponibles pour la pose des réseaux impliquent de devoir disposer de diamètres conséquents pour une évacuation correcte des eaux (Cf. §IV), ce qui n'est en pratique pas toujours réalisable. Par ailleurs, de très faibles pentes sont synonymes de dépôts potentiellement importants dans les conduites entraînant une diminution de capacité de ces dernières. D'autre part, la vétusté de certaines branches du réseau cause des anomalies structurelles pouvant engendrer des risques importants pour les biens et les personnes (Cf. §II.2.2.C).

Dans le cadre de la réalisation du SDAP, les dysfonctionnements jugés les plus préoccupants ont été rapportés au maître d'ouvrage accompagnés de certaines recommandations sur les actions à réaliser. Concernant les travaux les plus conséquents et les plus coûteux de création de réseaux, la priorité devra être déterminée en fonction d'une analyse plus fine des perturbations causées aux riverains.

La réalisation de la phase 2 du SDAP a, en premier lieu, permis de satisfaire à la demande du maître d'ouvrage concernant l'acquisition d'une connaissance fine du patrimoine relevant désormais de sa gestion, au travers de la construction de la base de données unique « BD réseau ». Cette base de données regroupe l'ensemble des données actuelles existantes concernant les infrastructures pluviales des 18 communes du territoire d'étude, et pourra être complétée au fil de son exploitation. Les enquêtes de terrain ont quant à elles permis de compléter cette connaissance patrimoniale par un descriptif de l'état de fonctionnement actuel des différents réseaux communaux. Les fiches terrain produites à la suite de ces enquêtes consignent les éléments significatifs rencontrés, et notamment les fiches dysfonctionnements, permettront au maître d'ouvrage d'engager des opérations correctives en fonction de leur niveau de priorité.

Plus généralement, cette phase de travail aura également permis de cerner plus précisément les particularités et les enjeux locaux qui devront être pris en compte lors de la réalisation des phases ultérieures du SDAP et particulièrement pour l'établissement du zonage pluvial.

La connaissance globale des réseaux et de leur état de fonctionnement actuel étant à présent acquise de façon qualitative, les phases de travail suivantes devront permettre de caractériser leur fonctionnement de manière quantitative, notamment au travers de modélisations hydrologiques et hydrauliques. Des solutions de gestion à long terme pourront alors être proposées.

III. PHASE 3 : ANALYSE HYDROLOGIQUE

La présente partie s'attache à décrire les travaux réalisés dans le cadre de la phase 3 du SDAP, concernant principalement le volet hydrologique de l'étude. Ce dernier regroupe notamment les points suivants :

- analyse statistique des données pluviométriques issues des postes gérés par le SERAMM en vue d'une comparaison avec les données Météo France (stations de Marignane, Marseille et Cassis),
- choix d'un jeu de pluies de référence utilisé par la suite pour le calcul des différents débits hydrologiques en chaque nœud du réseau (Cf. §IV),
- détermination et caractérisation des bassins versants du territoire.

Le premier point mentionné ci-dessus n'ayant pas fait partie des tâches réalisées durant le stage, seront uniquement présentés dans cette partie les principaux résultats issus de ces travaux, en raison de leur exploitation pour la réalisation de la suite de l'étude. Les points suivants seront quant à eux développés plus en détails dans les paragraphes suivants.

III.1. Analyse pluviométrique globale

Comme mentionné dans le CCTP (Cf. I.3.3), l'objectif de ce travail a consisté à comparer les données issues du réseau de pluviomètres installé sur la ville de Marseille (géré par le SERAMM) à celles issues des stations Météo France locales. La finalité recherchée étant de déterminer le choix le plus pertinent des stations à exploiter pour le choix des pluies de référence, il a notamment été recherché si une variabilité spatiale significative existait entre les différentes stations SERAMM.

Dans un premier temps, les durées de retour de précipitations ont été récupérées aux 3 stations Météo France pour les pas de temps suivants : 30mn, 1h, 3h, 6h et 12h. Les hauteurs de pluies correspondant aux périodes de retour 1 an et 2 ans ont également été récupérées pour les mêmes pas de temps. A partir de ces données, des courbes IDF ont ensuite été tracées, comme présenté sur la Figure 15.

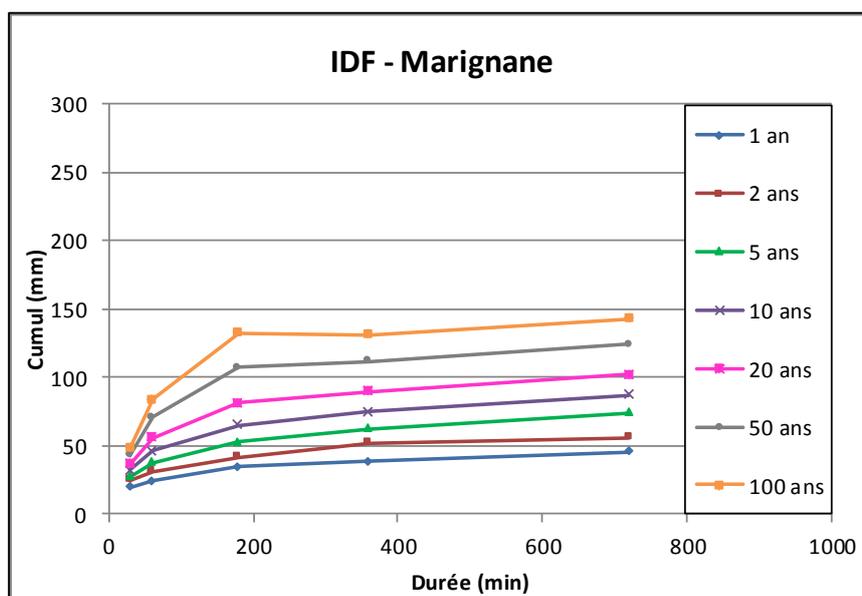


Figure 15. Courbes IDF obtenues pour la station de Marignane (Source : Rapport setec hydratec)

Dans un second temps, le réseau des 26 pluviomètres gérés par le SERAMM a été analysé afin de sélectionner les postes retenus pour l'analyse comparative sur base des critères suivants : disposer d'au moins 10 années d'enregistrement et n'utiliser que les années complètes afin de ne pas sur-représenter une saison particulière par rapport à d'autres plus ou moins pluvieuses. Suite à cette analyse, 22 postes ont finalement été retenus pour lesquels ont été extraits les cumuls pluviométriques maximums aux pas de temps 30mn, 1h, 3h, 6h et 12h.

Différents ajustements statistiques ont ensuite été réalisés (Cf. I.3.3) sur ces données, à partir des cumuls maximums annuels (loi de Gumbel et Loi GEV) ou des cumuls maximums par événements pluvieux (méthode du renouvellement). En raison de son adéquation aux objectifs recherchés ainsi qu'aux données d'entrée disponibles, les résultats des ajustements par la méthode du renouvellement ont été retenus pour la comparaison aux données Météo France. La Figure 16 présente un exemple des comparaisons effectuées entre les différentes données.

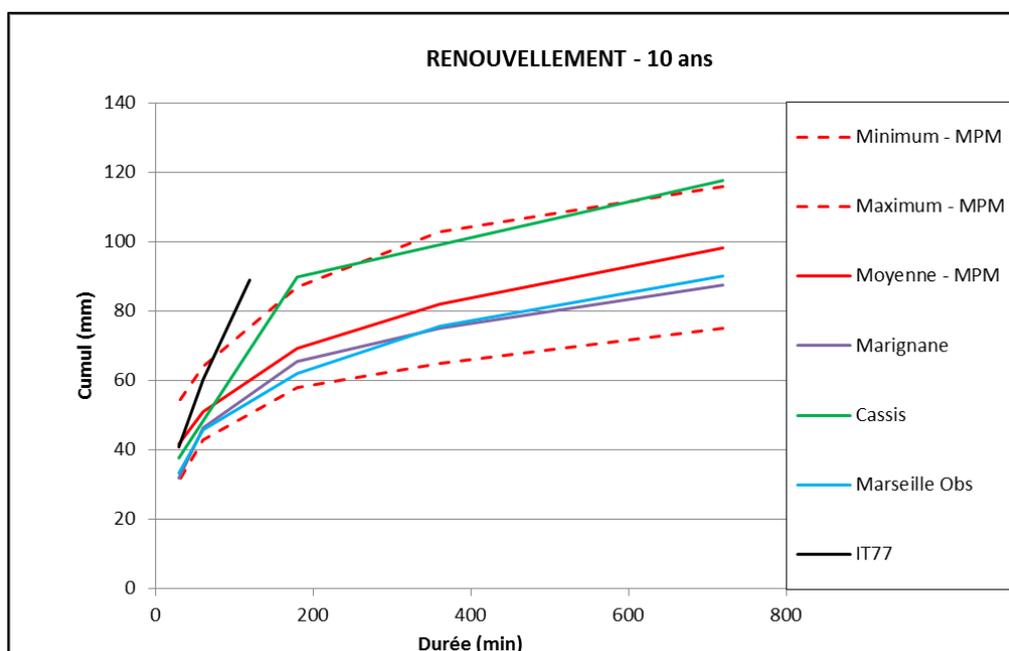


Figure 16. Comparaison des données pluviométriques SERAMM et Météo France – Analyse par la méthode du renouvellement (Source : Rapport setec hydratec)

Les principales conclusions issues de ces comparaisons ont été les suivantes :

- la moyenne des cumuls calculés sur les postes du SERAMM est cohérente avec les valeurs des stations Météo France de Marseille et Marignane,
- les résultats issus de la station Météo France de Cassis s'écarte significativement des autres pour les fréquences les plus rares,
- il ne semble pas évident de privilégier le réseau des pluviomètres SERAMM aux stations Météo France (excepté celle de Cassis) pour le choix du jeu de pluies de référence.

Ces différents constats seront soumis au maître d'ouvrage lors de la restitution du rapport de phase 3, devant intervenir courant Novembre, en vue d'une discussion avant validation définitive.

III.2. Analyse pluviométrique appliquée à la commune de Marignane

Comme mentionné dans le paragraphe §III.2 précédent, le choix des stations pluviométriques devant servir de référence dans la construction du jeu de pluies de référence n'a pas été arrêté après concertation avec le maître d'ouvrage au moment de la rédaction de ce mémoire. Or, la réalisation des phases 4 et 5 suivantes de modélisation réalisées sur la commune de Marignane durant le stage ont nécessité de disposer d'un jeu de pluies de projet de différentes périodes de retour. Afin de construire ces pluies, une station de référence a dû être sélectionnée.

En raison des conclusions mentionnées au paragraphe §III.2 précédent d'une part, et pour des raisons de proximité géographiques d'autre part, il a été convenu en interne de se baser sur les données de la station Météo France située sur l'aéroport Marseille Provence, localisée sur la commune de Marignane (Nord-Est).

III.2.1. Choix et caractérisation des pluies de calage

Dans tout travail impliquant l'utilisation d'un modèle numérique, une étape de calage de ce dernier constitue un préalable indispensable à l'obtention de résultats fiables et exploitables. Dans le cas d'une modélisation de réseau d'assainissement, le calage du modèle se fait en simulant une pluie réelle, pour laquelle les débits correspondants transités par le réseau sont connus à certains points. L'objectif consistant à ajuster différentes variables de contrôle du modèle afin que celui-ci produise des valeurs de débits similaires aux mêmes points du réseau que ceux mesurés *in situ* pour une même pluie observée.

Dans le cas présent, ne disposant pas de mesures de débits dans le réseau suite à une pluie réelle observée, le calage du modèle a été réalisé qualitativement (Cf. §I.3.3.C). Ceci a consisté à recueillir des informations au moyen de différentes sources sur des événements pluvieux ayant engendré des débordements localisés du réseau, de se procurer les cumuls correspondants et de les injecter dans le modèle afin de reproduire la réponse du réseau observée.

Par ailleurs, la caractérisation de ces événements en termes de période de retour permet de rendre compte de la capacité globale de transit du réseau ainsi que de vérifier de la pertinence des pluies de projet réalisées par la suite.

L'ancien SDAP réalisé sur la commune de Marignane en 2009 par la société SOGREAH fait état de désordres importants survenus sur la commune suite à 2 événements pluvieux précis datés respectivement du 18 Septembre 2009 et des 21-22 Octobre 2009. Pour ces 2 événements, des débordements du réseau ont été constatés par les riverains et les services municipaux en certains endroits précis du réseau. Il a donc été choisi de retenir ces 2 événements pour réaliser le calage qualitatif du modèle numérique.

Les cumuls correspondant, enregistrés à la station de Marignane aéroport au pas de temps de 6mn ont donc été récupérés auprès de Météo France dans le but de reconstruire la chronique de pluie complète.

Dans un second temps, afin de caractériser ces événements, des cumuls au pas de temps 30mn, 1h et 3h ont été calculés (l'annexe 8 en fournit une représentation graphique).

Les valeurs maximales de ces différents cumuls ont été extraites puis insérées sur le graphique représentant les courbes IDF de la station de Marignane, construites à partir des données récupérées auprès de Météo France.

La détermination de la durée de retour des 2 pluies réelles du 18/09/2009 et des 21-22/10/2009 a été déduite par lecture graphique (Cf. Figure 17).

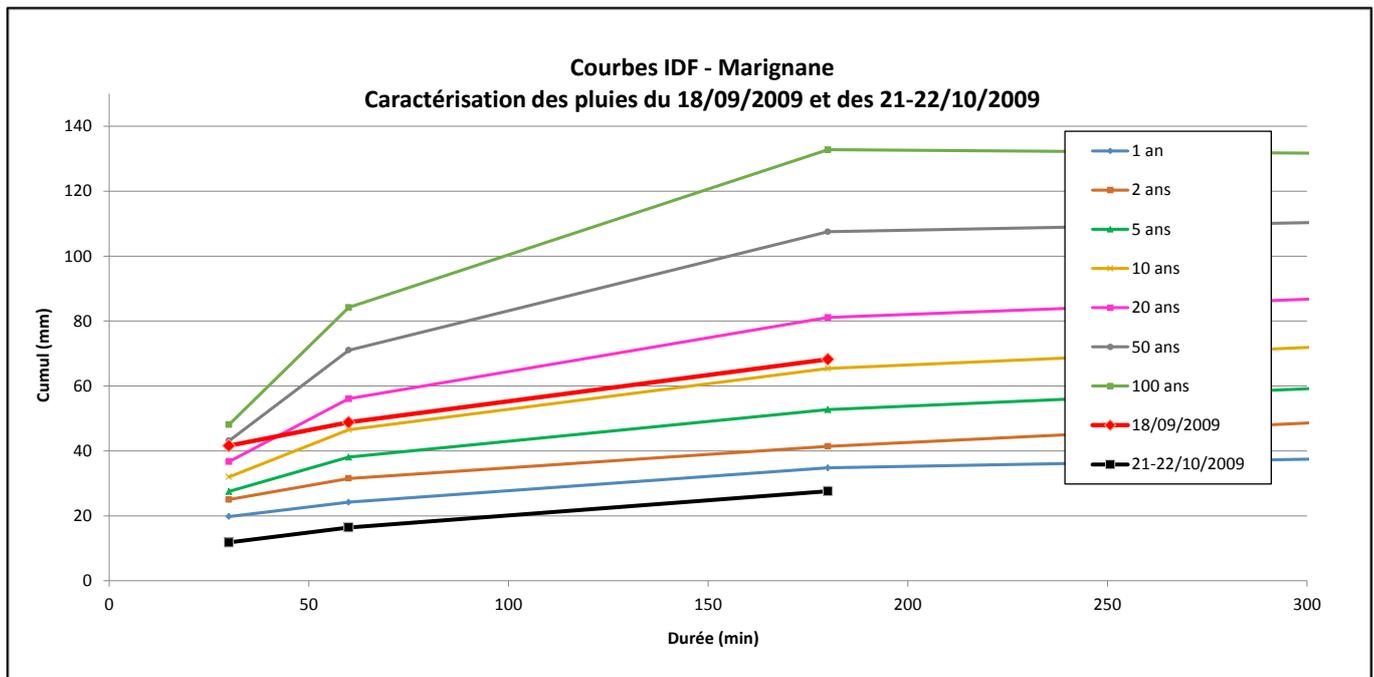


Figure 17. Caractérisation des pluies de calage à partir des courbes IDF de la station Météo France de Marignane

L'analyse la Figure 17 permet de formuler les conclusions suivantes :

- la pluie du 19/09/2009 présente des cumuls comparables à une pluie d'occurrence trentennale sur une durée comprise entre 30 et 40 minutes environ, au-delà, les cumuls sont proches de ceux correspondants à une pluie décennale. La durée totale de l'épisode pluvieux ayant été de plusieurs heures, cette pluie peut être considérée comme décennale,
- la pluie des 22-23/10/2009 présente des cumuls inférieurs à ceux provoqués par une pluie de période de retour annuelle. Celle-ci ayant causé de multiples débordements de réseau sur Marignane, cette constatation peut sembler étonnante au premier abord. Ceci peut néanmoins s'expliquer par l'intervention d'une longue période pluvieuse intervenue dans les semaines précédant cet évènement ayant progressivement saturé les sols et maintenant un débit permanent dans les réseaux. Dans ces conditions, même une pluie d'intensité modérée peut alors engendrer un surplus de débit non acceptable par le réseau et provoquer des débordements. Cependant, ne disposant pas des cumuls pluviométriques sur les durées nécessaires, cet évènement n'a pas été pris en compte pour le calage du modèle.

III.2.2. Construction des pluies de projet

Les différentes pluies de projet utilisées pour les travaux de modélisation ont été construites selon le modèle double triangle symétrique de Desbordes (Cf. §1.3.4). Les coefficients de Montana nécessaires au calcul de ces différentes pluies ont été extraits des données de la station Météo France de Marignane comme indiqué précédemment.

Les paramètres caractéristiques suivants ont été retenus, en accord avec les prescriptions relatives à la construction de ce type de pluies disponibles dans la littérature :

- durée totale de pluie : 180 minutes,
- durée intense : 30 minutes,
- localisation du pic d'intensité maximale : 90 minutes,
- période de retour de la période intense : 2 x période de retour de la pluie totale.

Sur ce modèle, ont été construites des pluies de période de retour 5ans, 10ans, 20ans et 50ans, représentées sur le graphe en Figure 18, les détails de construction sont disponibles en annexe 9.

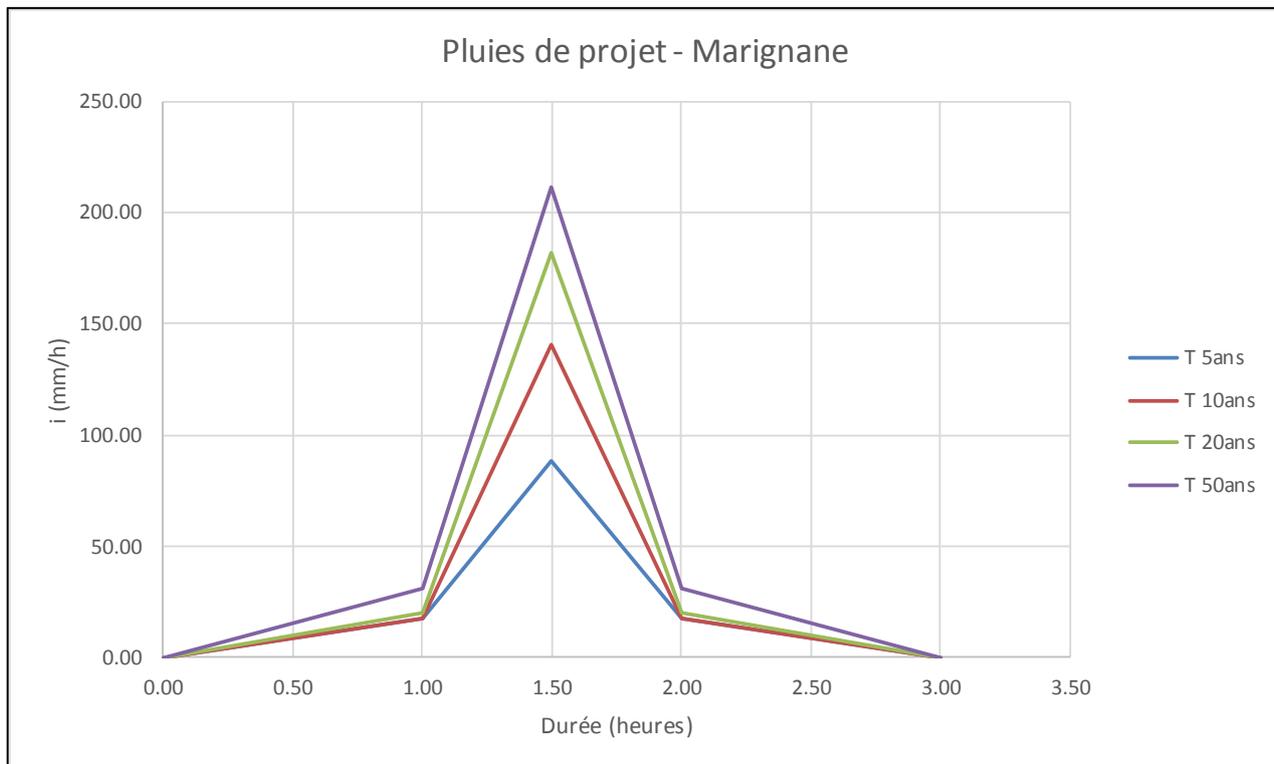


Figure 18. Représentation graphique des pluies de projet double triangle construites pour Marignane

Bien que l'utilisation de pluies de projet soit nécessaire notamment pour la modélisation d'évènements de périodes de retour élevées, il est important de rappeler que ces dernières ne sont issues que de considérations théoriques. En conséquence, leur capacité à illustrer les variabilités d'intensité et de distribution spatiale des pluies réelles reste limitée.

Ces pluies fictives doivent être considérées comme un outil de travail qui, au même titre qu'un logiciel de modélisation, comporte certaines limites de représentativité.

Dans le cas présent, la zone d'étude étant relativement restreinte et la station pluviométrique de référence se trouvant à proximité immédiate, l'hypothèse d'une représentativité correcte de ces pluies théoriques peut être raisonnablement admise.

III.3. Détermination et caractérisation des bassins versants :

La détermination des bassins versants ainsi que leur caractérisation constitue une étape indispensable dans la réalisation de travaux de modélisation. Le bassin versant constitue en effet l'unité fonctionnelle élémentaire sur laquelle les débits issus des pluies de projet sont calculés par le module hydrologique du logiciel, utilisant la méthode du réservoir linéaire. Pour cela, il est nécessaire de déterminer, pour chaque bassin :

- une surface
- une pente moyenne
- une longueur hydraulique
- un coefficient de ruissellement

La délimitation des bassins versants topographiques s'est basée d'une part sur les études précédentes réalisées sur le territoire et d'autre part sur l'analyse des données topographiques transmises par le maître d'ouvrage. Les axes préférentiels d'écoulement considérés ont été les branches de réseaux en milieu urbain, et les thalwegs en milieu rural ou périurbain dépourvu de réseau. Lors de la construction du modèle hydraulique, les bassins versants sont reliés au réseau de manière ponctuelle : l'ensemble du débit est injecté en un point unique, ce qui ne traduit pas un fonctionnement réel. Afin de limiter ce défaut de représentativité, les bassins versants urbains ont été découpés finement (quelques hectares au maximum) dans le but de répartir au mieux les injections d'eau dans le réseau.

Dans un second temps, les caractéristiques géométriques mentionnées précédemment ont été déterminées pour l'ensemble des bassins topographiques délimités. Les valeurs de surfaces et de pentes moyennes ont été extraites à partir du SIG (outils de géométrie vectorielle), les longueurs hydrauliques ont été estimées au moyen de la formule empirique présentée au paragraphe §I.3.3.B (Équation 3). Le modèle retenu étant celui à coefficient de ruissellement constant, seuls les coefficients d'imperméabilisation ont été déterminés, comme indiqué au paragraphe §I.3.3.C.

L'ensemble de ces données ont été intégrées dans une base de données au format SIG, conformément aux attentes du maître d'ouvrage mentionnées dans le CCTP. Un exemple de carte représentant les bassins versants d'une partie du territoire ainsi que les coefficients d'imperméabilisation correspondants est disponible en annexe 10.

Bien que faisant l'objet d'une restitution séparée, les travaux réalisés en phase 3 sont étroitement liés aux phases 4 et 5 présentées ci-après, dont les résultats constituent les principales données d'entrée.

Les différents bassins versants déterminés ainsi que leurs caractéristiques géométriques et structurales respectives constituent l'interface entre le module hydrologique et le module hydraulique du logiciel de modélisation.

Les analyses pluviométriques ont permis de mettre en évidence une certaine cohérence entre les différentes sources de données disponibles ce qui permet de rendre compte de leur fiabilité, notamment pour le réseau interne de Marseille. La caractérisation de la pluie utilisée pour le calage du modèle a par ailleurs fourni une première indication qualitative sur la capacité du réseau de Marignane, qui sera vérifiée et affinée lors des phases ultérieures.

Enfin, la construction du jeu de pluies de projet à partir des données issues de la station Météo France de Marignane a permis d'obtenir les données d'entrées manquantes pour la réalisation de la modélisation informatique du réseau pluvial de Marignane.

IV. PHASES 4 ET 5 : MODELISATION HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE DU RESEAU DE MARIGNANE

Comme mentionné au paragraphe §1.3.4, les phases 4 et 5 telles que décrites dans le CCTP ont été fusionnées en une phase de travail unique de modélisation informatique, le logiciel utilisé permettant de coupler le modèle hydrologique et le modèle hydraulique. La présente partie s'attache donc à exposer les différentes étapes réalisées, depuis la construction du modèle jusqu'à la production de résultats quantitatifs.

IV.1. Données d'entrée

Le modèle du réseau pluvial de Marignane a été construit à partir des données issues de la base de données réseaux (BD réseau) créée en phase II. Cette base de données présentant toutefois certaines lacunes, notamment de valeurs de cotes radier des canalisations nécessaires aux calculs hydrauliques, la première étape a consisté à réaliser une analyse des données disponibles. La Figure 19 ci-dessous illustre cette analyse.

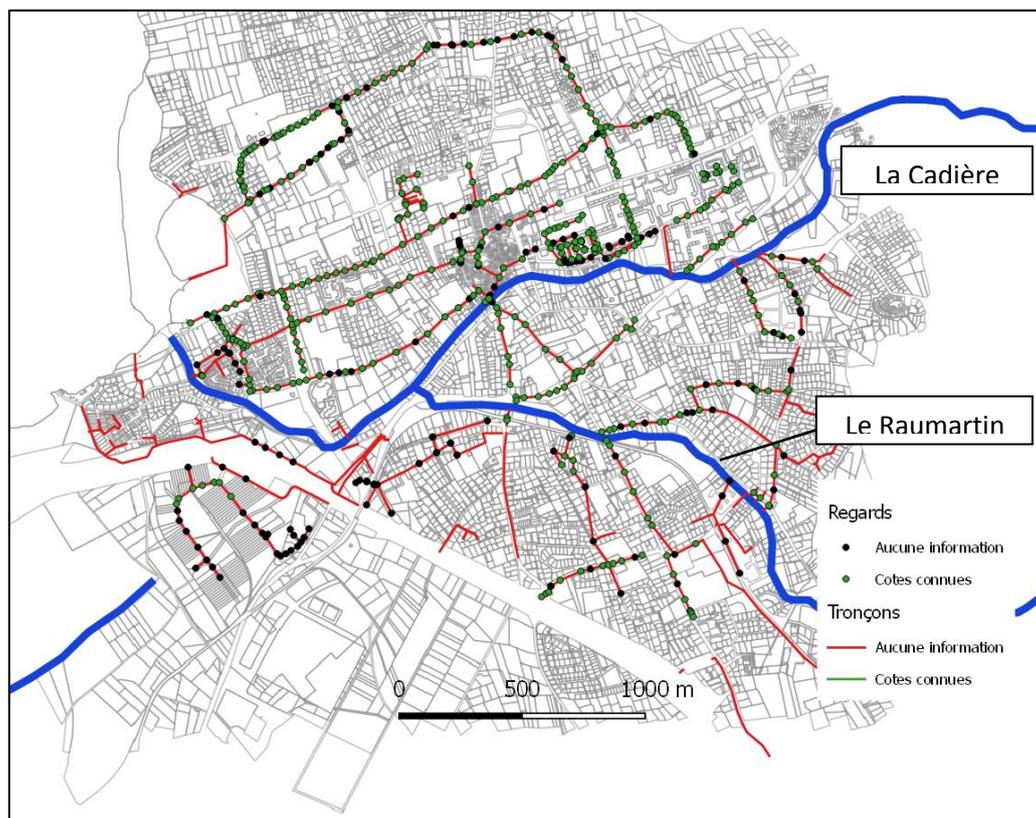


Figure 19. Carte illustrant la disponibilité des données topographiques du réseau de Marignane

A la lecture de cette carte, il apparaît en premier lieu que les cotes radier des conduites ne sont pas renseignées sur l'ensemble du réseau. Toutefois, cette lacune a en partie pu être comblée à partir des valeurs disponibles de cotes radier des regards localisés sur différentes conduites.

Par ailleurs, dans certains secteurs, des branches de réseaux ont été tracées sur le plan mais les regards correspondants n'ont quant à eux pas été localisés (Cf. Figure 19). Afin de pouvoir prendre en compte ces branches dans le modèle, une nouvelle campagne de terrain d'une journée a dû être réalisée dans le but de relever la position et la profondeur des regards manquants. La cote sol (ou

IV.2. Calage du modèle

Le calage du modèle a été réalisé de manière qualitative, pour différentes raisons présentées au paragraphe §I.3.3.C, à partir d'un épisode pluvieux survenu le 19 Septembre 2009 ayant engendré des débordements en différents endroits du réseau (Cf. §III.2.1).

Les principaux secteurs identifiés dans l'ancien SDAP (témoignages de riverains, des services de secours et des services municipaux) ayant subi des désordres liés à ces débordements sont représentés sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** suivante.

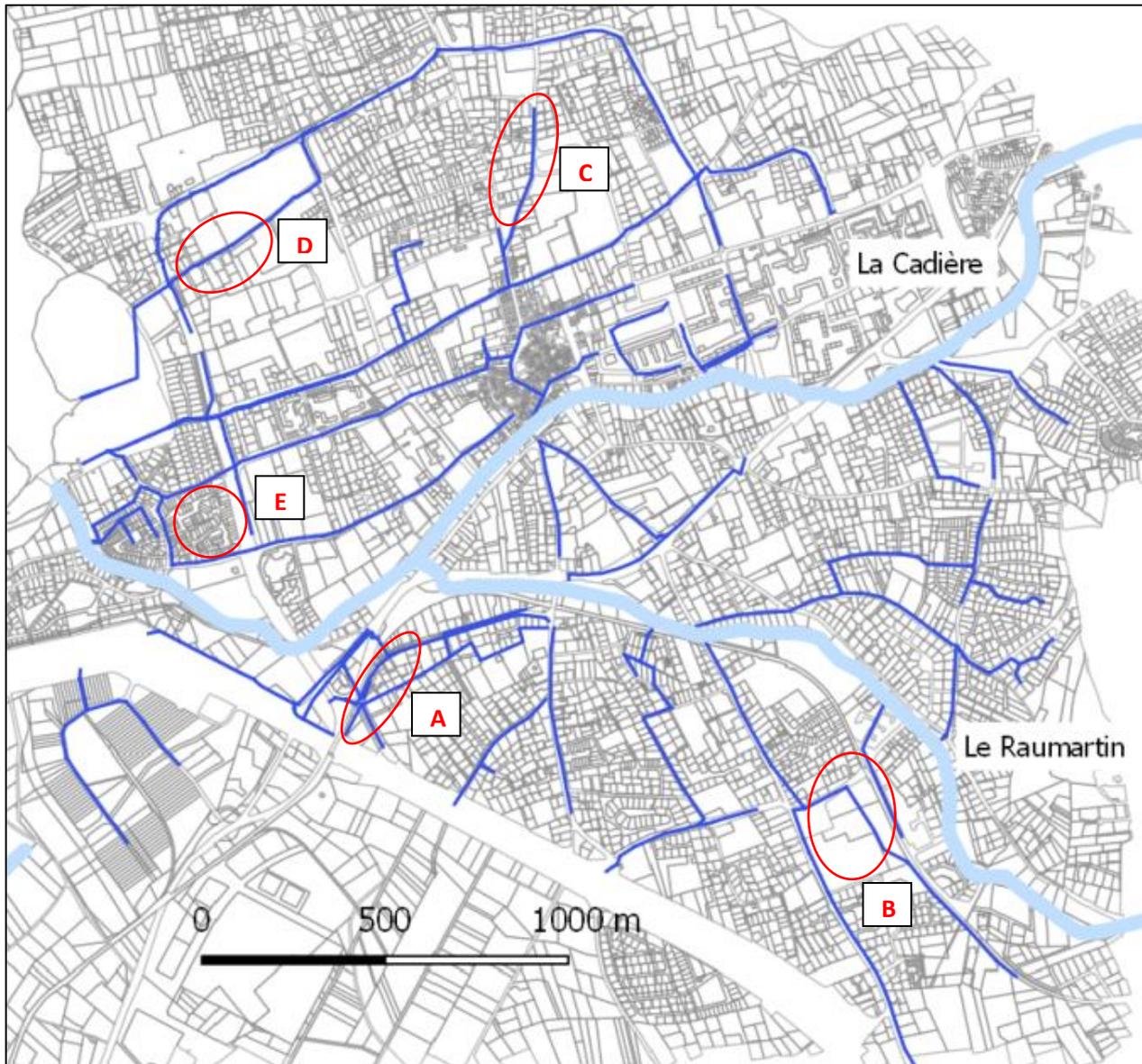


Figure 21. Localisation des zones ayant subi des débordements suite à la pluie du 19/09/2009

- A : Quartier de la Ponsarde
- B : Collège et centre technique municipal
- C : Rue Henri Guillaumet
- D : Boulevard de la Signore
- E : Lotissement du Parc Beaulieu

A partir de ces informations, l'objectif recherché a été de reproduire la réponse du réseau à ces différents endroits lors de la simulation de la pluie du 18/09/2009. L'inventaire présenté ci-dessus n'étant pas exhaustif, le fait d'observer des débordements sur d'autres secteurs lors des résultats de calage n'a pas été considéré comme rédhibitoire. Les différents paramètres ajustables du modèle utilisés pour le calage de ce dernier ont été principalement : les coefficients d'imperméabilisation des bassins versants, la géométrie des liaisons latérales entre les bassins versants et le réseau, la répartition des points d'injection des débits dans le réseau. Après différents essais, les résultats produits ont été jugés suffisamment satisfaisants et représentatifs au vu des objectifs recherchés. La Figure 22 suivante présente une vue en plan du modèle calé du réseau suite à la simulation de la pluie du 19/09/2009.

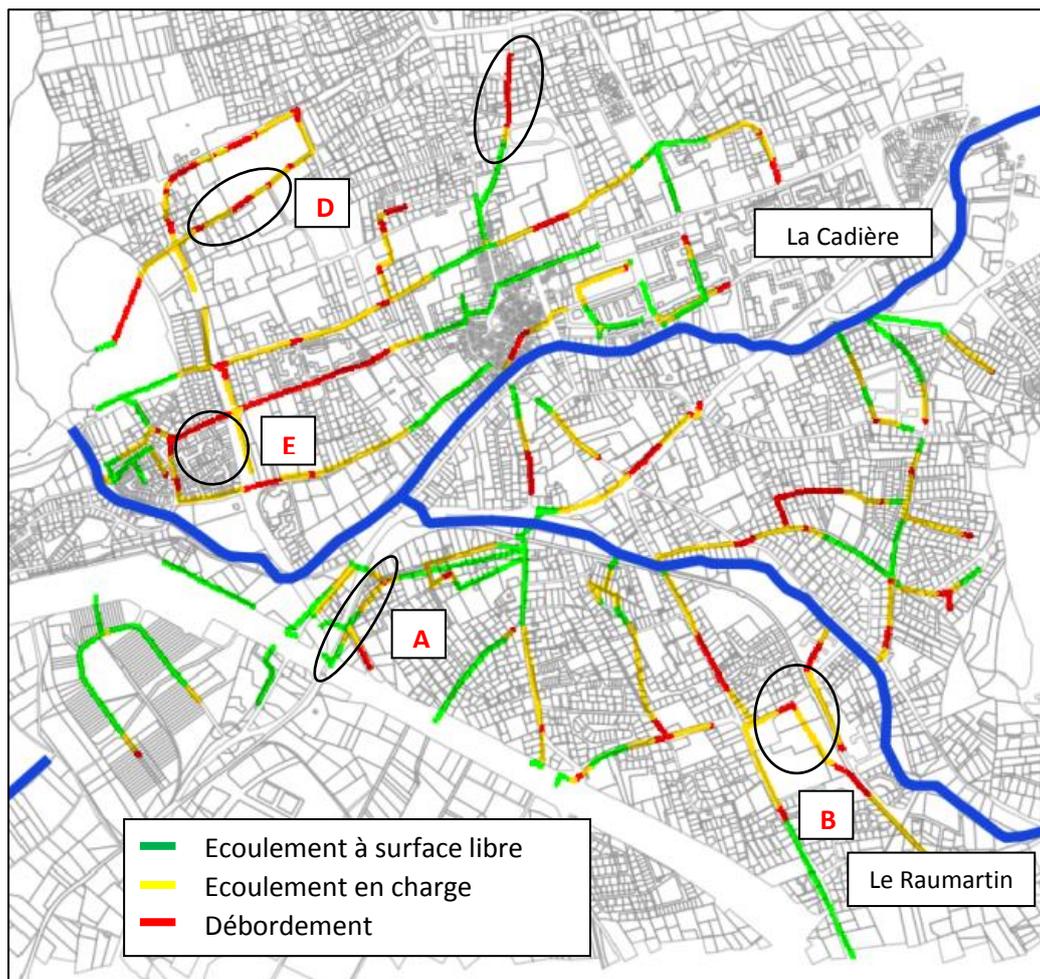


Figure 22. Vue en plan du modèle du réseau de Marignane – Résultats de calage

L'analyse des résultats présentés en Figure 22 permet de visualiser que le modèle ainsi calé permet de reproduire les débordements constatés dans les différents secteurs identifiés (cercles rouges). Il est également possible de constater que de nombreux autres secteurs présentent des débordements, ce qui ne paraît pas illogique au vu de la pluie simulée (période de retour décennale) ainsi qu'en raison de nombreuses anomalies structurelles rencontrées par endroits (contre pentes, réduction de section d'amont vers l'aval, faibles diamètres).

Suite à cette phase de calage, les différentes pluies de projet construites précédemment ont été simulées afin de réaliser le diagnostic capacitaire du réseau, commandé par le maître d'ouvrage.

IV.3. Diagnostic capacitaire

Comme indiqué précédemment, les travaux de modélisation se sont ensuite concentrés sur l'établissement du diagnostic capacitaire du réseau à partir de la simulation du jeu de pluies de référence construites en phase 3. Dans ce contexte, les pluies de projet correspondantes à des périodes de retour respectives de 5 ans, 10 ans, 20 ans et 50 ans ont été modélisées, les vues en plan du réseau correspondantes sont disponibles en annexe 12.

Par ailleurs, dans le cadre du stage, une anticipation de la phase 9 du SDAP visant à proposer et à chiffrer des aménagements correctifs a été réalisée. Conformément aux indications du CCTP, les aménagements correctifs proposés devront permettre le transit d'une pluie d'occurrence décennale sans constater de débordements sur le réseau.

Les paragraphes suivants présenteront donc des résultats correspondant à la modélisation de la pluie de projet décennale, au travers de focus sur différents secteurs pour lesquels une analyse du fonctionnement local du réseau sera présentée. Seront également présentés les aménagements correctifs retenus ainsi qu'un chiffrage global de ces derniers.

Le choix des différents secteurs présentés ci-après correspond d'une part à ceux pour lesquels les désordres provoqués par des débordements du réseau sont les plus problématiques au regard des enjeux présents et d'autre part ou ces désordres interviennent le plus régulièrement.

IV.3.1. Quartier de la Ponsarde

Ce secteur a été retenu en raison du signalement de débordements fréquents du réseau engendrant des inondations dans les habitations à proximité. La configuration topographique du secteur est pénalisante, les habitations étant situées en contre bas de la voirie principale sous laquelle le réseau est installé. La Figure 23 localise le secteur ainsi que les branches débordantes pour la pluie de projet décennale (en rouge).

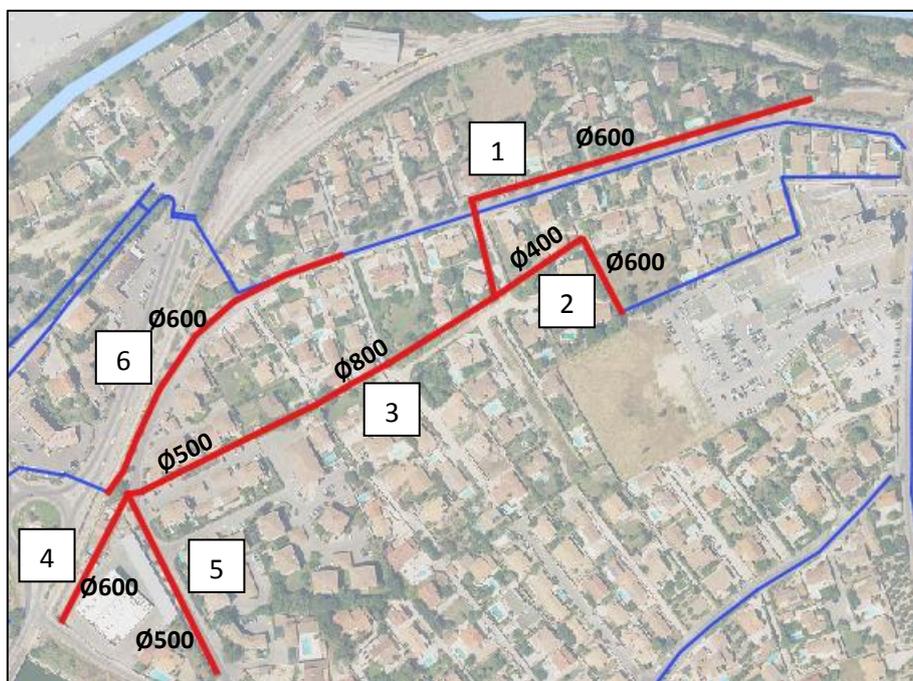


Figure 23. Localisation des branches débordantes – Secteur de la Ponsarde

Pour la pluie de projet décennale, la simulation produit des débordements pour 6 branches de réseau du secteur. Différentes anomalies structurelles peuvent être constatées en première lecture :

- réductions de diamètre d'amont en aval le long des branches 2, 3 et 4,
- pente insuffisante au niveau des tronçons en Ø800 de la branche 2 (inférieure à 1%).

Ces différentes anomalies associées à un sous dimensionnement global du réseau sont à l'origine des débordements constatés. La Figure 24 ci-dessous présente le profil en long des branches 2, 3 et 4 produit à la suite de la modélisation de la pluie décennale. La ligne d'eau représentée correspond aux valeurs maximales calculées.

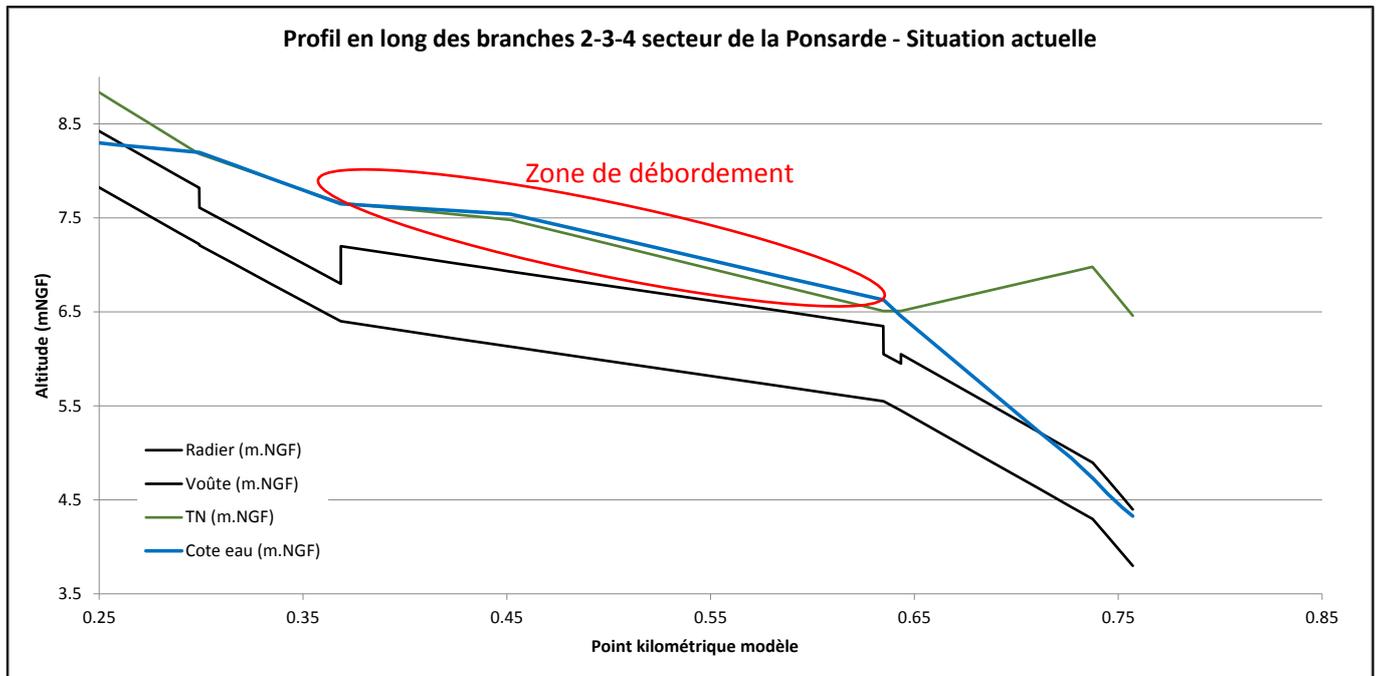


Figure 24. Profil en long des branches 2,3 et 4 – Secteur de la Ponsarde – Situation actuelle

Ce profil permet de rendre compte que la quasi-totalité du linéaire des 3 branches se met en charge, et que les débordements sont principalement localisés dans la zone centrale, où la pente du réseau est la plus faible. La configuration du secteur permet de supposer que la mise en charge de ces 3 branches (2, 3 et 4) va influencer hydrauliquement les branches 1 et 5, raccordées sur cette dernière. La démarche adoptée a donc consisté à redimensionner les branches 2, 3 et 4 sur la base du débit total entrant dans chacun des tronçons les constituant en conservant les caractéristiques des branches 1 et 5 dans un premier temps.

L'option du redimensionnement a été privilégiée en raison de la configuration du secteur, entièrement urbanisé et ne permettant donc pas d'envisager une alternative de type bassin de rétention.

Le calcul des nouvelles sections a été réalisé selon la formule de Manning Strickler, en prenant l'hypothèse d'un régime d'écoulement permanent uniforme (Cf. Équation 8) :

$$Q_i = K \cdot \sqrt{i} \cdot Rh^{\frac{2}{3}} \cdot A$$

Équation 8. Formule de Manning Strickler

Avec :

- K : coefficient de Strickler (fixé à 70 pour des canalisations béton)
- I : pente du fond de la canalisation
- Rh : rayon hydraulique (hypothèse d'un écoulement à pleine section)
- A : surface mouillée

Connaissant le débit à faire transiter grâce aux résultats de la modélisation hydrologique réalisée par le logiciel, une valeur de diamètre a été extraite de l'Équation 8 pour chaque tronçon concerné, la pente initiale étant conservée. Les résultats obtenus sont synthétisés dans le Tableau 11.

Tableau 11. Calcul des sections théoriques nécessaires des branches 2,3 et 4 – Secteur de la Ponsarde

| Branche | Tronçon | Ø actuel (m) | Longueur (m) | Pente (m/m) | Débit à transiter (m ³ /s) | K | Ø obtenu (m), arrondi |
|---------|---------|--------------|--------------|-------------|---------------------------------------|----|-----------------------|
| 2 | 2-a | 600 | 55.48 | 0.012 | 0.214 | 70 | 500 |
| | 2-b | 400 | 69.57 | 0.011 | 0.214 | 70 | 500 |
| 3 | 3-a | 800 | 86.31 | 0.003 | 0.462 | 70 | 700 |
| | 3-b | 800 | 183.05 | 0.003 | 1.129 | 70 | 1000 |
| | 3-c | 500 | 8.77 | 0.011 | 1.129 | 70 | 800 |
| 4 | 4-a | 600 | 94.05 | 0.012 | 1.796 | 70 | 1000 |
| | 4-b | 600 | 19.97 | 0.025 | 1.796 | 70 | 800 |

A partir de ces valeurs calculées, les tronçons ont été modifiés dans le modèle puis une nouvelle simulation a été réalisée. De nouvelles modifications de section ont dû être réalisées suite aux résultats obtenus. Les diamètres finalement retenus ont été les suivants (les valeurs inscrites en rouge correspondent aux tronçons modifiés, Cf. Tableau 12), la Figure 25 présente quant à elle le nouveau profil en long obtenu.

Tableau 12. Diamètres retenus pour les branches 2, 3 et 4 – Secteur de la Ponsarde

| Tronçon | 2-a | 2-b | 3-a | 3-b | 3-c | 4-a | 4-b |
|-----------------|-----|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Diamètre retenu | 600 | 600 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |

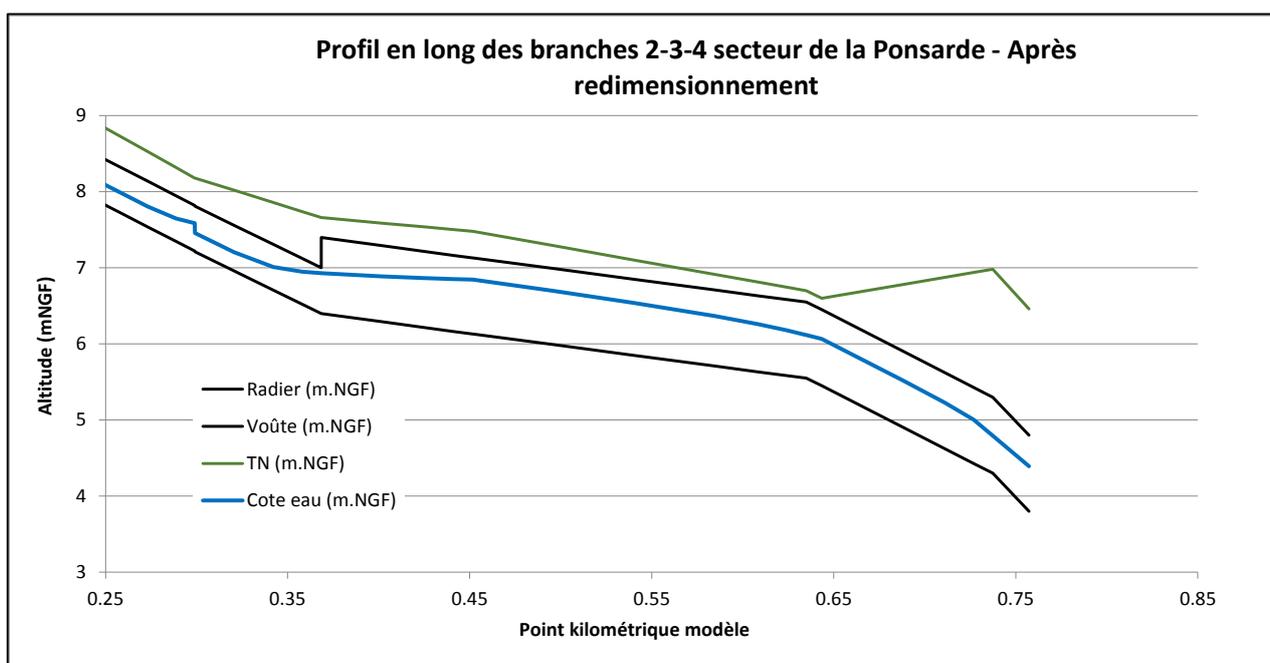


Figure 25. Profil en long des branches 2,3 et 4 après redimensionnement – Secteur de la Ponsarde

Sur la Figure 25 représentant le profil en long des branches 2,3 et 4 après leur redimensionnement, il est possible d'observer que les nouveaux tronçons permettent d'évacuer l'ensemble du débit sans mises en charge ni débordements. Par ailleurs, suite à ces modifications, la branche 1 ne présentait plus de débordements ni de mises en charge, confirmant l'hypothèse d'une influence venant de l'aval exercée par la branche 2 sur cette dernière. La branche 5 en revanche présentait toujours des problèmes de débordements et de mises en charge, qui ont été résolus en modifiant les deux tronçons de diamètre 500 par des diamètres 800.

La branche 6 présentait quant à elle le profil en long initial suivant (Cf. Figure 26).

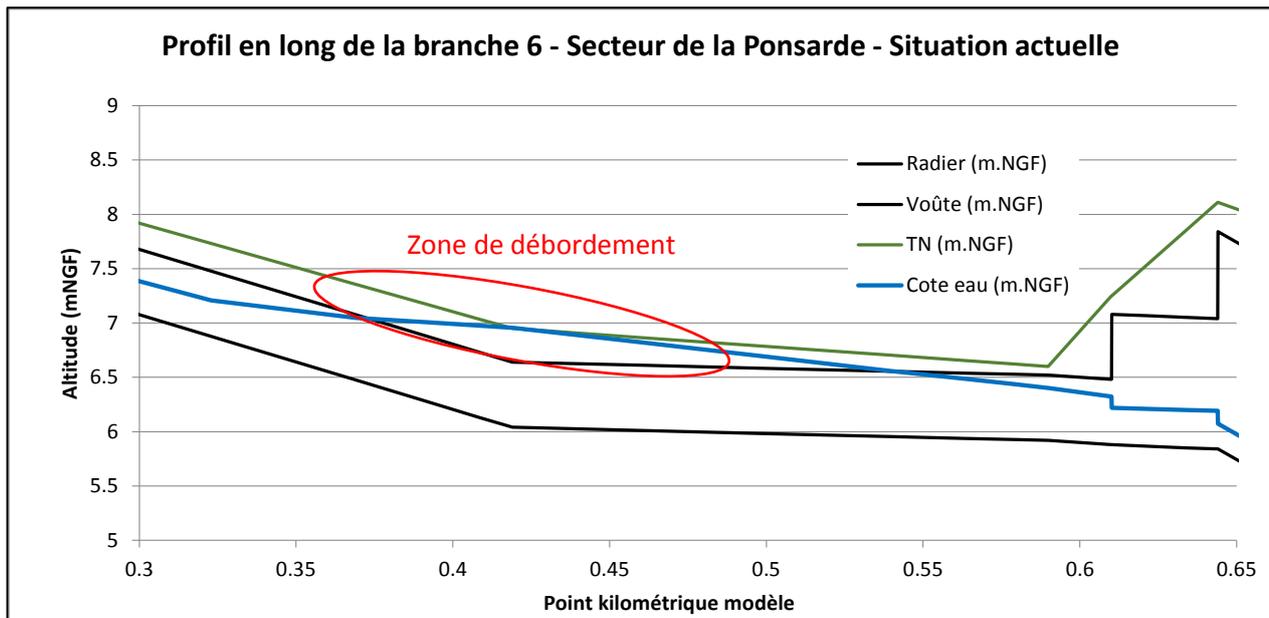


Figure 26. Profil en long de la branche 6 – Secteur de la Ponsarde – Situation actuelle

Une démarche similaire à celle réalisée précédemment a été mise en place, en privilégiant de nouveau le redimensionnement des tronçons en raison de l'occupation des sols.

Le Tableau 13 suivant synthétise les valeurs calculées :

Tableau 13. Calcul des sections théoriques nécessaires de la branche 6 – Secteur de la Ponsarde

| Branche | Tronçon | Ø actuel (m) | Longueur (m) | Pente (m/m) | Débit à transiter (m ³ /s) | K | Ø obtenu (m), arrondi |
|---------|---------|--------------|--------------|-------------|---------------------------------------|----|-----------------------|
| 6 | 6-a | 600 | 419.15 | 0.008 | 0.214 | 70 | 500 |
| | 6-b | 600 | 170.84 | 0.001 | 0.463 | 70 | 800 |
| | 6-c | 600 | 20.32 | 0.002 | 0.463 | 70 | 800 |

Les valeurs ainsi calculées ont été appliquées aux tronçons concernés dans le modèle, la nouvelle simulation ayant produit les résultats suivants (Cf. Figure 27). Suite à ces modifications, les débordements précédemment diagnostiqués ne sont plus simulés par le modèle.

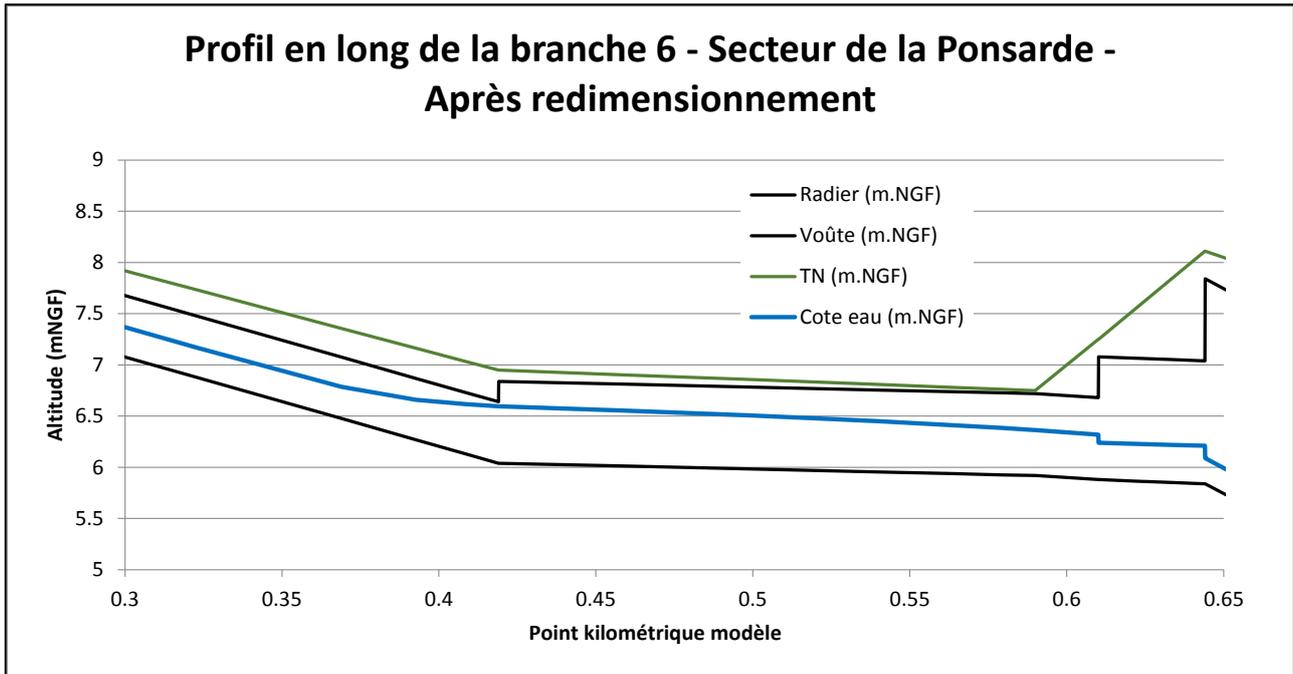


Figure 27. Profil en long de la branche 6 après redimensionnement – Secteur de la Ponsarde

IV.3.2. Secteur du collège / centre technique municipal

Ce secteur a été retenu en raison de la présence du collège constituant un des enjeux majeurs à l'échelle de la commune. Ce secteur avait par ailleurs été identifié comme présentant des dysfonctionnements dans l'ancien SDAP de 2009, particulièrement suite à la pluie du 19/09/2009 qui avait provoqué des débordements du réseau ayant inondé le collège. La Figure 28 présente une localisation du secteur ainsi qu'une identification des branches débordantes pour la pluie décennale.

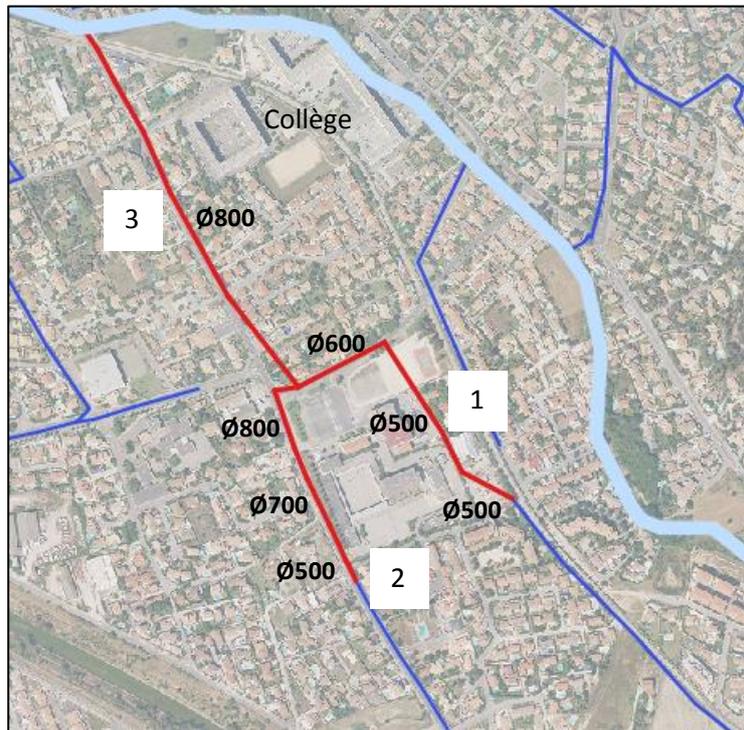


Figure 28. Localisation des branches débordantes – Secteur collège

Les Figure 29, Figure 29 et Figure 31 suivantes représentent les profils en long respectifs des branches 1, 2 et 3 suite à la simulation de la pluie de projet décennale.

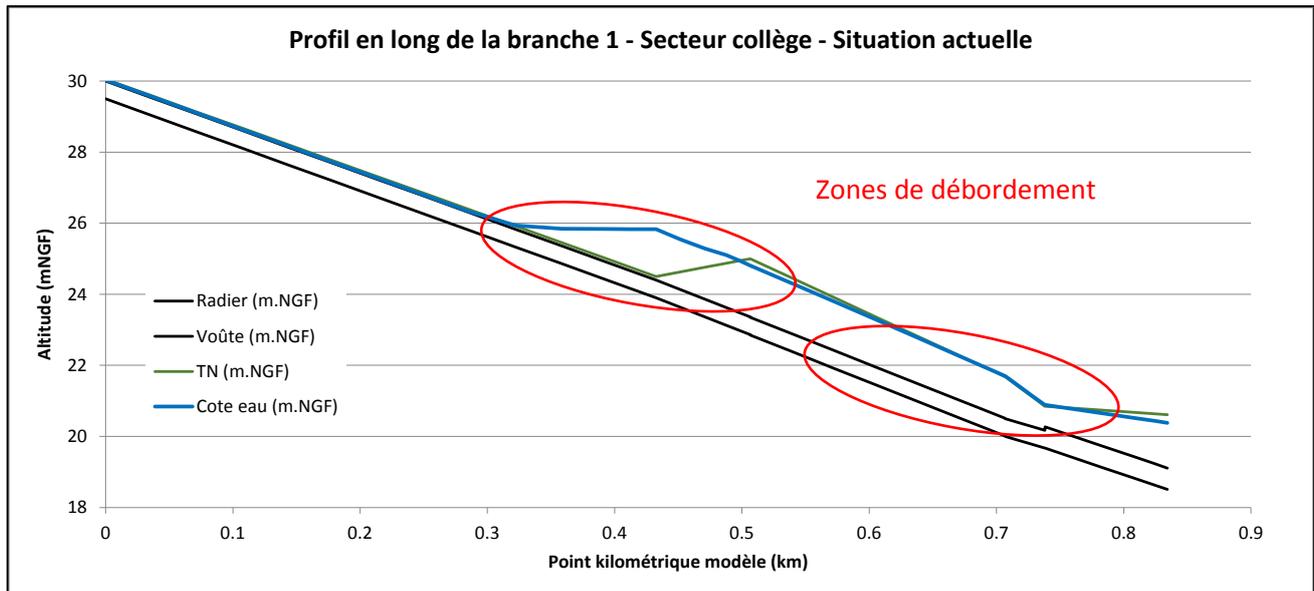


Figure 30. Profil en long de la branche 1 – Secteur collège

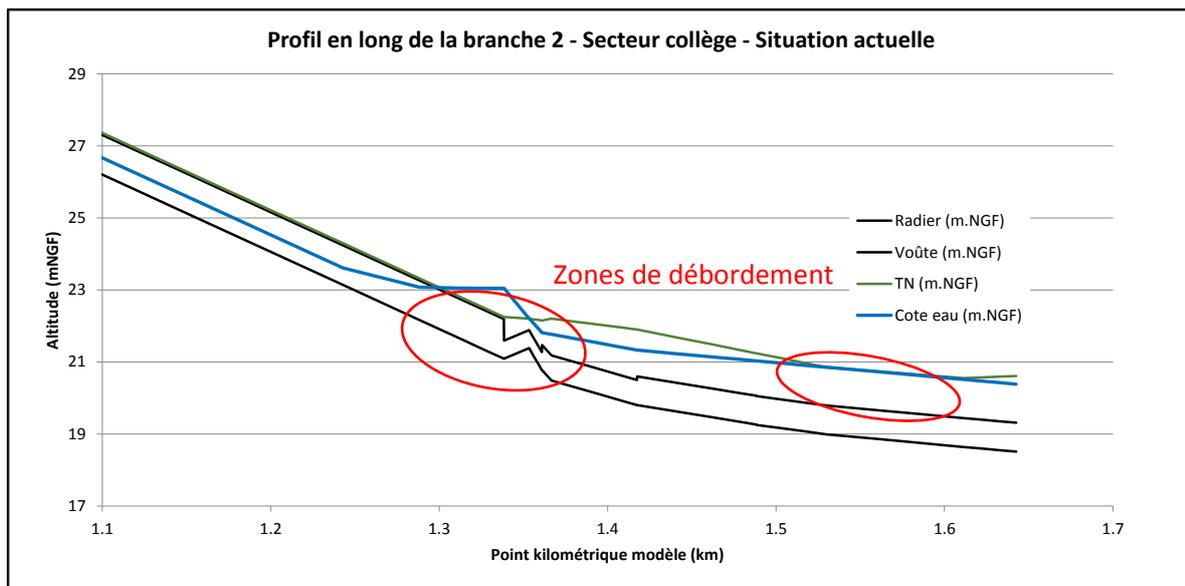


Figure 29. Profil en long de la branche 2 – Secteur collège

Sur le profil en long correspondant à la branche 2 (Cf. Figure 29), un double défaut structurel majeur apparaît à savoir une réduction de section d'amont en aval localisée au niveau d'un tronçon à contre pente. La présence d'une zone de débordement au droit de cette anomalie de conception s'explique donc parfaitement.

Par ailleurs, les parties amont branches 1 et 2 sont constituées de fossés à ciel ouvert longeant 2 routes reliant la commune de Gignac la Nerthe à Marignane. Les fossés bordant ces routes constituent le seul réseau de collecte des eaux de la zone située entre les 2 communes et drainent de ce fait des superficies importantes (néanmoins peu urbanisées). De ce fait, ces fossés présentent des sections importantes afin de ne pas inonder les routes en période de pluie. Toutefois, à l'entrée de la zone urbanisée de Marignane ces fossés disparaissent au profit de réseaux enterrés qui n'ont pas été

conçus pour recevoir de tels apports. Des zones de débordements apparaissent donc au droit des entonnements réalisés entre les fossés et les réseaux enterrés, du fait du rétrécissement brutal de la section d'écoulement disponible.

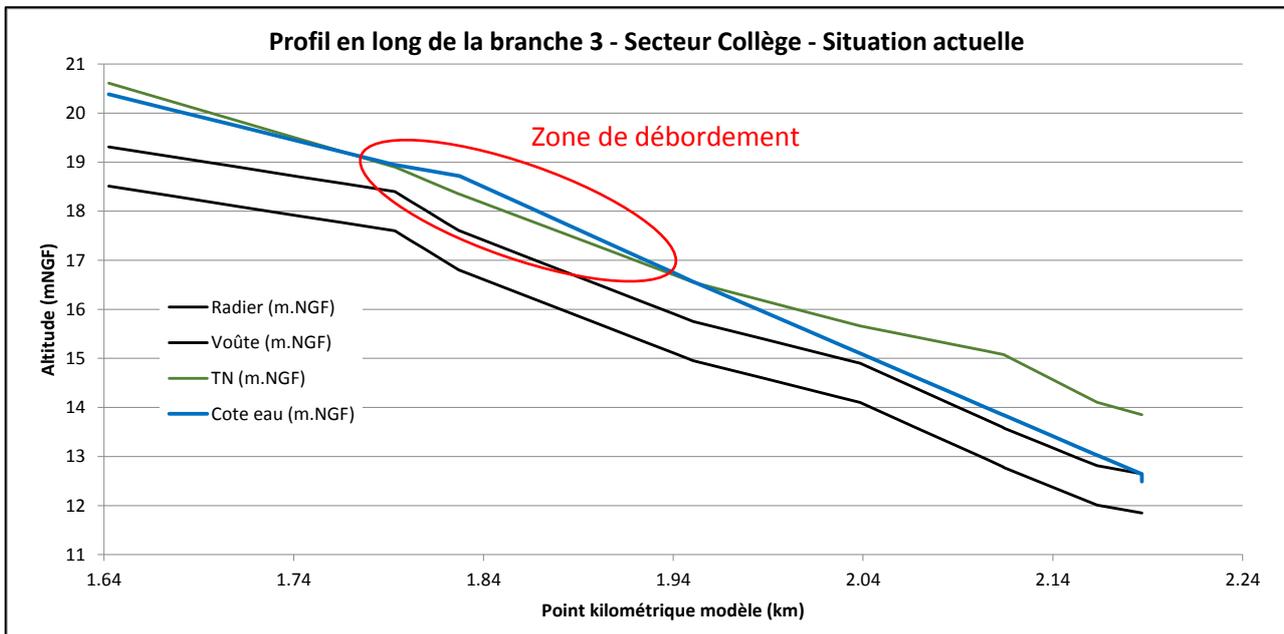


Figure 31. Profil en long de la branche 3 – Secteur collège

La branche 3 débute au niveau de la confluence des branches 1 et 2 et reçoit par ailleurs des apports complémentaires le long de son parcours, toutefois celle-ci présente un diamètre équivalent à celui rencontré en aval des branches 1 et 2. Il apparaît donc cohérent de constater des débordements et des mises en charges sur l'ensemble du linéaire de cette branche. La zone de débordement observée est située au droit d'une rupture de pente, facteur d'influence du régime d'écoulement.

De la même manière que pour le secteur de la Ponsarde, de nouvelles sections théoriques ont été calculées sur la base des débits issus du modèle. Les résultats sont donnés dans le Tableau 14.

Tableau 14. Calcul des sections théoriques nécessaires des branches 1, 2 et 3 – Secteur collège

| Branche | Tronçon | Ø actuel (m) | Longueur (m) | Pente (m/m) | Débit à transiter (m ³ /s) | K | Ø obtenu (m), arrondi |
|---------|---------|--------------|--------------|-------------|---------------------------------------|----|-----------------------|
| 1 | 1-a | 500 | 74.03 | 0.014 | 1.019 | 70 | 800 |
| | 1-b | 500 | 200.18 | 0.014 | 1.019 | 70 | 800 |
| | 1-c | 500 | 31.42 | 0.011 | 1.251 | 70 | 800 |
| | 1-d | 600 | 96.32 | 0.012 | 1.251 | 70 | 800 |
| 2 | 2-a | 500 | 22.72 | 0.014 | 1.681 | 70 | 900 |
| | 2-b | 700 | 5.78 | 0.050 | 1.681 | 70 | 700 |
| | 2-c | 700 | 50.87 | 0.013 | 1.681 | 70 | 900 |
| | 2-d | 800 | 70.93 | 0.008 | 1.681 | 70 | 1000 |
| | 2-e | 800 | 41.73 | 0.006 | 1.681 | 70 | 1000 |
| | 2-f | 800 | 80.94 | 0.004 | 1.681 | 70 | 1000 |
| | 2-g | 800 | 31.63 | 0.004 | 1.681 | 70 | 1000 |

| Branche | Tronçon | Ø actuel (m) | Longueur (m) | Pente (m/m) | Débit à transiter (m ³ /s) | K | Ø obtenu (m), arrondi |
|---------|---------|--------------|--------------|-------------|---------------------------------------|----|-----------------------|
| 3 | 3-a | 800 | 150.78 | 0.006 | 2.932 | 70 | 1200 |
| | 3-b | 800 | 34.05 | 0.023 | 2.932 | 70 | 1000 |
| | 3-c | 800 | 123.67 | 0.015 | 4.097 | 70 | 1200 |
| | 3-d | 800 | 87.69 | 0.010 | 4.097 | 70 | 1200 |
| | 3-e | 800 | 75.58 | 0.017 | 4.097 | 70 | 1200 |
| | 3-f | 800 | 49.63 | 0.016 | 4.097 | 70 | 1200 |
| | 3-g | 800 | 23.38 | 0.007 | 4.097 | 70 | 1200 |

Les tronçons constituant les branches 1, 2 et 3 du secteur collège ont été modifiés à partir des valeurs calculées ci-dessus, en respectant les règles de l'art (pas de diminution de diamètre d'amont vers l'aval). Par ailleurs, la gamme de diamètre pour des canalisations d'eaux pluviales fréquemment disponible ne comprenant pas de 900mm, des valeurs de 1000mm ont été retenues.

Les nouveaux profils en long obtenus suite à ces modifications sont présentés en Figure 32, Figure 33 et Figure 34.

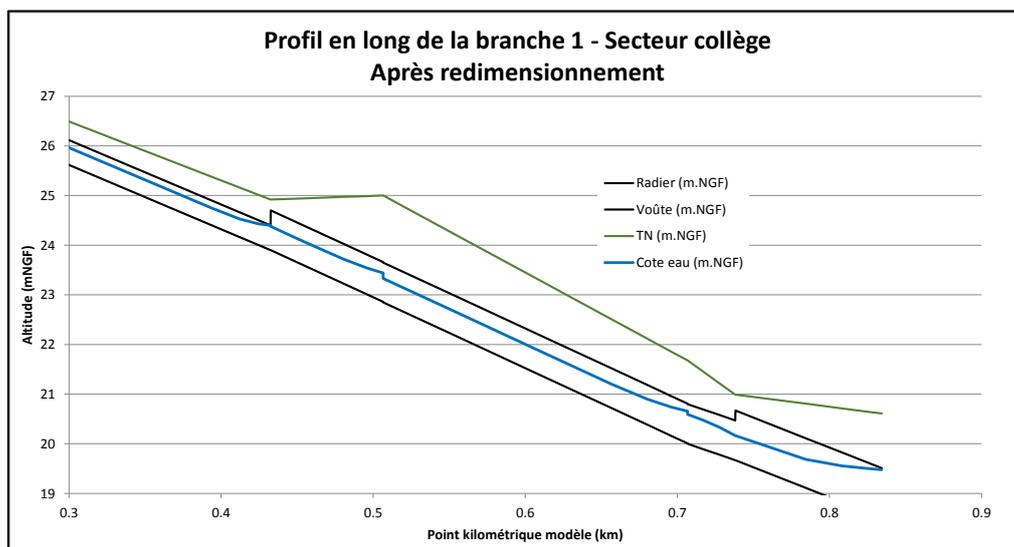


Figure 32. Profil en long de la branche 1 après redimensionnement – Secteur collège

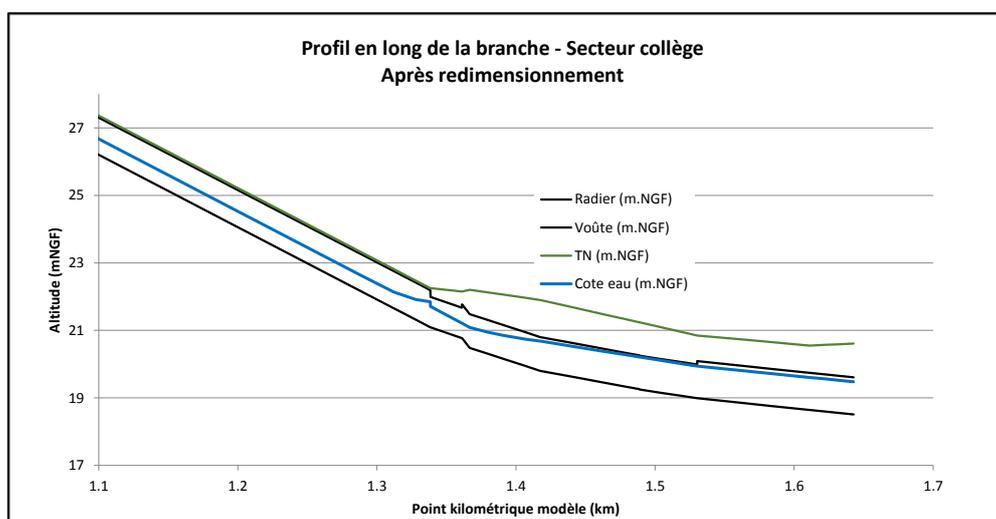


Figure 33. Profil en long de la branche après redimensionnement – Secteur collège

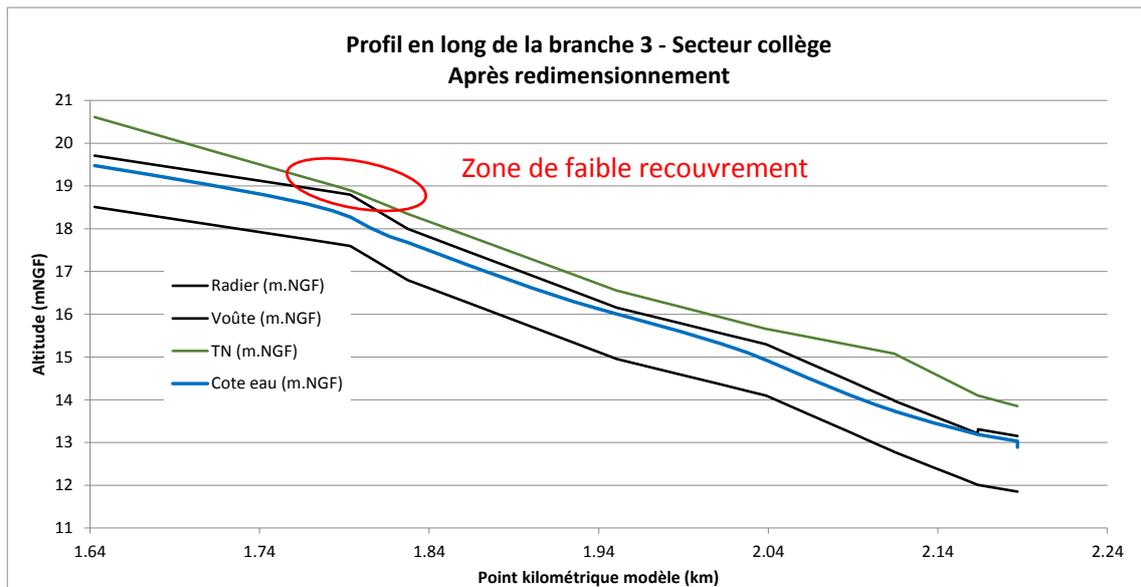


Figure 34. Profil en long de la branche 3 après redimensionnement – Secteur collège

Les nouveaux tronçons ainsi déterminés permettent de faire transiter le débit correspondant à la pluie de projet décennale, toutefois, dans le cas de la branche 3, la pose de sections 1200mm conduirait par endroits à observer un recouvrement insuffisant (Cf. Figure 34). Des précautions particulières comme la pose d'un blindage de toit de canalisation devraient alors être prises.

IV.3.3. Secteur Parc Beaulieu / Rue Marius Ruinat

Ce secteur a été identifié comme problématique dans l'ancien SDAP de 2009, des débordements ayant engendré l'inondation du lotissement du Parc Beaulieu en Septembre 2009. Par ailleurs, ce secteur se situe à proximité du centre-ville et présente de ce fait une densité importante d'habitations constituant un enjeu humain important. Ce dernier se situe également à l'aval d'une antenne du réseau drainant une partie importante du centre-ville ancien, par conséquent très sollicitée. La Figure 35 présente une localisation de ce secteur ainsi que de la branche principale de réseau présentant des débordements pour la pluie de projet décennale.

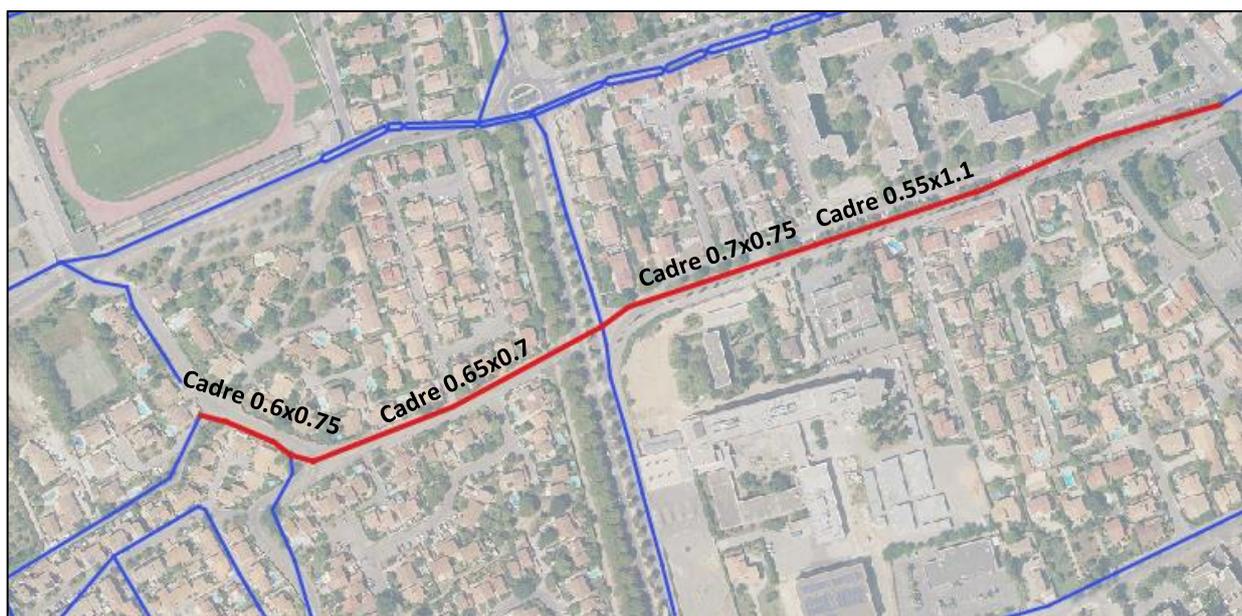


Figure 35. Localisation des branches débordantes secteur Parc Beaulieu / Marius Ruinat

La branche de réseau principale traversant le secteur est un ouvrage ancien composé de tronçons rectangulaires de dimensions variables. A l'origine, ce réseau était un canal d'arrosage qui a été artificialisé puis recouvert lors de l'extension progressive de la commune. Les pentes des différents tronçons ainsi que leur recouvrement sont donc très faibles, il sera par conséquent problématique de proposer des sections plus importantes. Le profil en long de cette branche suite à la simulation de la pluie décennale est proposé en Figure 36.

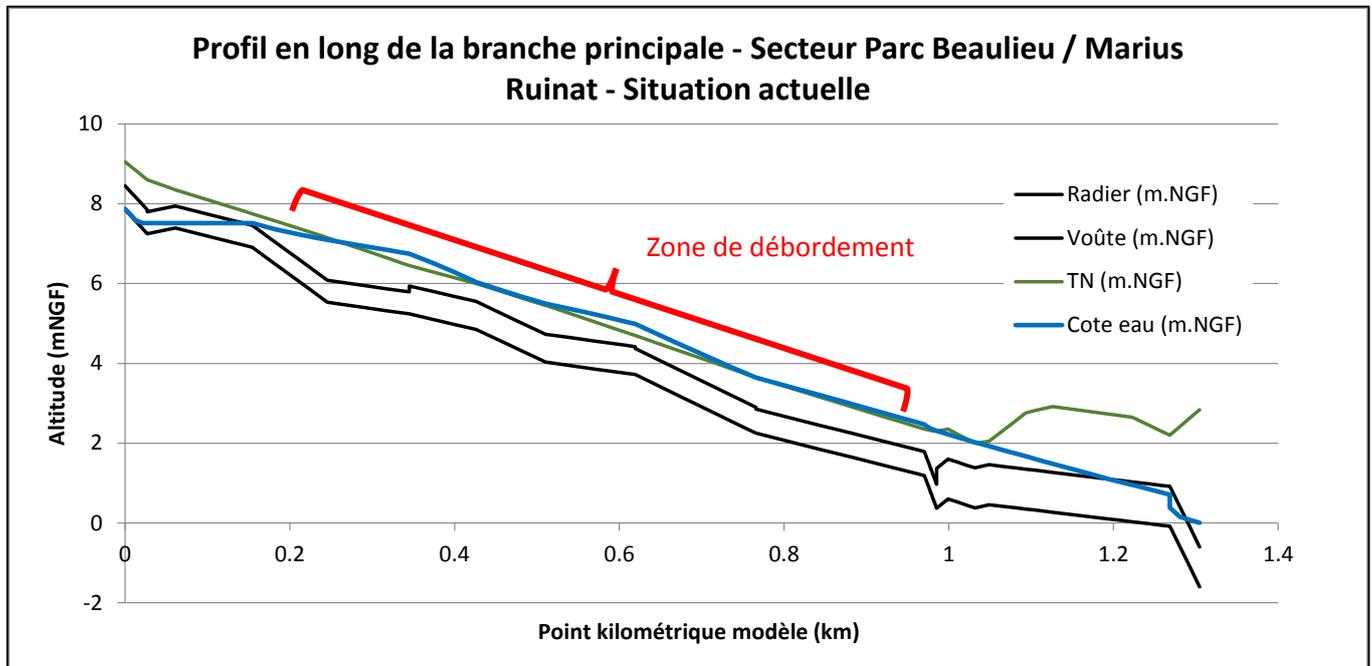


Figure 36. Profil en long de la conduite principale – Secteur Parc Beaulieu / Marius Ruinat

La lecture du profil en long ci-dessus permet de d'observer l'étendue conséquente de la zone de débordement, celle-ci concernant la quasi-totalité du linéaire de la branche modélisée. Par ailleurs, l'exutoire de la branche se trouvant au-dessous du niveau 0 NGF, ceci créé une contrainte supplémentaire en pénalisant l'évacuation de l'eau. Les sections théoriques nécessaires ont été calculées et sont présentées dans le Tableau 15.

Tableau 15. Calcul des sections théoriques nécessaire de la branche principale – Secteur Parc Beaulieu / Marius Ruinat

| Branche | Tronçon | Section actuelle (m) | Longueur (m) | Pente (m/m) | Débit à transiter (m ³ /s) | K | Ø obtenu (m), arrondi |
|---------|---------|----------------------|--------------|-------------|---------------------------------------|----|-----------------------|
| 1 | 1-a | 0.55x1.1 | 91.36 | 0.015 | 0.907 | 70 | 700 |
| | 1-b | 0.55x1.1 | 99.37 | 0.003 | 0.907 | 70 | 900 |
| | 1-c | 0.7x0.75 | 81.17 | 0.006 | 1.744 | 70 | 1000 |
| | 1-d | 0.7x0.75 | 84.62 | 0.010 | 1.744 | 70 | 900 |
| | 1-e | 0.7x0.75 | 108.63 | 0.003 | 1.744 | 70 | 1200 |
| | 1-f | 0.65x0.7 | 146.8 | 0.010 | 2.581 | 70 | 1100 |
| | 1-g | 0.6x0.75 | 204.62 | 0.005 | 2.581 | 70 | 1200 |
| | 1-h | 0.6x0.75 | 7.93 | 0.055 | 3.4 | 70 | 900 |
| | 1-i | 0.6x0.75 | 6.99 | 0.054 | 3.4 | 70 | 900 |

Les valeurs ainsi calculées ont été testées dans le modèle, et ont dû être pour la plupart majorées afin de pouvoir faire transiter la pluie décennale sans débordements ni mises en charge. Or, la configuration du secteur ne permet pas d'envisager la pose de canalisations de diamètres supérieurs à 1000mm en raison de la profondeur de pose disponible, limitée par la contrainte du niveau 0 NGF à l'exutoire. Le secteur concerné se trouvant en zone urbaine dense, des solutions alternatives au redimensionnement semblent toutefois compromises. Il serait donc nécessaire d'envisager la pose de doubles canalisations, mais les sections nécessaires resteraient importantes.

Une alternative n'ayant pas été explorée ici pourrait consister à déconnecter une partie du réseau amont de cette branche afin de limiter le débit entrant, mais ceci nécessiterait de disposer d'un nouvel exutoire pour ces eaux excédentaires.

IV.4. Chiffrage des aménagements proposés

Un chiffrage des aménagements proposés pour les secteurs de la Ponsarde et du collège a été réalisé sur la base d'un cahier des prix généraux proposé par un constructeur. Les prix globaux mentionnés incluent la fourniture des canalisations (béton), les travaux de démolition de voirie, de fouilles, de dépose des anciennes canalisations, de pose des nouvelles canalisations, de remblais et de réfection de chaussée. Le coût de la main d'œuvre est également compris. (Les aménagements nécessaires au secteur Parc Beaulieu n'ont pas été étudiés ici faute de pertinence).

Tableau 16. Chiffrage des aménagements proposés – Secteurs de la Ponsarde et du collège

| Secteur Ponsarde | | | |
|---|-------------|----------|-----------------------|
| Désignation | PU HT | Quantité | Total HT |
| Fourniture et pose de canalisations Ø600 béton | 500,00 €/ml | 69.57m | 34 785,00 € |
| Fourniture et pose de canalisations Ø800 béton | 600,00 €/ml | 191.16m | 114 696,00 € |
| Fourniture et pose de canalisations Ø1000 béton | 800,00 €/ml | 392.15m | 131 720,00 € |
| Secteur collège | | | |
| Fourniture et pose de canalisations Ø800 béton | 600,00 €/ml | 401.95m | 241 170,00 € |
| Fourniture et pose de canalisations Ø1000 béton | 800,00 €/ml | 304.6m | 243 680,00 € |
| Fourniture et pose de canalisations Ø1200 béton | 850,00 €/ml | 544.78m | 463 063,00 € |
| TOTAL € HT | | | 1 411 114,00 € |

Ce chiffrage doit être considéré sous réserves d'évolutions éventuelles des tarifs (coût du carburant, des matériaux de remblais...), et ne prend pas en compte d'éventuels imprévus lors de la réalisation des travaux. L'objectif est de fournir au maître d'ouvrage un aperçu des investissements nécessaires à l'atteinte de ses objectifs en termes de renforcement des réseaux.

Les travaux de modélisation du réseau de la commune de Marignane effectués dans le cadre de la réalisation des phases 4 et 5 du SDAP ont permis de mettre en évidence plusieurs constats. Le réseau de la commune présente globalement une capacité de transit insuffisante pour des pluies d'occurrence décennale, voire quinquennale pour certains secteurs. En revanche, d'autres parties du réseau sont capables de faire transiter des pluies présentant des périodes de retour de 20 voire 50 ans, traduisant une forte hétérogénéité de conception des réseaux qu'il est souvent possible de corrélérer à leur ancienneté.

La configuration topographique de la commune constitue le principal facteur limitant l'efficacité du réseau en termes de capacité de transit. Le faible gradient altimétrique disponible ainsi que la contrainte limite imposée par l'Etang de Bolmon (niveau 0 NGF) imposent des faibles pentes de pose des réseaux devant être compensées par d'importantes sections d'écoulement. La mise en place de réseaux de telle envergure n'est cependant pas envisageable de manière conventionnelle au vu des profondeurs requises, des techniques particulières souvent onéreuses doivent être utilisées (pose de blindages).

La densification des réseaux existants peut constituer une réponse à la situation actuelle sous réserve de faisabilité technique (foncier disponible, choix des exutoires...) et financière.

Au vu du caractère fortement urbanisé de la commune, le recours aux techniques alternatives de gestion des eaux pluviales reste une option mais uniquement à petite échelle (lotissement) et dans certains secteurs uniquement. Les principes de gestion alternative « à la parcelle » de type toitures stockantes ou puits d'infiltration seraient à encourager mais leur adaptation au contexte pluvial méditerranéen serait à étudier. Les nouveaux projets d'aménagement doivent pleinement intégrer la gestion des eaux pluviales et pouvoir proposer des solutions visant à ne pas surcharger d'avantage les réseaux existants déjà saturés.

De manière générale, la réalisation par anticipation de cette phase de modélisation aura permis de mettre en place une méthodologie de réalisation qui pourra par la suite être appliquée aux autres communes du territoire. Certaines difficultés ont pu être rencontrées concernant notamment la disponibilité des données nécessaires à la construction des modèles ainsi que leur qualité, ayant nécessité des réponses techniques, qui pourront également être réemployées. Les résultats obtenus seront présentés au maître d'ouvrage et lui permettront de compléter sa connaissance des réseaux et de cibler plus précisément d'éventuels secteurs d'intervention.

Il reste néanmoins important de garder à l'esprit qu'une modélisation numérique si élaborée soit elle, ne permet que de rendre compte partiellement du fonctionnement réel des systèmes et doit systématiquement être considérée avec un certain recul critique.

CONCLUSION

Le stage de fin d'études faisant l'objet de ce mémoire a porté sur la réalisation du schéma directeur d'assainissement pluvial de la métropole Aix Marseille Provence, et plus particulièrement sur les 18 communes composant le conseil de territoire Marseille Provence. Etant donné l'étendue du territoire d'étude, la réalisation de ce SDAP a été planifiée sur 17 mois. En conséquence, la période de stage a plus spécifiquement concerné les étapes de réalisation relatives à l'acquisition d'une connaissance globale détaillée de l'ensemble des réseaux ainsi que de leur fonctionnement. Ces dernières représentent 4 des 9 phases de travail totales prévues par le maître d'ouvrage et inscrites dans le CCTP relatif au marché correspondant.

Une part importante des travaux réalisés, dans le cadre de la phase 2 du SDAP, a consisté à analyser puis regrouper et homogénéiser les données topographiques disponibles pour les différents réseaux communaux. La finalité de cette étape de réalisation s'est trouvée dans la création d'une base de données des réseaux unique sous SIG pour l'ensemble du territoire (BD réseau), dans laquelle le maître d'ouvrage a fondé de multiples attentes. Celle-ci permet en effet de disposer de manière globale ou localisée de toutes les informations pratiques nécessaires au gestionnaire des réseaux (linéaires, sections, pentes,...) et des différents ouvrages hydrauliques existants (volume de stockage disponible, état de fonctionnement d'un dégrilleur, déshuileur, chambre à sable,...). Un des avantages d'une base de données construite sous SIG se trouve par ailleurs sans sa flexibilité en termes de mise en forme et de modification des données. La première BD réseau remise au maître d'ouvrage courant Juillet ne constitue à ce titre qu'une version provisoire, qui sera complétée d'une part par le mandataire durant la réalisation des phases ultérieures du SDAP et d'autre part par le maître d'ouvrage au cours de ses interventions futures sur les réseaux.

Plusieurs difficultés ont été rencontrées durant la construction de cette base de données, notamment liées à la multiplicité des formats des données d'entrée. Un volume horaire important a dû être dédié à la conversion des données vers différents format tout en préservant leur qualité, ayant parfois nécessité des conversions manuelles « au cas par cas ». Certains outils informatiques nécessaires à ces opérations ayant été d'autre part utilisés pour la première fois lors du stage ont également constitué une difficulté pratique.

Les enquêtes de terrain ont permis de constater des dysfonctionnements dans le fonctionnement des différents réseaux, pour certains préalablement identifiés et pour d'autres inconnus jusqu'alors. Les différentes fiches terrain produites à la suite de ces enquêtes remises au maître d'ouvrage constituent pour ce dernier une base de réflexion pour définir un plan d'interventions à réaliser à court terme, selon un niveau de priorité défini à partir du risque potentiel associé.

Les travaux réalisés dans le cadre de la phase 3 durant le stage ont consisté à transposer les conclusions issues de l'étude préalablement réalisée au niveau global vers un niveau local (commune de Marignane). Une analyse pluviométrique a été réalisée dans le but de caractériser 2 pluies réelles retenues pour le calage du modèle numérique construit lors des phases suivantes, et des pluies de projet ont également été construites en prévision des travaux de modélisation. La détermination des bassins versants ainsi que leur caractérisation morphologique a constitué le second volet de cette phase de travail. Ce dernier a d'une part nécessité la réutilisation et la modification de données existantes et d'autre part la production de nouvelles informations, au moyen d'une analyse topographique. Une base de données spécifique a également été créée à l'issue de ces travaux, comprenant l'ensemble des informations produites. Les résultats produits lors de cette phase de travail ont pour la plupart constitué les données d'entrées nécessaire à la réalisation des phases 4 et 5 suivantes.

La modélisation numérique du réseau pluvial de la commune de Marignane correspondant aux phases 4 et 5 du SDAP a constitué la dernière partie du stage présenté dans ce document. Le modèle a été construit à partir des données produites lors des phases 2 et 3 précédentes : tracé du réseau et pluies réelles et de projet simulées.

Une analyse des données d'entrée disponibles ainsi que de leur qualité et exhaustivité a été réalisée en premier lieu et conduit à la réalisation d'une campagne de terrain dédiée à combler les lacunes constatées. A la suite de cette expérience, cette analyse a été appliquée par anticipation à l'ensemble du territoire d'étude.

Le calage de ce modèle a constitué la première étape de travail ainsi que la première difficulté rencontrée. Comme développé dans différents paragraphes de ce rapport, le calage n'a pu être réalisé que de manière qualitative, induisant par conséquent une représentativité à considérer avec précaution. Les résultats obtenus ont néanmoins été convaincants au regard des éléments comparatifs à disposition, et ont permis de mener à terme les travaux entrepris.

Conformément aux attentes du maître d'ouvrage, différents scénarii ont été modélisés correspondant aux différentes pluies de projet construites en phase 3. Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence un dimensionnement du réseau globalement insuffisant pour une période de retour décennale, constituant l'objectif recherché par le maître d'ouvrage en termes capacitaires. Par ailleurs, il a été constaté une hétérogénéité importante entre les différentes branches de réseau traduisant une absence de vision globale des politiques d'aménagement.

Un focus a été effectué sur 3 secteurs identifiés lors d'études antérieures présentant des enjeux humains et / ou matériels et soumis à des désordres réguliers liés à des dysfonctionnements des réseaux présents à proximité. Une analyse détaillée de leur fonctionnement hydraulique a été réalisée afin de déterminer les causes des anomalies constatées et de proposer des solutions palliatives. Ces dernières ont exclusivement consisté à proposer des redimensionnements des réseaux existants en raison notamment des contraintes foncières rendant la mise en œuvre de techniques alternatives inenvisageable. Toutefois, les redimensionnements proposés se sont également heurtés à des difficultés relatives à la configuration topographique particulière de la commune. Le faible gradient altimétrique disponible sur cette dernière impose des pentes et des profondeurs de pose très réduites ce qui ne permet pas systématiquement de mettre en œuvre les sections théoriques nécessaires déterminées par le calcul. Une réflexion pourra être envisagée par la suite sur la mise en place de techniques de gestion alternative à échelle locale adaptées au contexte climatique méditerranéen.

Pour 2 des 3 secteurs initialement retenus, un chiffrage indicatif a été établi dans le but de fixer un ordre de grandeur sur les investissements nécessaires à réaliser à l'échelle d'un quartier dans le but de disposer d'un réseau de capacité d'évacuation décennale.

La modélisation réalisée sur le réseau de Marignane aura été particulièrement instructive au vu de l'ensemble des situations et difficultés rencontrées.

BIBLIOGRAPHIE

- [CERTU, 2006] Certu, M. E. D. D. (2006). Les collectivités locales et le ruissellement pluvial.
- [CERTU, 2003] Certu, M. E. D. D. (2003). La ville et son assainissement: principes, méthodes, outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau.
- [GRAIE, 2011] Graie, (2011). Eléments pour l'élaboration d'un Schéma Directeur de Gestion des Eaux pluviales adapté au contexte local.
- [Desbordes, 1992] Desbordes, M., & Masson, J. M. (1995). Précipitations extrêmes dans le sud de l'Europe.
- [GRAIE] Graie, (200). Stratégies et solutions techniques pour la gestion des eaux pluviales.
- [Arnold, 2014] Arnold, B. C. (2015). *Pareto distribution*. John Wiley & Sons, Ltd.
- [Lang, 1997] Lang, M., Rasmussen, P., Oberlin, G., & Bobée, B. (1997). Échantillonnage par valeurs supérieures à un seuil: modélisation des occurrences par la méthode du renouvellement. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 10(3), 279-320.
- [GUMBEL, 1958] GUMBEL, E. (1958). Statistics of extremes
- [KATZ *et al.*, 2002] Katz, R. W., Parlange, M. B., & Naveau, P. (2002). Statistics of extremes in hydrology. *Advances in water resources*, 25(8), 1287-1304.
- [LANG *et al.*, 2014] Lang, M., Arnaud, P., Carreau, J., Deaux, N., Dezileau, L., Garavaglia, F., ... & Soubeyrou, J. M. (2014). Résultats du projet ExtraFlo (ANR 2009-2013) sur l'estimation des pluies et crues extrêmes. *La Houille Blanche-Revue internationale de l'eau*, 2, 5-13.
- [MADSEN *et al.*, 1997] Rosbjerg, D. (1997). Comparison of annual maximum series and partial duration series methods for modeling extreme hydrologic events 2. Regional modeling. *Water resources research*, 33(4), 759-769.
- [METEO FRANCE, 2012] Météo France. (2012). Prédétermination des valeurs extrêmes de pluies et de crues (EXTRAFLO), Rapport III.1 « Comparaison des méthodes locales pour l'estimation des pluies extrêmes ».
- [DESBORDES, 1976] Desbordes, M., & Raous, P. (1976). Un exemple de l'intérêt des études de sensibilité des modèles hydrologiques. *La Houille Blanche*, (1), 37-43.
- [HAMMAR, 2009] Benabdesselam, T., & Hammar, Y. (2009). Estimation de la réponse hydrologique d'un bassin versant urbanisé. *European Journal of Scientific Research*, 29(3), 334-348.
- [DESBORDES, 1975] Desbordes, M. (1975). Une étude générale de l'assainissement pluvial urbain. *La Houille Blanche*, (1), 37-43.

[HEMAIN, 1986] Hemain, J. C. (1986). Guide de construction et d'utilisation des pluies de projet. *Edition Service Technique de l'Urbanisme, Paris*.

[CHOCAT *et.al*, 1981] Chocat, B., Thibault, S., & Zimmermann, M. (1981). Etude comparative des résultats fournis par la méthode de CAQUOT et le modèle du réservoir linéaire. *Techniques et sciences municipales, l'Eau*, 417-423.

[LONGOBARDI *et.al.*, 2003] Longobardi, A., Villani, P., Grayson, R. B., & Western, A. W. (2003, July). On the relationship between runoff coefficient and catchment initial conditions. In *Proceedings of MODSIM* (Vol. 2003, pp. 867-872).

[SHI *et al.*, 2006] Shi, P. J., Yuan, Y., Zheng, J., Wang, J. A., Ge, Y., & Qiu, G. Y. (2007). The effect of land use/cover change on surface runoff in Shenzhen region, China. *Catena*, 69(1), 31-35.

[MERZ *et al.*, 2006] Merz, R., Blöschl, G., & Parajka, J. (2006). Spatio-temporal variability of event runoff coefficients. *Journal of Hydrology*, 331(3), 591-604.

[REFSGAARD, 1995] Refsgaard, J. C., Storm, B., & Refsgaard, A. (1995). Recent developments of the Systeme Hydrologique Europeen(SHE) towards the MIKE SHE. *International Association of Hydrological Sciences, Publication*, (231), 427-434.

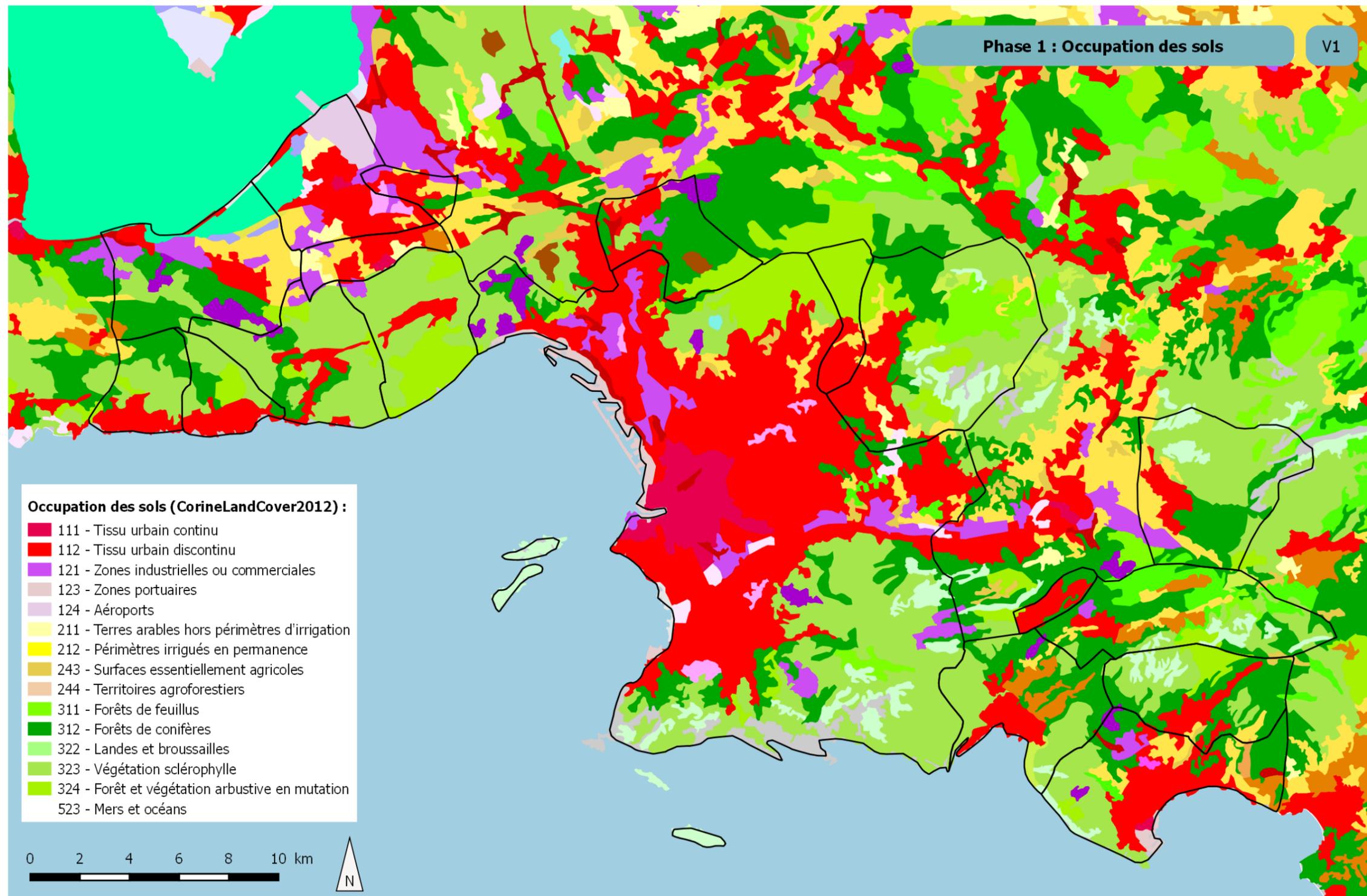
[BARRE DE SAINT VENANT] de Saint-Venant, A. B. (1871). Théorie et équations générales du mouvement non permanent des eaux courantes. *Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 73, 147-154.

ANNEXES

SOMMAIRE

| | | |
|------------------|---|-----|
| <i>Annexe 1</i> | Carte d'occupation des sols du territoire d'étude | 80 |
| <i>Annexe 2</i> | Guide de prescriptions générales réseaux humides et bassins de rétention | 81 |
| <i>Annexe 3</i> | Profils type de la BD réseau (issus du FTA SERAMM) | 86 |
| <i>Annexe 4</i> | Modèle de fiche type utilisé lors de la phase 2 | 89 |
| <i>Annexe 5</i> | Localisation des stations pluviométriques du SERAMM et de Météo France utilisées lors de la phase 3 | 90 |
| <i>Annexe 6</i> | Présentation des stations du SERAMM retenues dans le cadre de l'analyse pluviométrique de phase 3 | 91 |
| <i>Annexe 7</i> | Exemples de fiches terrain réalisées en phase 3 | 92 |
| <i>Annexe 8</i> | Pluies réelles utilisées pour le calage du modèle | 95 |
| <i>Annexe 9</i> | Construction des pluies de projet | 98 |
| <i>Annexe 10</i> | Carte des bassins versants et coefficients d'imperméabilisation associés | 100 |
| <i>Annexe 11</i> | Carte de disponibilité des données relatives au cotes des regards – secteur Ouest | 101 |
| <i>Annexe 12</i> | Résultats de modelisation pour les différentes pluies de projet – état actuel | 102 |

ANNEXE 1 : CARTE D'OCCUPATION DES SOLS DU TERRITOIRE D'ETUDE



ANNEXE 2 : GUIDE DE PRESCRIPTIONS GENERALES RESEAUX HUMIDES ET BASSINS DE RETENTION

La Direction de l'Eau de l'Assainissement et du Pluvial (DEAP) a rédigé un guide de prescriptions générales concernant les réseaux humides et les bassins de rétention à l'attention des porteurs de projets. Ce guide a été mis à disposition jusqu'à présent uniquement sur la commune de Marseille. Concernant la gestion des eaux pluviales, ce guide donne des prescriptions relatives aux réseaux pluviaux, aux rejets dans les réseaux pluviaux et aux bassins de rétention. Les paragraphes suivants sont directement tirés de ce guide.

PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX RESEAUX PLUVIAUX :

Pour la réalisation des réseaux pluviaux, les prescriptions suivantes doivent être respectées :

- Diamètre 600 mm minimum en béton, PRV, PEHD EP100 ou en polypropylène SN10 (NB : les matériaux annelés ne sont pas acceptés).
- Raccordement des grilles et des avaloirs avec des canalisations de diamètre 400 mm minimum (le PVC, d'une classe minimale de résistance SN 8, est accepté pour ces raccordements).
- Grilles plates 1 000 X 300, 1 300 X 300, 1 300 X 500 ou double grille 500 X 500 D400 (caniveau central) équipées de clapets anti-odeurs sur bordures basses.
- Avaloirs 1 300 X 600 et grilles stéphanoises 1 300 X 300 D400 centrées sur l'avaloir (avec entonnement central) équipés de clapets anti-odeurs pour les autres bordures.
Sauf impossibilité technique, les nouveaux avaloirs créés pourront être des avaloirs siphoides. Un système de piégeage des déchets devra être proposé par le porteur de projet, à la discrétion de MPM.
- Regards en 1 000 X 1 000 équipés de tampons de type Pamrex : un regard visitable à chaque singularité (raccordement, chute, changement de pente, de direction, de dimension) et a minima tous les 50 m (Les regards seront équipés d'échelons en composite jusqu'au radier des collecteurs ainsi que d'une crosse de préhension escamotable conforme aux normes en vigueur).
- Le porteur de projet devra prévoir, tous les 50 m, un dispositif d'engouffrement de chaque côté de la voirie. En configuration courante, ce dispositif sera composé d'une grille et d'un avaloir. Selon les caractéristiques du site, MPM pourra imposer des dispositions différentes (et notamment une densité plus importante de dispositifs d'engouffrement).
- Absence de dispositifs d'engouffrements au droit des arbres.
- En outre, les avaloirs ne doivent pas servir de regard et ne doivent pas être montés en série sur le réseau.
- La pente maximale des réseaux est de 4 % (le porteur de projet devra vérifier que la vitesse de l'effluent, au débit de pointe décennal, dans le réseau reste inférieure à 4 m/s).
- La pente minimale des réseaux est de 1 % (en cas d'impossibilité technique, le porteur de projet devra justifier par le calcul que les conditions d'autocurage sont remplies : vitesse supérieure à 1 m/s).

Les fontes de voirie de classe C250 sont proscrites. Toutes les fontes devront avoir une classe minimale de résistance D400 sur chaussée ou trottoir. Les grilles devront être adaptées aux Personnes à Mobilités réduites, aux emplacements indiqués par les services de la Ville de Marseille.

PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX AUTORISATIONS DE REJETS DANS LES RESEAUX PLUVIAUX :

Les valeurs limites autorisées pour les rejets dans les réseaux pluviaux sont précisées dans le tableau ci-après :

| Paramètre | Valeur limite |
|--|---------------------------------|
| Température | <25°C |
| pH | Entre 6 et 8,5 |
| Matières en Suspension | 25 mg/L |
| DCO | 25 mg/L |
| Hydrocarbures | 1 mg/L |
| Métaux lourds totaux (Al, Ag, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn, Sb, Se, Sn, Te, Tl, V, Zn) et composés | 10 mg/L |
| Cd et composés | 0,2 mg/L |
| Cr hexavalent | 0,1 mg/L |
| Pb et composés | 0,5 mg/L |
| As et composés | 0,1 mg/L |
| Cu et composés | 0,5 mg/L |
| Ni et composés | 0,5 mg/L |
| Zn et composés | 0,2 mg/L |
| Mn et composés | 1 mg/L |
| Sn et composés | 0,2 mg/L |
| Fe + Al | 0,4 mg/L |
| Cr et composés | 0,5 mg/L |
| CN | 0,1 mg/L |
| Phénol | 0,3 mg/L |
| AOX | 1 mg/L |
| Fluor et composés | 15 mg/L |
| Substances nocives bioaccumulables ou nocives Annexe Va | 0,05 mg/L |
| Substances nocives bioaccumulables ou nocives Annexe Vb | 1,5 mg/L |
| Substances nocives bioaccumulables ou nocives Annexe Vc1 | 4 mg/L |
| Substances nocives bioaccumulables ou nocives Annexe Vc2 | 4 mg/L |
| Hg | 0,05 mg/L |
| Dioxines et furanes | 0,5 mg/L |
| Pesticides totaux | 10 µg/L |
| Conductivité à 20 °C | Comprise entre 200 et 800 µS/Cm |
| Salinité | 400 mg/L |
| Chlorures | 200 mg/L |
| Chlore total | 0,1 mg/L |
| Azote total | 15 mg/L |
| Phosphore total | 2 mg/L |
| Escherichia Coli | 100 U / 100 ml |
| Coliformes totaux | 500 U / 100 ml |
| Streptocoques | 100 U / 100 ml |

Ces valeurs doivent être respectées jusqu'à la pluie annuelle.

Par ailleurs, pour tout projet (hors reprise des enrobés de voirie), le débit de rejet est limité au débit décennal originel sur la parcelle concerné, jusqu'à la pluie décennale calculée selon les prescriptions de l'instruction technique de 1977, pluies région III. Ce débit peut être restreint davantage encore (jusqu'à 5 L/s voire 2,5 L/s) si la capacité du réseau hydraulique à l'aval le requiert.

Les raccordements pluviaux doivent être expressément autorisés par la Collectivité ou son délégataire. Les rejets permanents font l'objet d'une convention de rejet.

PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX BASSINS DE RETENTION :

Le dimensionnement du bassin de rétention se fait, à minima, suivant la pluie décennale.

Lorsqu'il s'agit d'une mesure compensatoire, le débit de fuite est calé à minima sur le débit de fuite de l'état originel (avec un coefficient de ruissellement de 0,1). Selon la capacité de l'exutoire, le débit de fuite peut être davantage restreint (jusqu'à 5 L/s voire 2,5 L/s).

Le remplissage d'un bassin de rétention est obligatoirement gravitaire.

La vidange d'un bassin de rétention doit également être gravitaire.

En cas d'impossibilité technique, le calcul du volume de rétention se fait en considérant un débit de fuite nul (le dimensionnement du poste de relevage destiné à la vidange du bassin de rétention doit rester réaliste).

Les bassins et leurs ouvrages annexes doivent permettre d'atteindre avant rejet, les normes de qualité suivantes : MES < 25 mg/L, DCO < 25 mg/L, hydrocarbure < 1 mg/L (les autres paramètres à surveiller sont précisés dans le tableau du chapitre IV.2). Ces normes doivent être tenues jusqu'à la pluie annuelle.

Prescriptions relatives aux bassins à ciel ouvert :

➤ Fond du bassin

La conception du fond du bassin devra prendre en compte :

- les caractéristiques géotechniques et hydrogéologiques des sols ;
- les objectifs du projet paysager.

Sauf en cas de proximité de la nappe phréatique ou de contraintes techniques ou réglementaires, le fond du bassin ne sera pas étanchéifié. Il devra permettre l'intervention des engins d'exploitation adaptés au site (à définir avec l'exploitant au moment de l'AVP) (notamment d'engins de 17 tonnes).

➤ Digue

Toutes les précautions nécessaires seront prises lors du dimensionnement de la digue du bassin pour assurer la sécurité en toute circonstance. La conformité à la réglementation relative aux digues et barrages devra être assurée.

Descriptif technique des équipements du bassin :

➤ Cunette de fond

Une cunette sera disposée en fond de bassin, depuis l'ouvrage d'alimentation du bassin jusqu'à l'ouvrage de fuite. La pente du fond du bassin devra être orientée vers cette cunette.

Tout en soignant son aspect paysager, celle-ci devra être conçue de manière à :

- éviter le ravinement et le creusement d'un chenal en fond de bassin ;
- éviter le dépôt de sables fins et de sédiments.

➤ Piège à charriage / Piège à cailloux

Le projet devra intégrer la mise en place de pièges à charriage permettant de diminuer la dispersion des matériaux transportés à l'intérieur du bassin et faciliter ainsi son entretien.

➤ Pentes

Les vitesses d'écoulement devront permettre d'éviter le dépôt de sables fins et de sédiments en fond de bassin et dans la cunette de fond. Par conséquent, une attention particulière devra être portée aux pentes des ouvrages :

- pente générale du radier du bassin ;

- pente du radier dirigée vers la cunette de fond ;
- pente de la cunette (une pente de 1 % est à retenir a priori afin de maintenir une vitesse d'écoulement supérieure à 1 m/s).

➤ Talus

Des mesures adéquates seront proposées pour éviter le ravinement des talus des berges du bassin et de la digue (enherbement, végétalisation, caniveau en tête de talus, ...).

L'utilisation de géo-membranes (contraignante pour les opérations de maintenance) est à éviter pour les talus et le radier du bassin. La pente des berges devront être justifiées par une étude géotechnique.

➤ Ouvrage d'admission

L'ouvrage d'admission devra être muni d'un dispositif brise énergie.

➤ Ouvrage de vidange

Un dispositif manuel et sécurisé devra permettre de fermer la vidange du bassin.

Le projet devra intégrer la mise en place d'un dispositif anti-embâcle permettant de piéger les flottants (branchages, détritiques, végétations diverses...) et de garantir le bon fonctionnement de l'ouvrage de fuite du bassin.

Par ailleurs, une cloison siphonide sera prévue pour retenir les huiles et graisses récoltées lors des pluies courantes. La cloison siphonide pourra être remplacée par un décanteur particulière, équipé d'un by-pass, en entrée ou en sortie d'ouvrage.

Il est impératif de prévoir un accès sécurisé, bassin plein, au droit de l'ouvrage de vidange pour permettre son décolmatage éventuel. Cet accès doit être praticable par un engin de type pelle mécanique. L'ouvrage de vidange doit être conçu pour permettre cette intervention sans dommage.

Les équipements destinés au fonctionnement de l'ouvrage de vidange devront être sécurisés voire indémontables afin d'éviter les vols.

Un dispositif de vidange du bassin, fermé par une vanne martelière avec déport de commande, devra être installé en parallèle du dispositif de régulation de débit. Il s'agira de permettre la vidange du bassin en cas d'obstruction du dispositif de régulation de débit.

Les dispositifs de régulation de débit rustiques, de type ajutage, seront préférés. Les dispositifs de type vortex ne sont pas acceptés.

➤ Déversoir de sécurité

Une réflexion sera menée sur les mesures techniques à mettre en œuvre afin de :

- garantir la stabilité de l'ouvrage de déversement pour le débit de projet (et donc empêcher toute érosion en pied de déversoir) ;
- accompagner les écoulements en aval du déversoir pour éviter les submersions anarchiques.

➤ Entretien

Une rampe d'accès sera mise en place afin de faciliter l'accès et l'entretien par des engins mobiles (camion, tractopelle,...). Dans la mesure du possible (notamment au regard du volume de rétention à mettre en police), un chemin de ronde permettant d'intervenir tout autour du bassin devra être prévu. En cas d'impossibilité, le porteur de projet devra demander une dérogation expresse à la Direction de l'Eau, de l'Assainissement et du Pluvial.

La largeur minimale de la piste d'accès est de 3,5 m. Le chemin d'entretien devra avoir une largeur minimale de 4,5 m. La pente maximale de la rampe d'accès est de 10 %.

Pour l'entretien, les éventuels volumes morts devront pouvoir être vidangés.

La Direction de l'Eau de l'Assainissement et du Pluvial pourra exiger que l'accès aux installations soit sécurisé par l'implantation d'une clôture munie d'un portail d'une largeur minimale de 4 m.

Prescriptions relatives aux bassins enterrés :

Pour la réalisation de bassins enterrés, il y a lieu de prendre en compte les spécificités suivantes :

- Dispositif de dessablage : une fosse de dessablage doit recueillir l'arrivée des eaux pluviales.
- Dispositif de rinçage : le nettoyage du radier présentera un système de rinçage automatique, de préférence un système de rinçage sous vide. Les équipements seront positionnés obligatoirement à l'extérieur du bassin.
- Dispositif d'évacuation des eaux de rinçage : les eaux de rinçage seront dirigées vers le réseau sanitaire.
- Dispositif de régulation du débit de fuite : la régulation doit permettre à la fois d'assurer un débit de fuite (quantitatif) et une dépollution des eaux de ruissellement. Un écrémeur de surface équipé d'une cloison siphonée et une vanne de régulation sont des éléments qui permettent de répondre à ce double objectif.
- Dispositif de ventilation : la ventilation du bassin doit être étudiée par la maîtrise d'œuvre ainsi que l'éventuel besoin d'une désodorisation (un détecteur 4 gaz doit sécuriser l'accès au bassin).
- Dispositif d'accès au bassin : les accès au bassin permettant l'exploitation doivent être étanches et permettre le passage d'éventuels engins.
- Instrumentation : la gestion du bassin par mesure de niveau (sonde ou radar), et par télétransmission est impérative.
- Eclairage : un éclairage du bassin est nécessaire pour assurer l'exploitation du bassin.
- La hauteur minimale du bassin est de 1,9 m.
- Toutes les métalleries seront en inox 316L.

Pour les bassins de volume inférieur à 1 000 m³, des dérogations pourront être accordées concernant l'éclairage, le nettoyage automatique, et l'instrumentation.

Prescriptions relatives aux bassins à structures alvéolaires

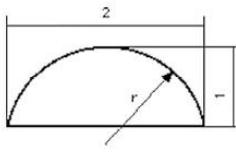
Pour la réalisation de bassins utilisant des structures alvéolaires, en fonction de la technologie utilisée, les prescriptions seront à adapter, en accord avec la Direction de l'Eau de l'Assainissement et du pluvial et ses délégataires. Néanmoins, il y a lieu de respecter les prescriptions suivantes :

- Le bassin devra pouvoir être vidangé par camion hydro-cureur (sinon l'ouvrage ne sera pas réceptionné).
- Selon la technologie choisie, des chambres de répartition avec accès pour le personnel d'entretien pourront être exigées en amont et en aval de la série de modules. Il pourra également être exigé que l'ouvrage en amont possède, pour l'insertion d'une tête d'hydro-curage, des regards supplémentaires.
- Selon la technologie utilisée, la longueur totale des modules ne devra pas excéder 60 m. En cas de longueur plus importante, une chambre de répartition supplémentaire pourra être imposée.
- L'espace en surface sera suffisamment dégagé pour permettre l'évolution des engins nécessaires à l'entretien des modules.

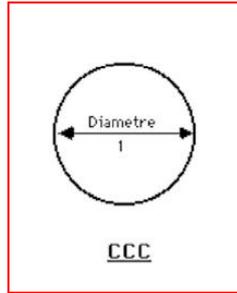
ANNEXE 3 : PROFILS TYPES DE LA BD RESEAU (ISSUS DU FTA DU SERAMM)

PROFIL_TYPE

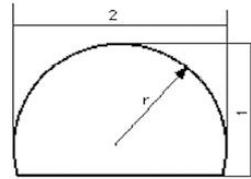
| CODE | Forme générale | Voûte | Radier |
|------|----------------|---------------|--------------------------------------|
| CAP | Circulaire | Arc de Cercle | Plat |
| CCC | Circulaire | Demi cercle | Demi cercle |
| CCK | Circulaire | Demi cercle | Banquette Rive gauche |
| CCP | Circulaire | Demi cercle | Plat |
| CCU | Circulaire | Demi cercle | 2 banquettes Cunette arc de cercle |
| COA | Circulaire | Ouvert | Arc de Cercle |
| COC | Circulaire | Ouvert | Demi cercle |
| ECU | Ellipse | Demi cercle | 2 banquettes Cunette arc de cercle |
| EEP | Ellipse | Ellipse | Plat |
| EEU | Ellipse | Ellipse | 2 banquettes Cunette arc de cercle |
| NON | Naturel | Ouvert | Naturel |
| NPN | Naturel | Plat | Naturel |
| OCJ | Ovoïde | Demi cercle | Non Normalise |
| OCK | Ovoïde | Demi cercle | Banquette Rive gauche |
| OCL | Ovoïde | Demi cercle | Banquette Rive droite |
| OCM | Ovoïde | Demi cercle | 2 banquettes Cunette demi cercle |
| ONO | Ovoïde | Normalise | Normalise |
| ONP | Ovoïde | Normalise | Plat |
| OQK | Quelconque | Demi cercle | Banquette Rive gauche |
| RAA | Rectangle | Arc de Cercle | Arc de Cercle |
| RAB | Rectangle | Arc de Cercle | Cunette centrale en arc de cercle |
| RAC | Rectangle | Arc de Cercle | Demi cercle |
| RAF | Rectangle | Arc de Cercle | Cunette centrale trapezoidale |
| RAP | Rectangle | Arc de Cercle | Plat |
| RCA | Rectangle | Demi cercle | Arc de Cercle |
| RCB | Rectangle | Demi cercle | Cunette centrale en arc de cercle |
| RCC | Rectangle | Demi cercle | Demi cercle |
| RCD | Rectangle | Demi cercle | Cunette Rive gauche en arc de cercle |
| RCE | Rectangle | Demi cercle | Cunette Rive droite en arc de cercle |
| RCF | Rectangle | Demi cercle | Cunette centrale trapezoidale |
| RCP | Rectangle | Demi cercle | Plat |
| RCR | Rectangle | Demi cercle | Cunette Rive gauche Rectangulaire |
| RCS | Rectangle | Demi cercle | Cunette Rive droite Rectangulaire |
| RCT | Rectangle | Demi cercle | Cunette Centrale Rectangulaire |
| RCU | Rectangle | Demi cercle | 2 banquettes Cunette arc de cercle |
| RCV | Rectangle | Demi cercle | Triangulaire |
| RCW | Rectangle | Demi cercle | Cunette plate a congés |
| RGG | Rectangle | avec Gousset | avec Gousset |
| RGU | Rectangle | avec Gousset | 2 banquettes Cunette arc de cercle |
| ROA | Rectangle | Ouvert | Arc de Cercle |
| ROC | Rectangle | Ouvert | Demi cercle |
| ROF | Rectangle | Ouvert | Cunette centrale trapezoidale |
| ROU | Rectangle | Ouvert | 2 banquettes Cunette arc de cercle |
| RPA | Rectangle | Plat | Arc de Cercle |
| RPB | Rectangle | Plat | Cunette centrale en arc de cercle |
| RPC | Rectangle | Plat | Demi cercle |
| RPD | Rectangle | Plat | Cunette Rive gauche en arc de cercle |
| RPE | Rectangle | Plat | Cunette Rive droite en arc de cercle |
| RPF | Rectangle | Plat | Cunette centrale trapezoidale |
| RPP | Rectangle | Plat | Plat |
| RPR | Rectangle | Plat | Cunette Rive gauche Rectangulaire |
| RPS | Rectangle | Plat | Cunette Rive droite Rectangulaire |
| RPT | Rectangle | Plat | Cunette Centrale Rectangulaire |
| RPU | Rectangle | Plat | 2 banquettes Cunette arc de cercle |
| RPV | Rectangle | Plat | Triangulaire |
| RPW | Rectangle | Plat | Cunette plate a congés |
| RDG | Rectangle | D | Avec Gousset |
| RDP | Rectangle | D | Plat |
| RDV | Rectangle | D | Triangulaire |
| ROP | Rectangle | Ouvert | Plat |
| TAD | Trapeze | Arc de Cercle | Cunette Rive gauche en arc de cercle |
| TAE | Trapeze | Arc de Cercle | Cunette Rive droite en arc de cercle |
| TAT | Trapeze | Arc de Cercle | Cunette Centrale Rectangulaire |
| TCB | Trapeze | Demi cercle | Cunette centrale en arc de cercle |
| TCC | Trapeze | Demi cercle | Demi cercle |
| TCD | Trapeze | Demi cercle | Cunette Rive gauche en arc de cercle |
| TCE | Trapeze | Demi cercle | Cunette Rive droite en arc de cercle |
| TCP | Trapeze | Demi cercle | Plat |
| TCR | Trapeze | Demi cercle | Cunette Rive gauche Rectangulaire |
| TCT | Trapeze | Demi cercle | Cunette Centrale Rectangulaire |
| TOB | Trapeze | Ouvert | Cunette centrale en arc de cercle |
| TOD | Trapeze | Ouvert | Cunette Rive gauche en arc de cercle |
| TOF | Trapeze | Ouvert | Cunette centrale trapezoidale |
| TOH | Trapeze | Ouvert | Cunette Rive gauche trapezoidale |
| TOI | Trapeze | Ouvert | Cunette Rive droite trapezoidale |
| TOJ | Trapeze | Ouvert | Plat |
| TPE | Trapeze | Plat | Cunette Rive droite en arc de cercle |
| TPH | Trapeze | Plat | Cunette Rive gauche trapezoidale |
| TPI | Trapeze | Plat | Cunette Rive droite trapezoidale |
| TPP | Trapeze | Plat | Plat |



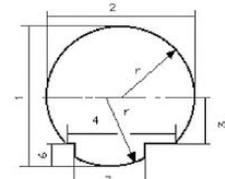
CAP



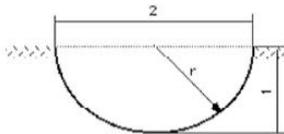
CCC



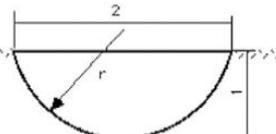
CCP



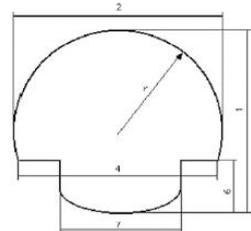
CCU



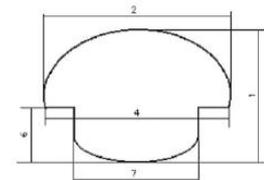
CDC



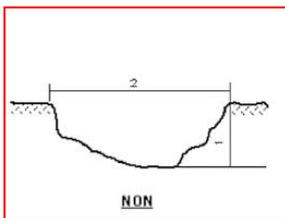
CPC



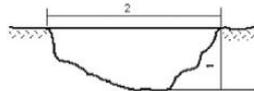
ECU



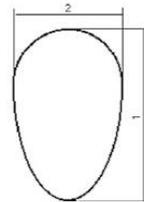
EEU



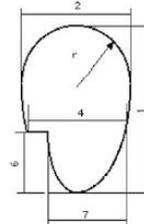
NON



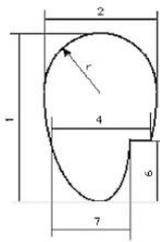
NPN



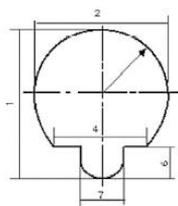
OCL



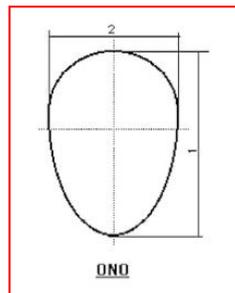
OCK



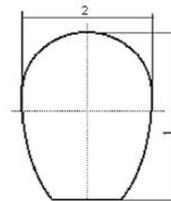
OCL



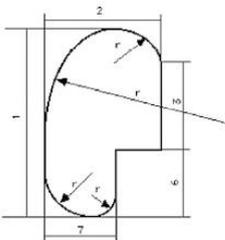
OCH



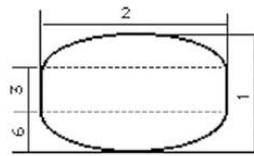
ONO



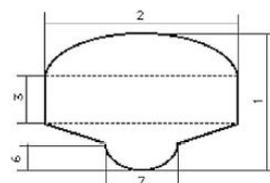
ONP



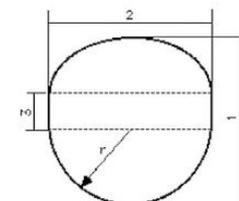
OCK



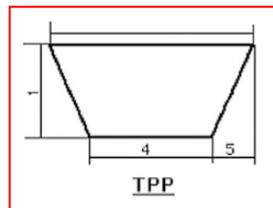
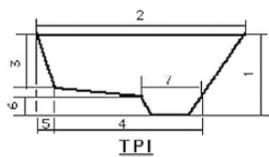
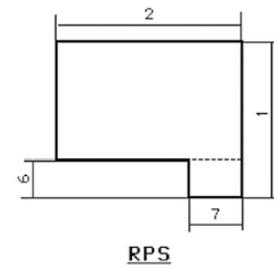
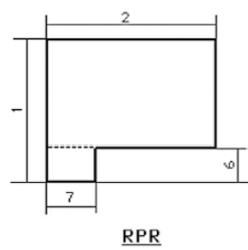
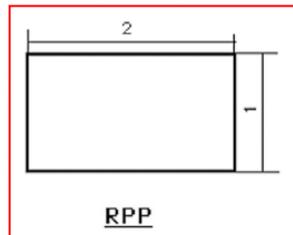
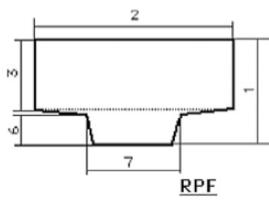
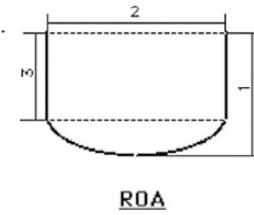
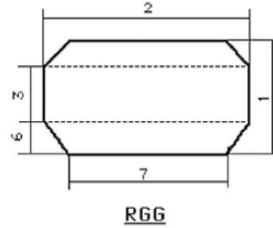
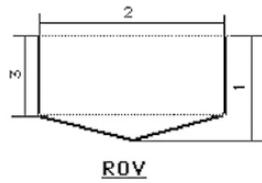
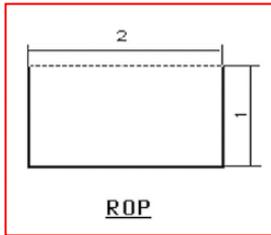
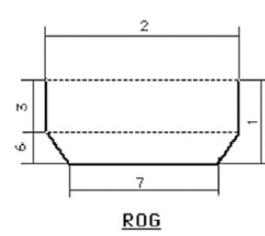
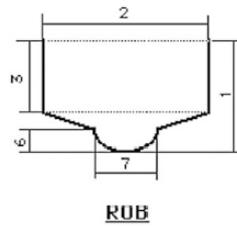
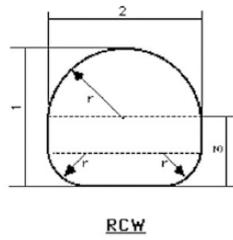
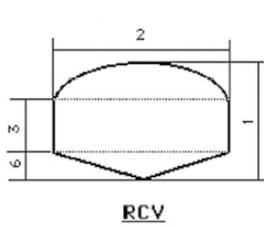
RAA



RAB



RAC



Les formes encadrées en rouge sont celles rencontrées le plus fréquemment.

ANNEXE 4 : MODELE DE FICHE TYPE UTILISE LORS DE LA PHASE 2

Type de fiche

MÉTROPOLE AIX-MARSEILLE PROVENCE | TERRITOIRE MARSEILLE PROVENCE | Schéma directeur pluvial de AMP/MP
Commune Gignac-la-Nerthe

Localisation (Lambert CC44 et adresse)

Identifiant Fiche ouvrage / Singularité

Identifiant GNC-OH08

Commune Gignac-la-Nerthe

Type Ouvrage de rétention

Détails

Niveau de risque, travaux ou entretien nécessaires

Date 08 et 10/03/2016

Localisation (CC44) 1 880 167.8 3 135 892.2

Adresse Rue Robert Schuman (Marignane)

Unité hydrologique BLM-MRG-ET

Description Deux bassins en série

Gestionnaire AMP / MP

Caractéristiques Deux bassins recevant les eaux pluviales de Gignac-la-Nerthe situés sur la commune de Marignane. Volume total de 5000m³. Entrée en charge et cotée à 30%. Exutoire vers canal du Rove = surverse. Barrières de protection en parie câtrées. Ouvrage piézo.

Risque Régulier

Entretien Régulier

Photographies-Croquis

Photos et croquis de fonctionnement

Entrée
Ø 2000
R_e = 2.2 m/TT

42m

Déversoir
Ø 1050 Ø x 0.5
R_e = 0 m/TT

Exutoire
Ø 2000
R_e = 0.6 m/TT

Exutoire
Ø 2000
R_e = 0 m/TT

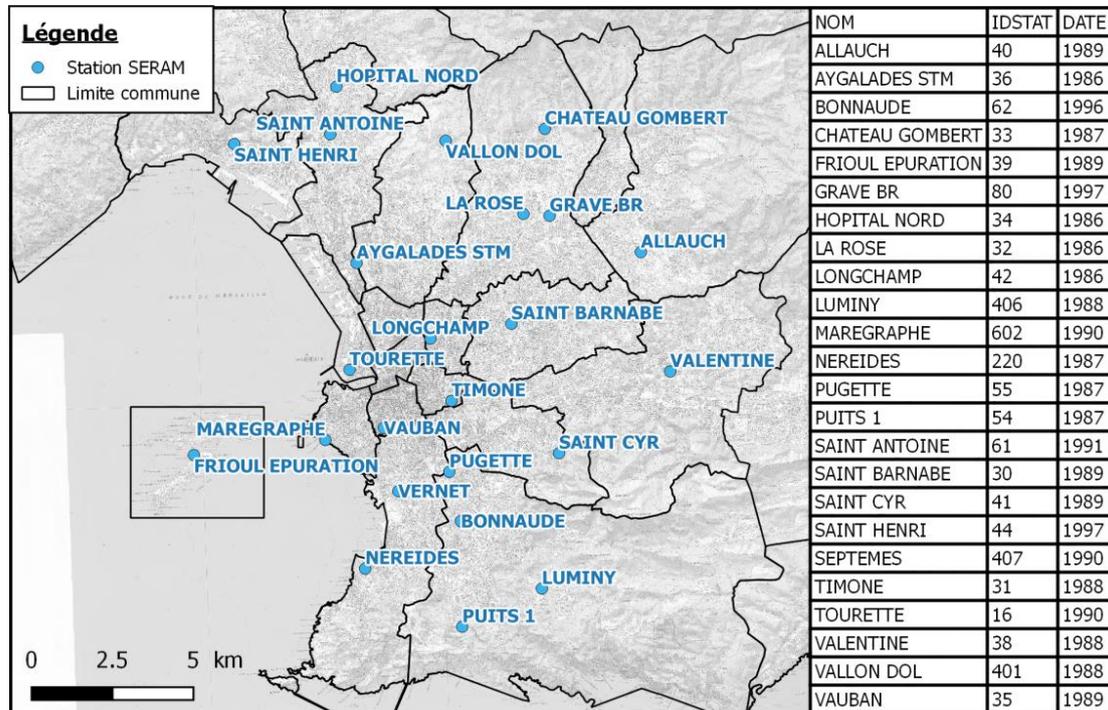
016 37657 - hydratec-ACRI-IN

Fiche OH - Juillet 2016

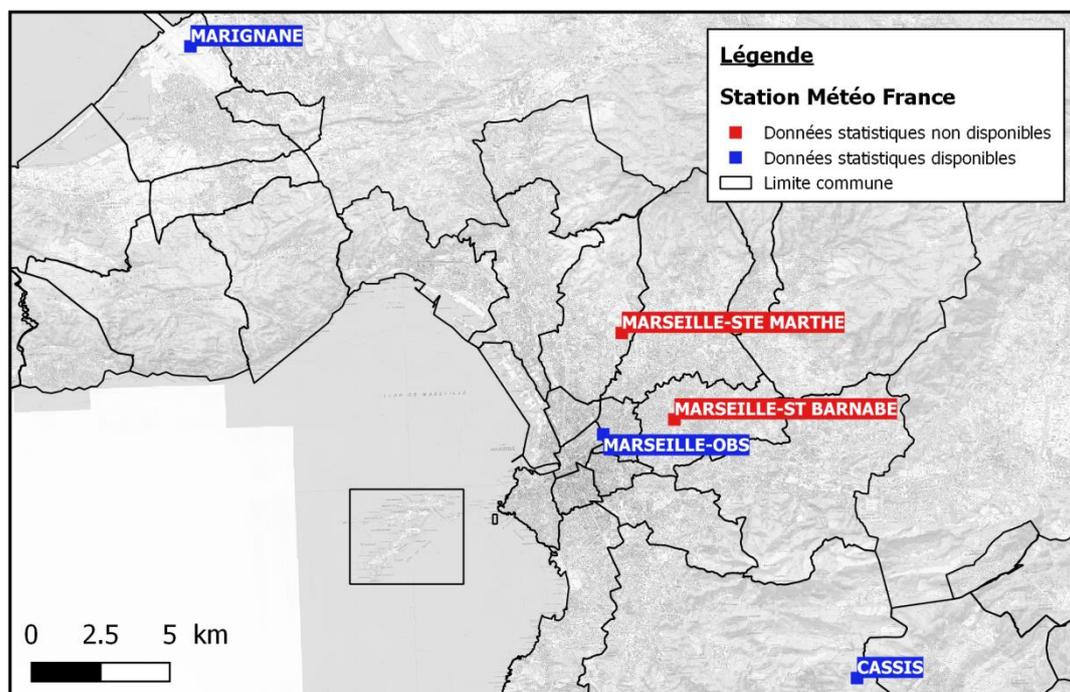
Type de fiche

ANNEXE 5 : LOCALISATION DES STATIONS PLUVIOMETRIQUES DU SERAMM ET DE METEO FRANCE UTILISEES LORS DE LA PHASE 3

Pluviomètres SERAMM :



Pluviomètres Météo France :



ANNEXE 6 : PRESENTATION DES STATIONS DU SERAMM RETENUES DANS LE CADRE DE L'ANALYSE PLUVIOMETRIQUE DE PHASE 3

| PLUVIOMETRES | | Date de mise en service | Début des données exploitables | Fin des données exploitables | Nombre d'années exploitées |
|--------------|-----------------|-------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 44 | St Henri | 1997 | 1999 | 2015 | 17 |
| 407 | Septeme | 1990 | 1993 | 2015 | 23 |
| 34 | Hopital Nord | 1986 | 1987 | 2015 | 26 |
| 61 | St Antoine | 1991 | 1992 | 2015 | 21 |
| 36 | Aygalades | 1986 | 2002 | 2015 | 14 |
| 42 | Longchamp | 1986 | 1990 | 2010 | 20 |
| 43-16 | Tourette | 1990 | 1991 | 2010 | 20 |
| 35 | Vauban | 1989 | 1990 | 2015 | 25 |
| 602 | Maregraphe | 1990 | 1991 | 2015 | 23 |
| 54 | Puits 1 | 1987 | 1991 | 2015 | 22 |
| 31 | Timone | 1988 | 1988 | 2015 | 28 |
| 30 | St Barnabé | 1989 | 1990 | 2015 | 25 |
| 40 | Allauch | 1989 | 1990 | 2015 | 24 |
| 80 | La Grave | 1997 | 1998 | 2015 | 17 |
| 33 | Château Gombert | 1987 | 1988 | 2015 | 28 |
| 401 | Val d'OI | 1989 | 1993 | 2015 | 22 |
| 38 | Valentine | 1988 | 1991 | 2015 | 25 |
| 62 | Bonnaude | 1996 | 1998 | 2015 | 17 |
| 406 | Luminy | 1988 | 1993 | 2015 | 23 |
| 37 | Vernet | 1986 | 1990 | 2015 | 26 |
| 220 | Nereides | 1987 | 1993 | 2015 | 23 |
| 39 | Frioul | 1989 | 1990 | 2015 | 21 |
| 55 | Pugette | 1987 | 1991 | 2015 | 25 |
| 41 | St Cyr | 1989 | 1990 | 2015 | 26 |

ANNEXE 7 : EXEMPLES DE FICHES TERRAIN REALISEES EN PHASE 3



Schéma directeur pluvial de AMP/MP
Commune Châteauneuf-les-Martigues

Fiche ouvrage / Singularité

CHN-OH10

| | | | | |
|---------------------------|--|----------------------------|---------------------------|-------------|
| Date | 16/06/2016 | Localisation (CC44) | 1 874 200.8 | 3 134 855.2 |
| Commune | Châteauneuf-les-Martigues | Adresse | Chemin de l'Etang / RD568 | |
| Unité hydrologique | BLM-CHN-VL | | | |
| Descriptif | Décanteur | | | |
| Type | Décanteur | | | |
| M.ouv / D.foncière | / | | | |
| Caractéristiques | Décanteur en amont de l'ouvrage de rétention OH11, ouvrage également équipé d'un dégrilleur. En cours d'entretien (le 16/06/16). | | | |
| Risque | | | | |
| Entretien | Régulier | | | |

Photographies-Croquis

Vue générale

Entrée

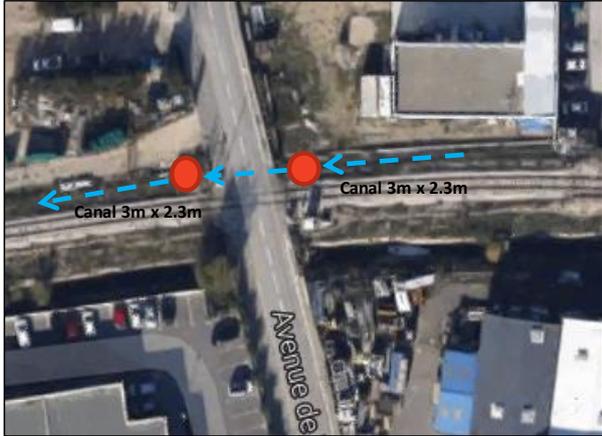
Surverse

VUE EN COUPE

VUE EN PLAN

Fiche dysfonctionnement

CHN-DY01

| | | | | |
|---------------------------|---|---|--------------------------------|-------------|
| Date | 26/05/2016 | Localisation (CC44) | 1 873 714.9 | 3 134 731.9 |
| Commune | Chateauneuf-les-Martigues | Adresse | Avenue de l'Homme à la fenêtre | |
| Unité hydrologique | BLM-CHN-VL | | | |
| Descriptif | Ouvrage de transfert dégradé |  | | |
| Type | Affouillement | | | |
| M.ouv / D.foncière | / | | | |
| Observations | Affouillement amont / aval du cadre béton du passage busé sous la voirie, ouvrage en cours d'effondrement à cause de la végétation (racines). | | | |
| Risque | Biens et personnes | | | |
| Entretien | Travaux urgents | | | |

Photographies-Croquis



Fiche exutoire

CLR-EX06

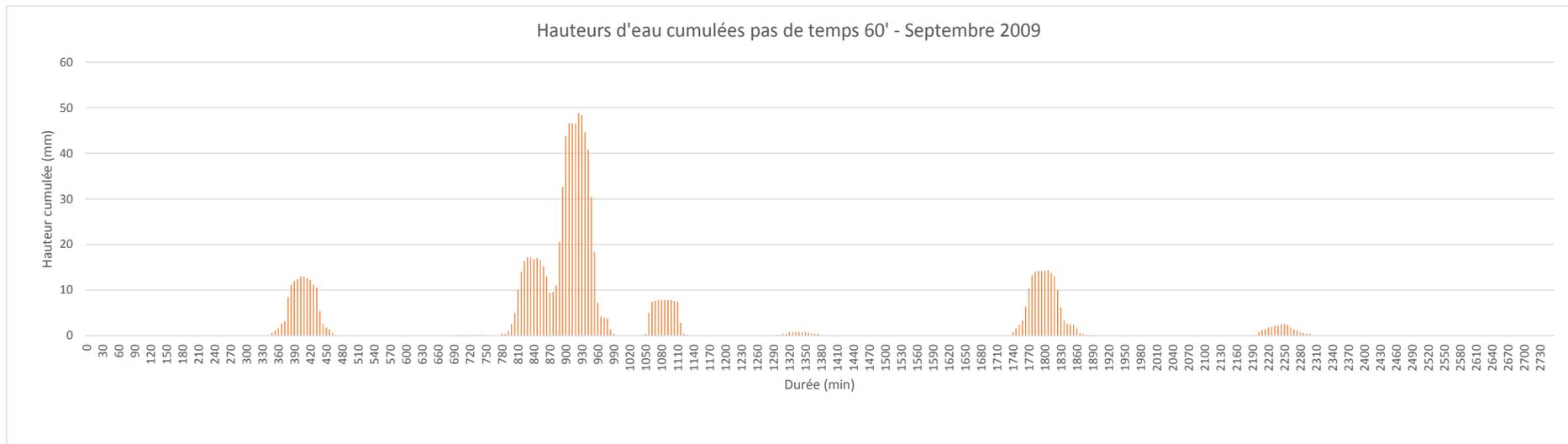
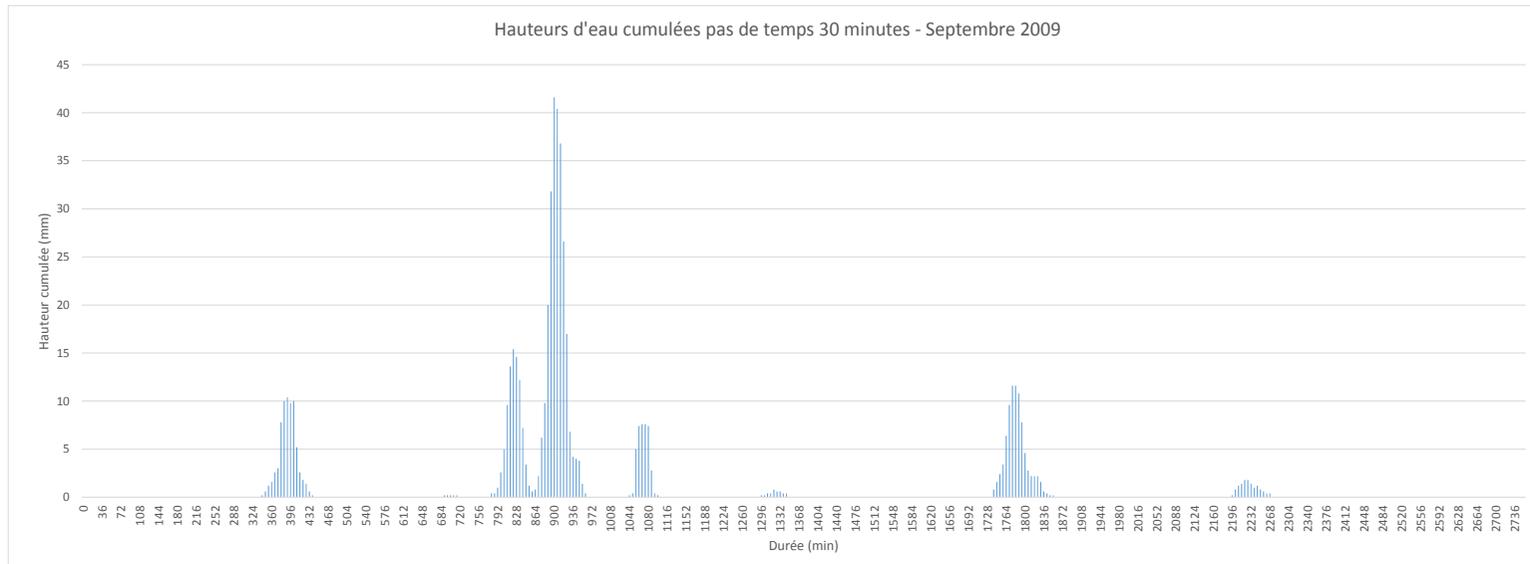
La Tasse

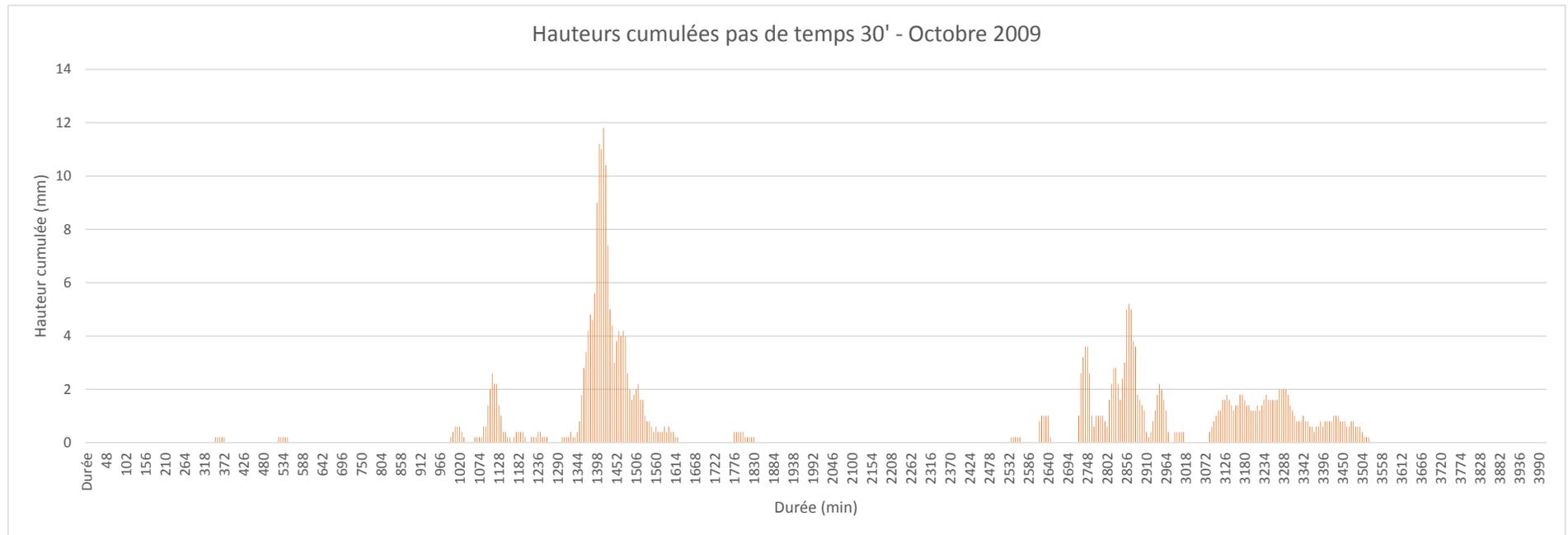
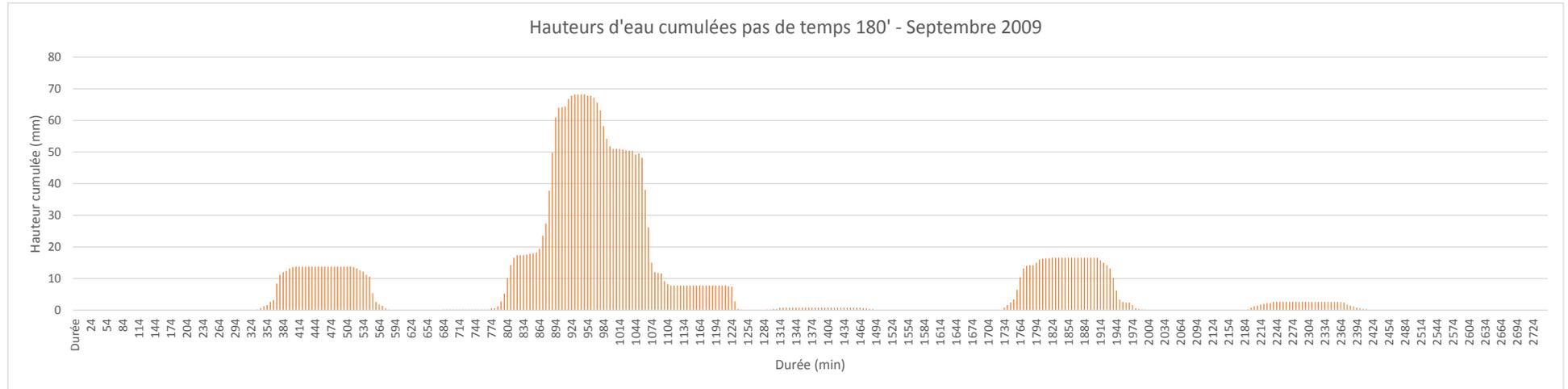
| | | | | | |
|---------------------------|----------------------------|---|----------------------|-------------|-------------|
| Date | 19/05/2016 | Localisation (CC44) | | 1 874 876.4 | 3 127 590.4 |
| Commune | Carry-le-Rouet | Adresse | Avenue Gérard Montus | | |
| Unité hydrologique | CTB-CLR-ES | | | | |
| Descriptif | Dallot béton 0.7m x 0.5m |  | | | |
| Exutoire | Mer | | | | |
| M.ouv / D.foncière | / | | | | |
| Caractéristiques | Ouvrage béton, propre, sec | | | | |
| Risque | | | | | |
| Entretien | | | | | |

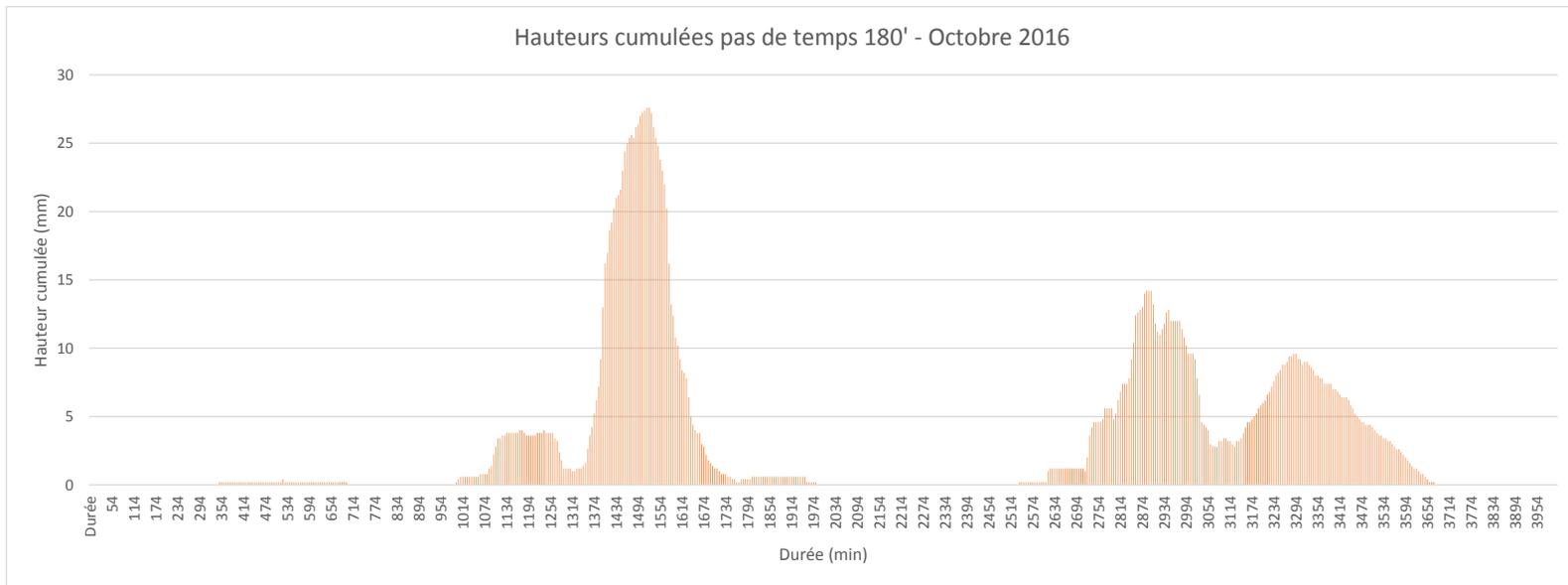
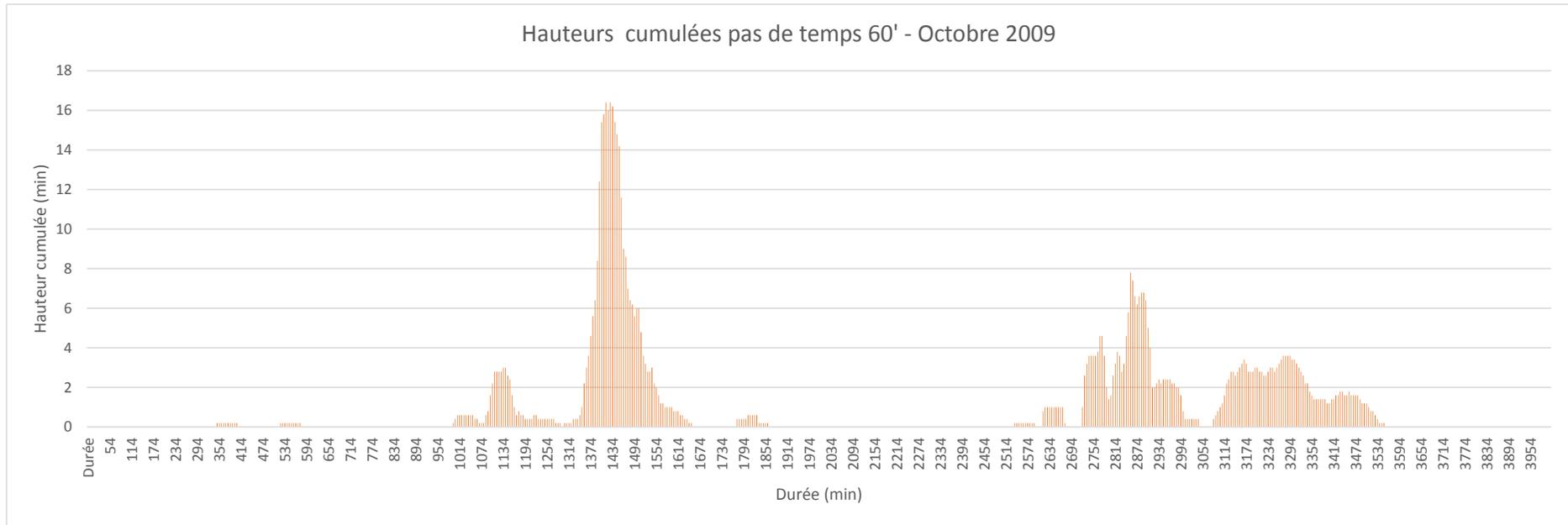
Photographies-Croquis



ANNEXE 8 : PLUIES REELLES UTILISEES POUR LE CALAGE DU MODELE







ANNEXE 9 : CONSTRUCTION DES PLUIES DE PROJET

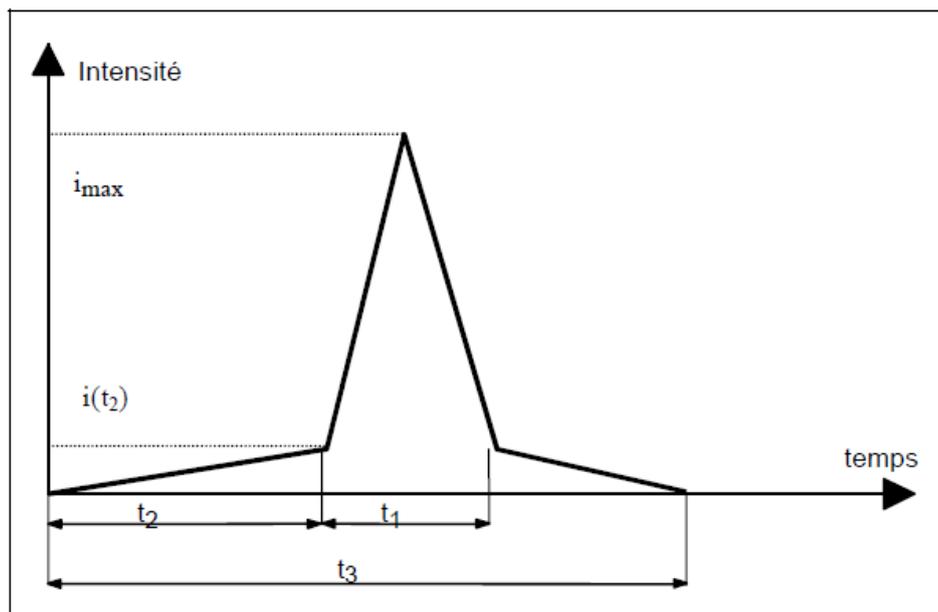
Les pluies de projet utilisées pour les travaux de modélisation du réseau de Marignane ont été construites selon le modèle double triangle symétrique proposé par Desbordes.

Les coefficients de Montana utilisés pour cette construction ont été extraits de la station Météo France de l'aéroport de Marignane et sont les suivants :

| Coefficients de Montana - Marignane aéroport | | | | |
|--|----------|-------|-----------|-------|
| T | 6' à 30' | | 30' à 12h | |
| | a | b | a | b |
| 5ans | 3.141 | 0.372 | 9.658 | 0.688 |
| 10ans | 3.205 | 0.318 | 11.777 | 0.683 |
| 20ans | 3.069 | 0.249 | 14.052 | 0.676 |
| 30ans | 2.962 | 0.206 | 15.573 | 0.673 |
| 50ans | 2.821 | 0.152 | 17.57 | 0.667 |
| 100ans | 2.536 | 0.067 | 20.67 | 0.66 |

En accord avec l'étude initiale réalisée par Desbordes [DESBORDES, 1976], les paramètres suivants ont été retenus :

| Paramètre | T 5ans | T 10ans | T 20ans | T 50ans |
|---------------------|--------|---------|---------|---------|
| Durée totale (h) | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Durée intense (h) | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Position du pic (h) | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| T durée totale | 5 | 10 | 20 | 50 |
| T durée intense | 10 | 20 | 50 | 100 |



Le calcul des intensités i_{max} et i_{t2} représentées sur la figure précédente a été réalisé selon les formules suivantes, proposées par Chocat [CHOCAT *et al.*, 1981] dans une analyse théorique portant sur le modèle du réservoir linéaire :

$$i_{t2} = (t_1)^b \times \frac{1 - (0.1)^{b+1}}{0.9 \cdot (0.1)^b} \times 120 \times a \times 2^b$$

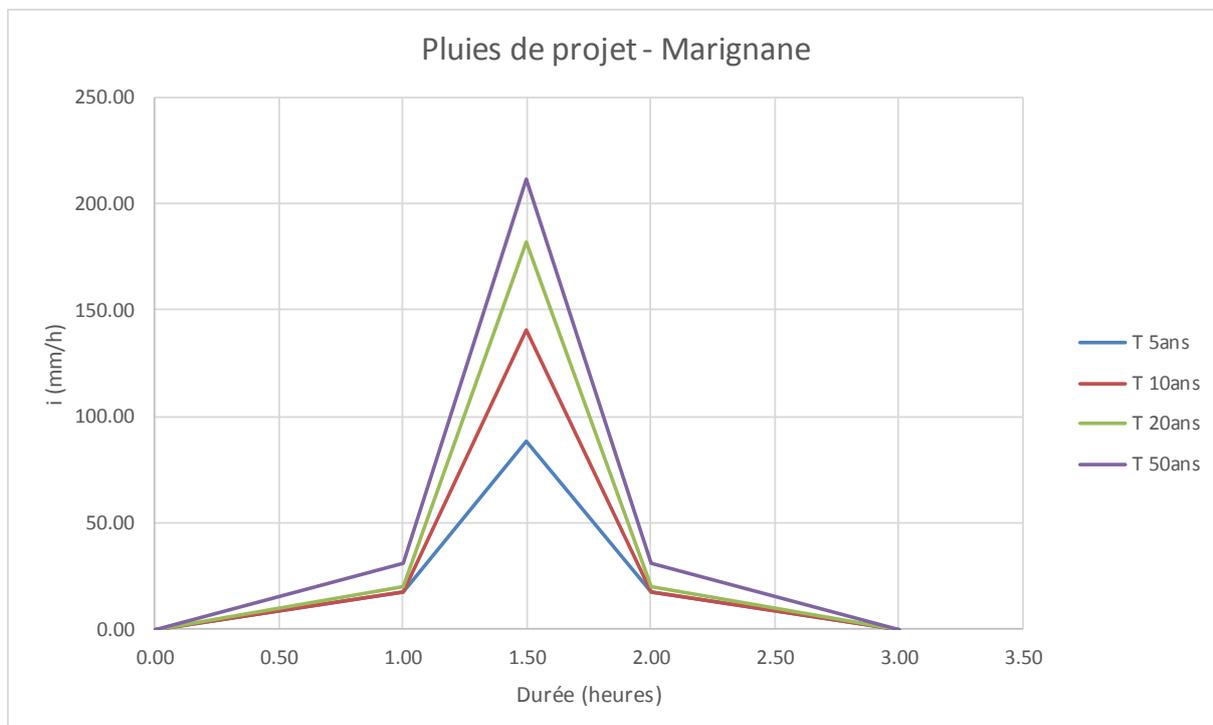
$$i_{max} = (t_1)^b \times \frac{(0.1)^b - 1}{0.9 \cdot (0.1)^b} \times 120 \times a \times 2^b$$

(NB : i_{t2} correspond à l'intensité en début et en fin de période intense)

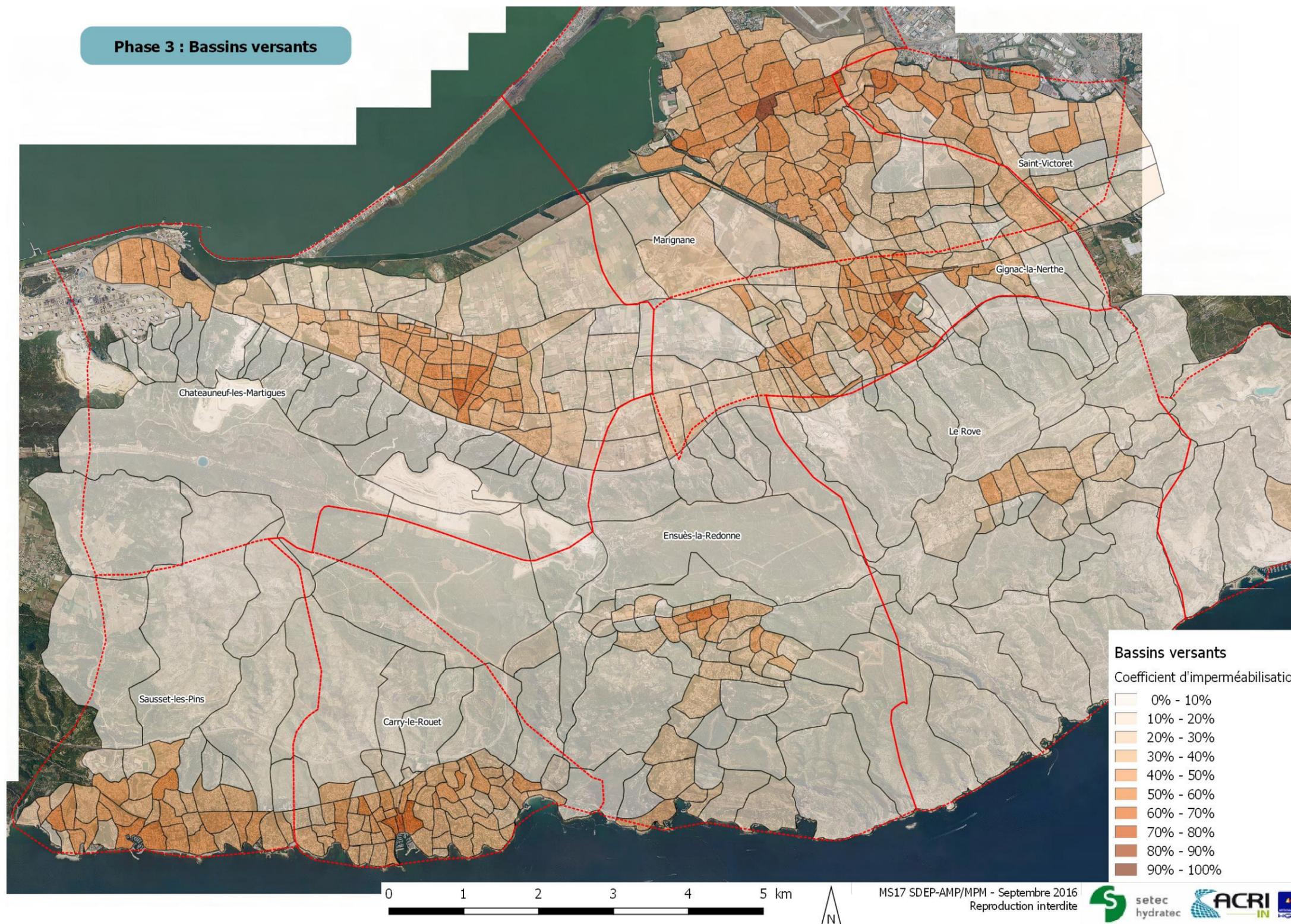
Les valeurs ainsi obtenues sont reportées dans le tableau ci-dessous :

| 5 ans | | 10 ans | | 20 ans | | 50 ans | |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| t | i | t | i | t | i | t | i |
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1.00 | 17.78 | 1.00 | 17.29 | 1.00 | 20.09 | 1.00 | 30.76 |
| 1.50 | 88.57 | 1.50 | 140.60 | 1.50 | 181.79 | 1.50 | 211.54 |
| 2.00 | 17.78 | 2.00 | 17.29 | 2.00 | 20.09 | 2.00 | 30.76 |
| 3.00 | 0.00 | 3.00 | 0.00 | 3.00 | 0.00 | 3.00 | 0.00 |

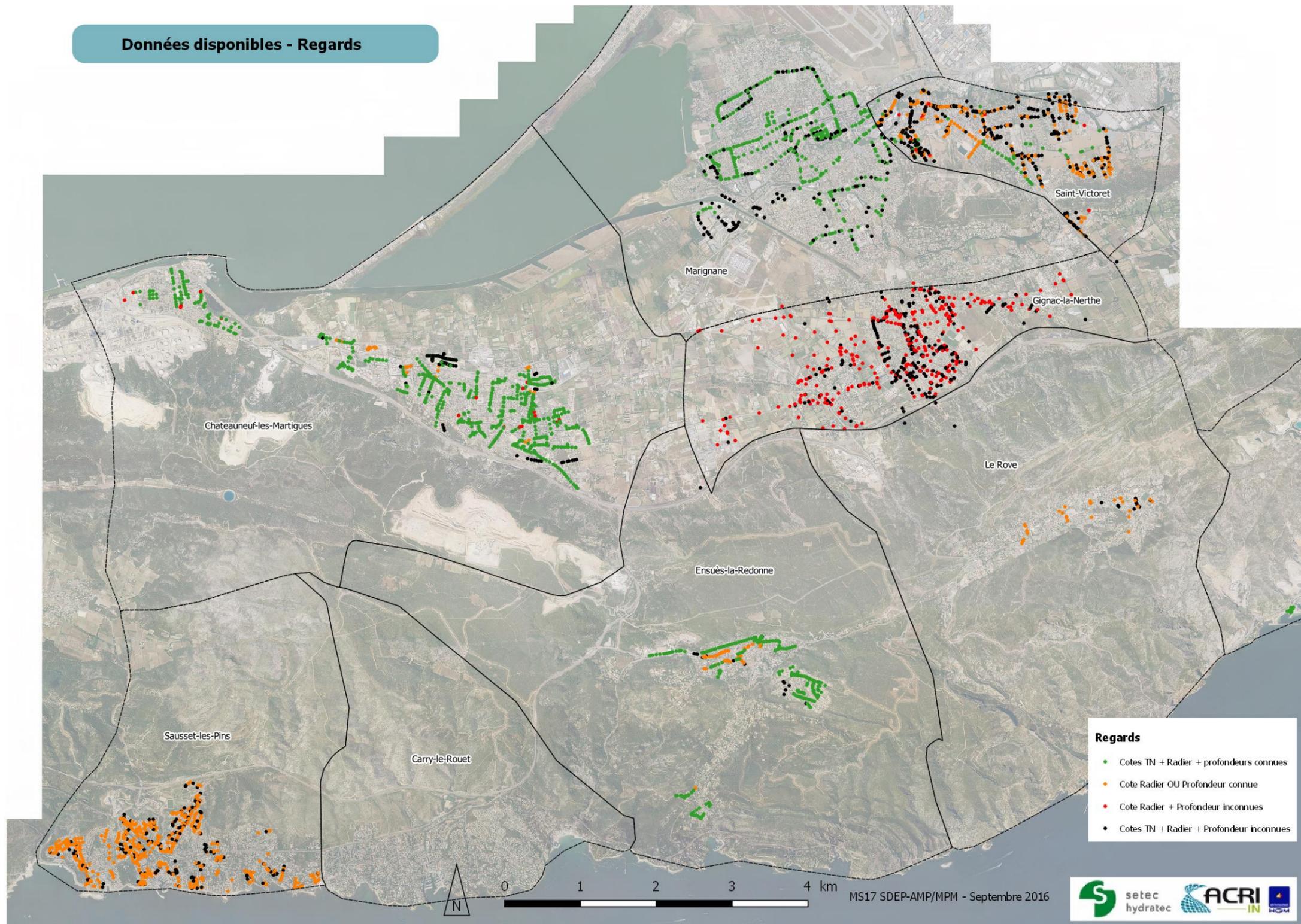
Les pluies double triangle symétriques ont été ensuite tracées à partir de ces valeurs.



ANNEXE 10 : CARTE DES BASSINS VERSANTS ET COEFFICIENTS D'IMPERMEABILISATION ASSOCIES

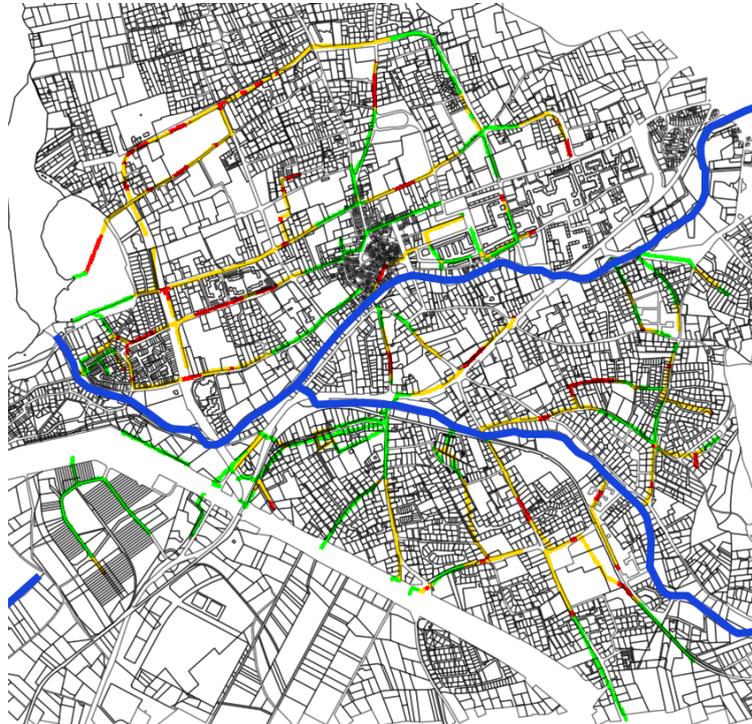


ANNEXE 11 : CARTE DE DISPONIBILITE DES DONNEES RELATIVES AU COTES DES REGARDS – SECTEUR OUEST

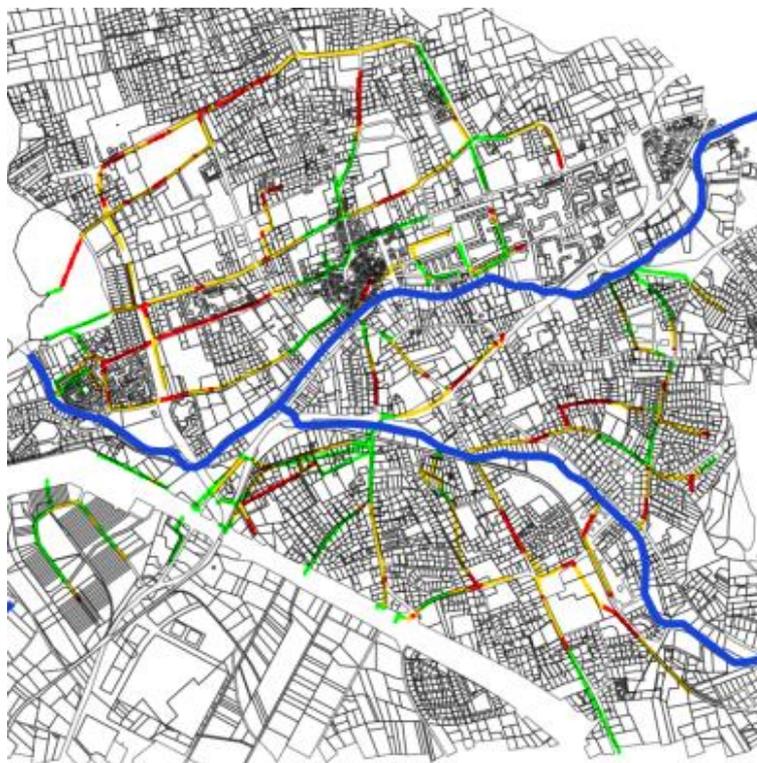


ANNEXE 12 : RESULTATS DE MODELISATION POUR LES DIFFERENTES PLUIES DE PROJET – ETAT ACTUEL

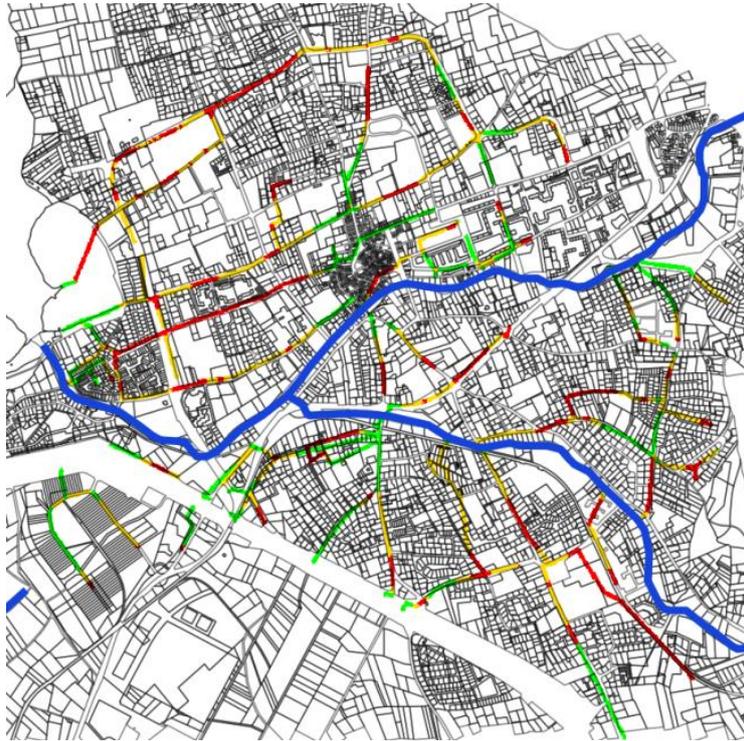
Pluie de projet T = 5ans



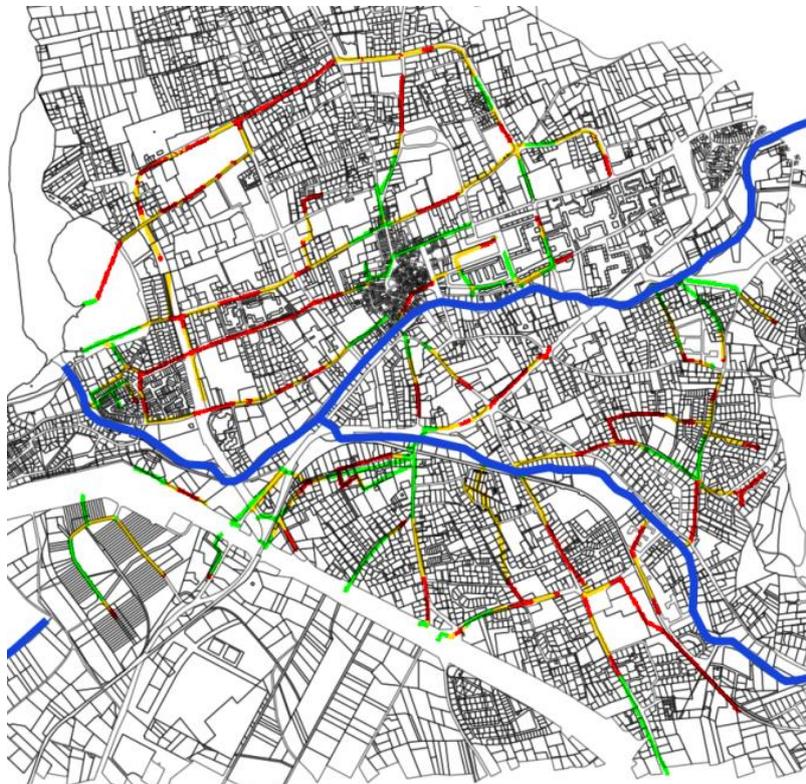
Pluie de projet T = 10ans



Pluie de projet T = 20ans



Pluie de projet T = 50ans



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Diplôme(s) : Mastère Spécialisé

Spécialité : Eau potable et assainissement

Auteur : Silvio COLOMBET

Année

2016

Titre : Réalisation du schéma directeur d'assainissement pluvial de la métropole Aix-Marseille Provence (Territoire Marseille Provence)

Nombre de pages : 103

Texte : 62

Annexes : 25

Nombre de références bibliographiques : 22

**Structure d'accueil : setec hydratec agence de VITROLLES
5 Chemin des Gorges de Cabriès
13127 VITROLLES**

Maître de stage : Anne Blondel

Résumé : La métropole Aix Marseille Provence a vu le jour en Janvier 2016 suite à la fusion de 6 anciennes intercommunalités regroupant au total 1.8 million d'habitants sur 92 communes. En raison de l'étendue de son territoire, la métropole est divisée en 6 conseils de territoire constituant des organes de gestion décentralisés exerçant différentes compétences transférées par les communes dès Janvier 2016 parmi lesquelles figure la gestion des eaux pluviales. le groupement setec hydratec / ACRI-IN a été mandaté dès Décembre 2015 par le conseil de territoire pour la réalisation d'un schéma directeur d'assainissement pluvial sur les 18 communes concernées.). A la suite d'une présentation des différentes méthodologies employées seront présentés les résultats correspondants. Les enquêtes de terrain ont permis de mettre en évidence un certain nombre d'anomalies structurelles et de fonctionnement des réseaux, dont certaines présentant un risque potentiel pour les biens et personnes ont fait l'objet d'un signalement spécifique. Les travaux de modélisation ultérieurs ont quant à eux permis d'une part de confirmer l'existence des dysfonctionnements relevés sur le terrain ainsi que de les caractériser quantitativement et de proposer certains aménagements correctifs envisageables en première approche. L'étude spécifique de la commune de Maignane constituera le fil conducteur de ce rapport.

Mots-clés : Intercommunalité, compétence, gestion, assainissement, eaux pluviales, schéma directeur, hydrologie, hydraulique, modélisation.