

## Etude de programmation urbaine du Cœur de Station

### ETUDES HYDRAULIQUES ET REGLEMENTAIRES

#### PHASE 1

#### - DIAGNOSTIC DE L'ETAT INITIAL -

**Client :** Commune de Balaruc-Les-Bains

**Localisation :** Cœur de Station







Astuce :

Ce rapport a été mis en page pour une impression recto verso

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>1 CONTEXTE ADMINISTRATIF</b> .....	<b>2</b>
<b>2 CONTEXTE GENERAL</b> .....	<b>3</b>
2.1 Objet de l'étude .....	3
2.2 Zone d'étude.....	3
2.3 Visite de terrain .....	4
<b>3 CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE</b> .....	<b>11</b>
<b>4 DESCRIPTION DES RISQUES INONDATION AU DROIT DU PROJET</b> .....	<b>13</b>
4.1 Risque de remontée de nappe.....	13
4.2 Atlas des zones inondables.....	15
4.3 Exzeco .....	17
4.4 PPRI.....	17
<b>PARTIE 1 IMPOSITIONS REGLEMENTAIRES</b> .....	<b>19</b>
<b>1 LOI SUR L'EAU</b> .....	<b>20</b>
<b>2 SDAGE RM</b> .....	<b>22</b>
2.1 Généralités.....	22
2.2 Disposition 2-01 .....	23
2.3 Dispositions 5A-03 et 5A-04.....	23
2.4 Disposition 8-03 .....	24
<b>3 PLU ET ZONAGE PLUVIAL</b> .....	<b>25</b>
3.1 PLU .....	25

3.2	SDGEP.....	26
3.2.1	Généralités.....	26
3.2.2	Gestion quantitative des eaux pluviales.....	27
3.2.3	Gestion qualitative des eaux pluviales.....	29
<b>4</b>	<b>IMPOSITIONS DU PPRI DE LA COMMUNE DE BALARUC-LES-BAINS.....</b>	<b>32</b>
4.1	Généralités.....	32
4.2	Dispositions générales.....	34
4.3	Interdictions en zones RU et RU1.....	36
4.4	Clauses réglementaires applicables en zone BU.....	37
<b>5</b>	<b>SCOT.....</b>	<b>39</b>
	<b>PARTIE 2 ETUDES ANTERIEURES.....</b>	<b>41</b>
<b>1</b>	<b>HISTORIQUE DES ÉTUDES HYDRAULIQUES.....</b>	<b>42</b>
1.1	Synthèse des études et des solutions proposées.....	42
1.1.1	L'étude SIEE.....	42
1.1.2	Etude de Flygt SAS.....	43
1.1.3	Etude Ingérop.....	43
1.1.4	Etude hydraulique du SDGEP.....	45
1.1.5	Etude hydraulique du SLGRI.....	47
1.1.6	Synthèse de l'étude de désimperméabilisation.....	48
<b>2</b>	<b>SYNTHÈSE.....</b>	<b>49</b>
	<b>PARTIE 3 ETUDE HYDROLOGIQUE.....</b>	<b>51</b>
<b>1</b>	<b>CONTEXTE ET MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>52</b>
1.1	Généralités.....	52
1.2	Réseau hydrographique.....	53
1.2.1	Ruissellement de surface.....	53
1.2.2	Réseau pluvial.....	54
1.3	Relief.....	55
1.4	Délimitation du bassin et des sous bassins considérés.....	56
1.5	Occupation du sol.....	59
<b>2</b>	<b>ESTIMATION DES DEBITS.....</b>	<b>60</b>
2.1	Méthode rationnelle.....	60
2.2	Répartition des surfaces et coefficients de ruissellement.....	60
2.3	Pluviométrie statistique.....	63
2.4	Débits de pointe.....	65

<b>3 DÉTERMINATION DES PLUIES DE PROJET .....</b>	<b>68</b>
<b>4 CONSTRUCTION DES HYDROGRAMMES .....</b>	<b>72</b>
4.1 Méthodologie du réservoir linéaire .....	73
4.2 Hydrogrammes .....	74
<b>PARTIE 4 ETUDE HYDRAULIQUE .....</b>	<b>77</b>
<b>1 ETUDE DU RESEAU PLUVIAL .....</b>	<b>78</b>
1.1 Construction du modèle .....	78
1.1.1 Logiciel utilisé.....	78
1.1.2 Hydrologie.....	78
1.1.3 Secteur modélisé .....	78
1.1.4 Gestion des débordements.....	81
1.1.5 Condition limite aval .....	81
1.2 Diagnostic du réseau d'eaux pluviales.....	82
1.2.1 Capacité du réseau pluvial .....	82
1.2.2 Débordements du réseau pluvial.....	85
1.2.3 Influence du niveau de l'étang.....	88
1.3 Hydrogrammes issus de la modélisation SWMM .....	90
<b>2 MODELISATION DU RISQUE INONDATION .....</b>	<b>93</b>
2.1 Généralités.....	93
2.2 Modèle utilisé .....	94
2.3 Emprise du modèle .....	95
2.4 Données topographiques .....	96
2.5 Coefficient de rugosité.....	96
2.6 Maillage du modèle .....	97
2.7 Conditions aux limites.....	99
2.8 Calage du modèle .....	100
2.9 Analyse de sensibilité.....	103
2.10 Résultats du modèle .....	107
2.10.1 Sens des écoulements au droit du Cœur de Station.....	107
2.10.2 Modélisation des crues centennale et décennale en situation existante ....	109
2.10.3 Modélisation des crues d'occurrences 5 et 2 ans en situation existante .....	113
<b>PARTIE 5 CONCLUSION .....</b>	<b>117</b>

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Localisation du quartier du Cœur de Station.....	4
Illustration 2 : Contexte hydrologique global autour de la zone .....	11
Illustration 3 : Bilan de la masse d'eau FRDT10 au titre de la DCE, campagne 2015.....	12
Illustration 4 : Carte du risque de remontée de nappe au droit du projet .....	13
Illustration 5 : Parcelles recensées pour le phénomène d'inversac.....	15
Illustration 6 : Atlas des Zones Inondables à proximité de la zone d'étude .....	16
Illustration 7 : Localisation du projet en zone inondable selon la cartographie Exzeco.....	17
Illustration 8 : Carte d'aléa au droit du quartier du Cœur de Station.....	18
Illustration 9 : Carte du zonage pluvial au droit du Cœur de Station .....	27
Illustration 10 : Localisation des exutoires suivis.....	30
Illustration 11 : Carte du zonage règlementaire au droit du quartier du Cœur de Station...	33
Illustration 12 : Plan des aménagements proposés par Ingérop .....	44
Illustration 13 : Plan des aménagements proposés par Citéo .....	46
Illustration 14 : Plan de l'école primaire du Petit Prince en situation existante et projetée	48
Illustration 15 : Plan de l'école primaire George Sand en situation existante et projetée....	48
Illustration 16 : Principales étapes d'une étude hydrologique .....	52
Illustration 17 : Bassin versant du Cœur de Station P18.....	53
Illustration 18 : Lever du réseau de collecte des eaux pluviales.....	54
Illustration 19 : Diagnostic de la capacité du collecteur principal .....	55
Illustration 20 : Sens des écoulements au droit du Cœur de Station .....	56
Illustration 21 : Sous-bassins versants du P18 .....	57
Illustration 22 : Sous-bassins versants du Cœur de Station.....	58
Illustration 23 : Carte d'occupation des sols du bassin versant amont du Cœur de Station.	59
Illustration 24 : Emplacement des points de mesures au niveau du Cœur de Station.....	66
Illustration 25 : Résultats des points de mesures pour un événement pluvieux.....	67
Illustration 26 : Représentation schématique d'une pluie double triangle .....	69
Illustration 27 : Hyétoigrammes de pluie d'occurrence 2 ans obtenus avec la méthode du double triangle .....	70

Illustration 28 : Hyétogrammes de pluie d'occurrence 5 ans obtenus avec la méthode du double triangle .....	70
Illustration 29 : Hyétogrammes de pluie d'occurrence 10 ans obtenus avec la méthode du double triangle .....	71
Illustration 30 : Hyétogrammes de pluie d'occurrence 100 ans obtenu avec la méthode du simple triangle .....	71
Illustration 31 : Schématisation de la fonction de transfert .....	72
Illustration 32 : Schématisation de la méthode du réservoir linéaire .....	73
Illustration 33 : Hydrogrammes de la crue biennale.....	75
Illustration 34 : Hydrogrammes de la crue quinquennale .....	75
Illustration 35 : Hydrogrammes de la crue décennale.....	76
Illustration 36 : Hydrogrammes de la crue centennale .....	76
Illustration 37 : Réseau pluvial modélisé .....	79
Illustration 38 : Profil en long du réseau pluvial (nœuds 962 à 1501) .....	80
Illustration 39 : Profil en long du réseau pluvial (nœuds 2115 à 3050) .....	80
Illustration 40 : Capacité des principales branches du réseau pluvial .....	84
Illustration 41 : Débordements du réseau pluvial : occurrence biennale à gauche, occurrence quinquennale à droite.....	86
Illustration 42 : Débordements du réseau pluvial : occurrence décennale à gauche, occurrence centennale à droite .....	87
Illustration 43 : Profil en long des hauteurs d'eau maximales modélisées pour l'évènement biennal (nœuds 962 à 1501) .....	88
Illustration 44 : Profil en long des hauteurs d'eau maximales modélisées pour l'évènement biennal (nœuds 962 à 3050) .....	88
Illustration 45 : Niveaux d'eau observés dans le réseau pluvial avant le début de la pluie pour un niveau d'étang d'occurrence quinquennale, à 0,83 mNGF.....	89
Illustration 46 : Niveaux d'eau observés dans le réseau pluvial avant le début de la pluie pour un niveau d'étang d'occurrence centennale, à 1,17 mNGF .....	90
Illustration 47 : Positionnement des points de débordement dans HEC-RAS .....	91
Illustration 48 : Principales étapes liées à la construction d'un modèle hydraulique .....	94
Illustration 49 : Emprise du modèle.....	95
Illustration 50 : Données topographiques exploitées pour la modélisation hydraulique ...	96
Illustration 51 : Maillage et lignes de structure au niveau de l'emprise du modèle .....	98
Illustration 52 : Contraintes amont et aval du modèle.....	99

Illustration 53 : Différence de hauteur d'eau entre le modèle de l'étude SLGRI et la simulation pour la crue d'occurrence centennale .....	101
Illustration 54 : Différence entre le modèle de l'étude SLGRI (à droite) et la simulation (à gauche) pour la crue d'occurrence centennale au droit du parking de la place du Mail ....	102
Illustration 55 : Différence entre le modèle de l'étude SLGRI (à droite) et la simulation (à gauche) pour la crue d'occurrence centennale .....	103
Illustration 56 : Localisation des cinq points de l'analyse de sensibilité.....	104
Illustration 57 : Taux de variation de la hauteur d'eau modélisée en fonction de la variation des débits du modèle (pourcentage).....	105
Illustration 58 : Variation de la hauteur d'eau maximale modélisée en fonction de la variation des débits du modèle (centimètres).....	105
Illustration 59 : Taux de variation de la hauteur d'eau modélisée en fonction de la variation des coefficients de rugosité du modèle (pourcentage).....	106
Illustration 60 : Variation de la hauteur d'eau maximale modélisée en fonction de la variation des coefficients de rugosité du modèle (centimètres).....	106
Illustration 61 : Principaux sens d'écoulements des eaux au droit du Cœur de Station .....	108
Illustration 62 : Hauteurs d'eau maximales et sens des écoulements pour l'évènement centennal en situation existante au droit du projet .....	109
Illustration 63 : Vitesses des écoulements pour l'évènement centennal au droit du projet en situation existante .....	110
Illustration 64 : Hauteur d'eau à proximité du bâti en situation existante pour la crue centennale .....	111
Illustration 65 : Hauteurs d'eau maximales et sens des écoulements pour l'évènement décennal en situation existante au droit du projet .....	112
Illustration 66 : Vitesses des écoulements pour l'évènement décennal au droit du projet en situation existante .....	112
Illustration 67 : Hauteurs d'eau maximales et sens des écoulements pour l'évènement quinquennal en situation existante au droit du projet.....	113
Illustration 68 : Vitesses des écoulements pour l'évènement quinquennal au droit du projet en situation existante.....	114
Illustration 69 : Hauteurs d'eau maximales et sens des écoulements pour l'évènement biennal en situation existante au droit du projet .....	115
Illustration 70 : Vitesses des écoulements pour l'évènement biennal au droit du projet en situation existante .....	115

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Photos des visites de terrain de janvier et février 2022.....	10
Tableau 2 : Synthèse des études antérieures .....	49
Tableau 3 : Caractéristiques des sous bassins versants constitutifs du bassin hydrographique amont du Cœur de Station.....	58
Tableau 4 : Caractéristiques d'occupation des sols des sous-bassins versants considérés dans le cadre de l'étude .....	59
Tableau 5 : Répartition des surfaces des sous bassins versant du Cœur de Station en situation existante .....	61
Tableau 6 : Calcul des coefficients de ruissellement des sous bassins versants du Cœur de Station en situation existante .....	62
Tableau 7 : Caractéristiques des bassins versants drainés par le projet .....	63
Tableau 8 : Temps de concentration calculés selon différentes formules .....	64
Tableau 9 : Intensités pluviométriques calculées pour des pluies biennale à centennale de durées 6 minutes à partir des coefficients de Montana à la station de Montpellier .....	64
Tableau 10 : Débits de pointe calculés pour des temps de retour de 2, 5, 10, 20, 30, 50 et 100 ans .....	65
Tableau 11 : Comparaison des débits modélisés par Citéo Ingénierie avec les débits calculés par la méthode rationnelle dans le cadre de l'étude.....	65
Tableau 12 : Comparaison des apports moyens des sous-bassins .....	67
Tableau 13 : Débit de pointe et volume ruisselé déterminés avec la méthode du réservoir linéaire pour des événements pluvieux d'occurrence 2, 5, 10 et 100 ans .....	74
Tableau 14 : Points d'injection du modèle urbain .....	79
Tableau 15 : Niveau aval considéré pour les différentes périodes de retour.....	81
Tableau 16 : Capacités maximales des principales branches du réseau et occurrences d'insuffisances .....	83
Tableau 17 : Débordements du réseau pluvial par occurrence de pluie .....	85
Tableau 18 : Volumes entrant dans le réseau par l'exutoire pour les différentes périodes de retour considérées .....	89
Tableau 19 : Volumes entrant dans le réseau par l'exutoire pour les différentes périodes de retour considérées .....	92
Tableau 20 : Coefficients de Manning associés à chaque occupation de sol .....	97



# INTRODUCTION

## 1

## CONTEXTE ADMINISTRATIF

Commanditaire de l'étude	Rédacteur de l'étude
<p>Commune de Balaruc-Les-Bains</p>  <p>Hôtel de Ville Avenue de Montpellier 34540 Balaruc-Les-Bains</p> <p>Contact :</p> <p>Julie Bastide E-mail : <a href="mailto:julie.bastide@mairie-balaruc-les-bains.fr">julie.bastide@mairie-balaruc-les-bains.fr</a> Tel : +33 (0) 6 46 33 95 08</p>	<p>AquaGeoSphere</p>  <p>13, avenue des Maquisards 13126 Vauvenargues</p> <p>Contact :</p> <p>Savannah Rogivue E-mail : <a href="mailto:s.rogivue@aquageosphere.com">s.rogivue@aquageosphere.com</a> Fixe : +33 (0)4 30 65 04 54</p>

Version	Date	Rédaction	Vérification
V1	24/06/2022	S. Rogivue	D. Zanette

## 2

# CONTEXTE GENERAL

## 2.1 Objet de l'étude

La conception de l'ensemble du projet urbanistique du quartier du Cœur de Station nécessite de prendre en compte la problématique de l'eau et du risque inondation. Le secteur d'étude est en effet repris en secteur à risque d'inondation au PPRi de Balaruc-les-Bains et dans les études de la Stratégie Locale de Gestion du Risque Inondation de Thau (SLGRI).

Dans un premier temps, **le cadre réglementaire** est analysé en ce qui concerne les exigences liées à la gestion des eaux au niveau du SDAGE RM, du SDGEP, du SLGRI, du PPRI, du PLU ainsi que des obligations éventuelles afférentes à la Loi sur l'Eau.

Dans un deuxième temps, bon nombre d'études hydrauliques ont été réalisées sur le secteur au cours des vingt dernières années, **l'analyse des études antérieures** sera détaillée du point de vue des contraintes hydrauliques et des solutions proposées par la passé.

Parallèlement à cette approche bibliographique, **une étude hydrologique est réalisée**. Cette étude a pour objectif de déterminer sur le secteur d'étude les débits associés à différentes occurrence de pluies.

Finalement, le risque inondation par ruissellement de surface au droit du projet en situation existante a été modélisé. Les contraintes hydrauliques et les enjeux du Cœur de Station sont mises en avant dans le dernier chapitre du rapport.

Au regard des résultats obtenus dans la phase de diagnostic, **des propositions d'aménagements hydrauliques destinées à compenser les impacts du projet** sur son environnement mais également à réduire le cas échéant la vulnérabilité des biens et des personnes au risque inondation sont proposées dans la phase 2 suite à cette analyse.

## 2.2 Zone d'étude

Le quartier du Cœur de station, d'une superficie d'environ 17 ha, est localisé au sud-est de la pointe de la commune de Balaruc-Les-Bains (34), au bord de l'étang de Thau.

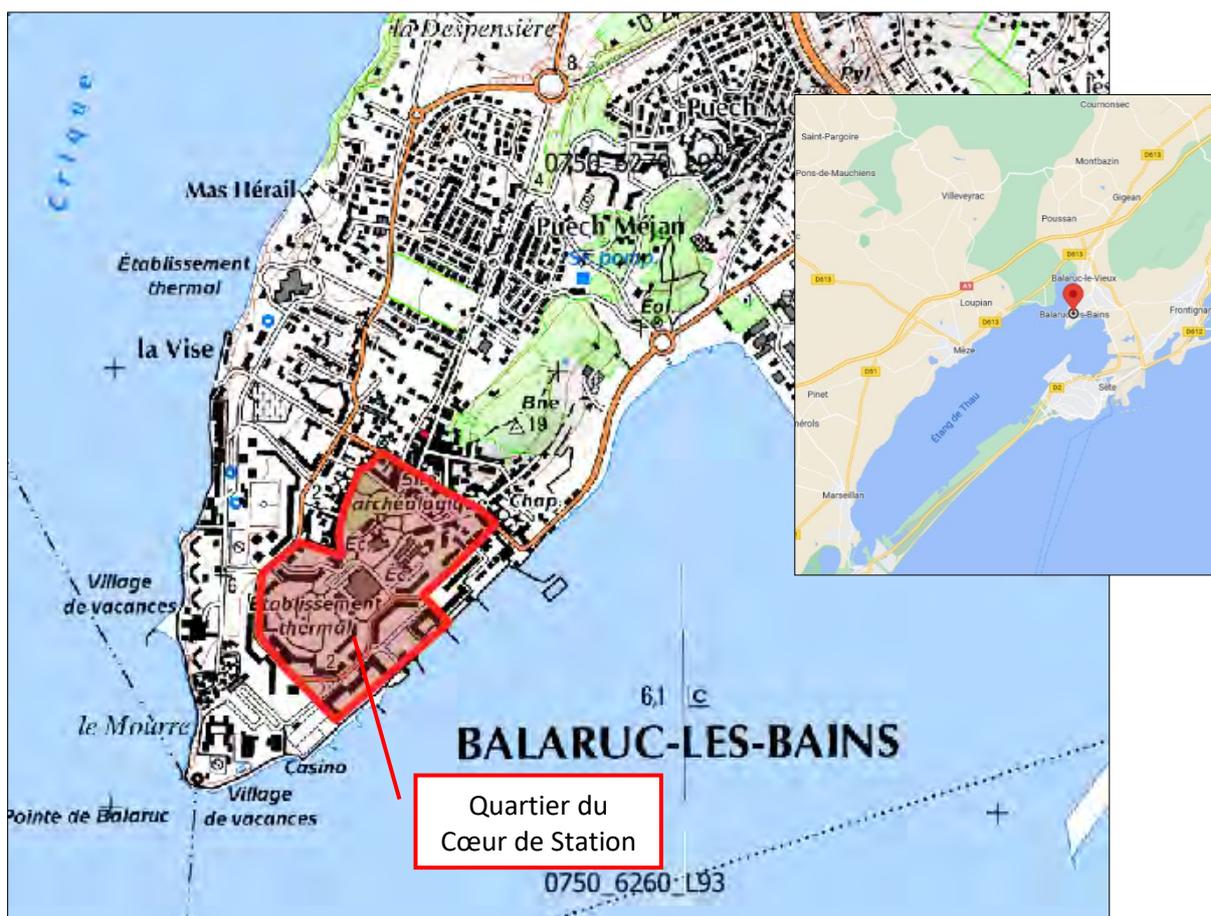


Illustration 1 : Localisation du quartier du Cœur de Station

## 2.3 Visite de terrain

Des visites du terrain ont été réalisées en janvier et février 2022. Ces visites ont permis d'apporter une meilleure compréhension de la zone d'étude. Elles avaient pour objectifs :

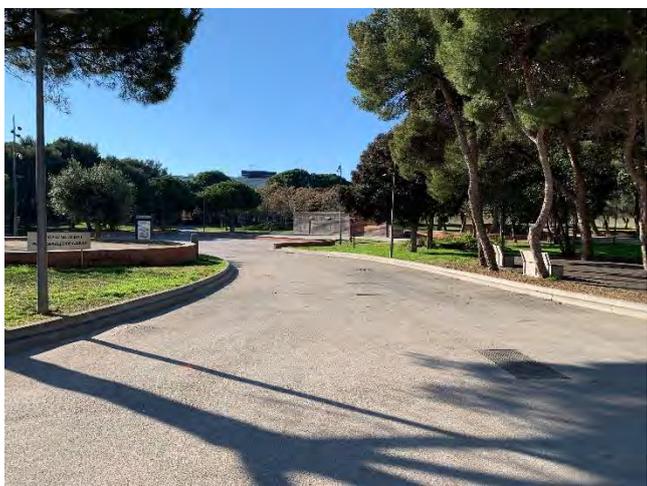
- de comprendre l'organisation du quartier (localisation des principaux éléments constitutifs du quartier : parcs, voiries, bâtiments, ...) et les sens globaux des écoulements au droit du quartier ;
- mais également de vérifier les données d'interprétation des photos aériennes, de repérer l'occupation du sol, d'affiner la connaissance du système hydrologique et d'identifier les zones ou enjeux ponctuels.

 A photograph showing a yellow building with a red-tiled roof, identified as the tourism office, viewed from Rue Montgolfier. The foreground is a grassy area with a concrete curb.	<p>Office du tourisme, vue depuis Rue Montgolfier</p>
 A photograph of a parking lot area with a metal fence in the foreground. In the background, a multi-story residential building (Altair) is visible under a blue sky.	<p>Parkings au nord de la résidence Altair (la partie proche du bâtiment est plus basse que la partie de l'autre côté de la grille)</p>
 A photograph showing the entrance of a residential building (Lou Biau) with a concrete ramp and stairs leading to the entrance. A parking lot is visible in the background.	<p>Entrées de la résidence Lou Biau, en face du parking de la place du Mail</p>

	<p>Entrée de parking à l'ouest du parking de la place du Mail et proche de l'entrée du parc Charles de Gaulle</p>
	<p>Entrée de parking au nord du parc Charles de Gaulle (tourné vers l'extérieur du parc et à priori sans problèmes d'inondation notables)</p>
	<p>Rue Maurice Clavel</p>

	<p>Commerces de la rue Maurice Clavel</p>
	<p>Parking de l'école Le Petit Prince (régulièrement inondé)</p>
	<p>Présence de flaques d'eau au droit du parking de l'école Le Petit Prince</p>

	<p>Fouilles pour la construction de la médiathèque intercommunale</p>
	<p>Nappe souterraine affleurante au niveau du chantier du projet de médiathèque</p>
	<p>Parking de la place du Mail avec un panneau de signalisation « Parking inondable par forte pluie »</p>

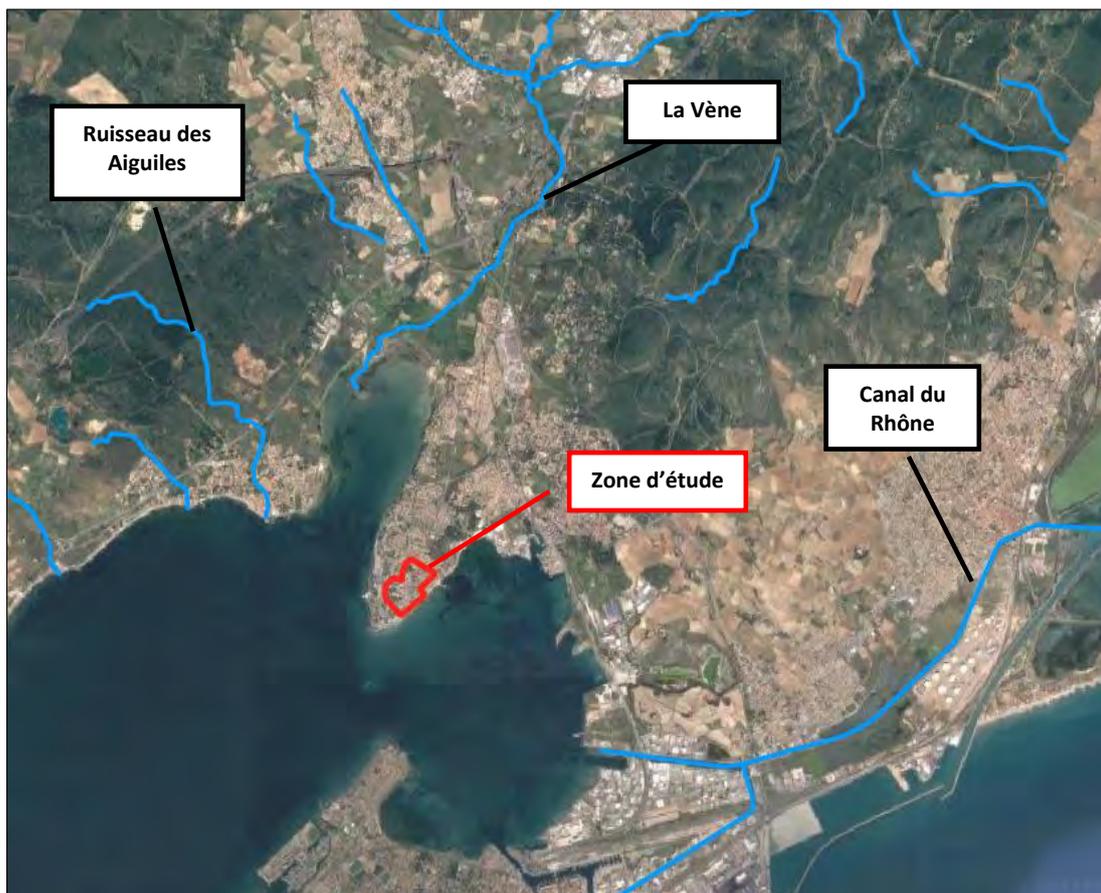
	<p>Place du Mail</p>
	<p>Parc Charles de Gaulle</p>
	<p>Parc Charles de Gaulle</p>

	Bord de mer
	Bord de mer

**Tableau 1 : Photos des visites de terrain de janvier et février 2022**

**3****CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE**

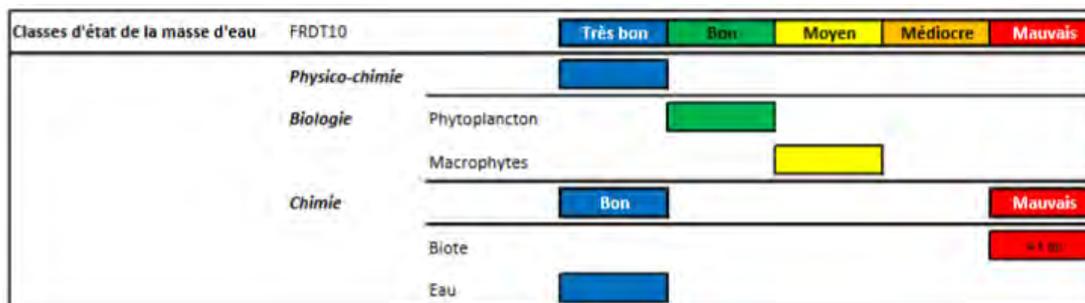
Le projet se situe sur la Presqu'île de Balaruc-Les Bains au bord de l'étang de Thau. La commune ne comporte pas de cours d'eau significatifs.



**Illustration 2 : Contexte hydrologique global autour de la zone**

*Voir Partie 3 – chapitre 1.4 : Délimitation du bassin et des sous bassins considérés*

L'étang de Thau borde le contour de la Presqu'île de Balaruc-Les-Bains, l'étang est référencé en tant que masse d'eau de transition n°FRDT10. L'étang est principalement alimenté par les eaux pluviales, quelques ruisseaux, les eaux souterraines et par les eaux marines. La masse d'eau a été classée selon un **état moyen** lors de la campagne Directive Cadre de l'Eau (DCE) d'Ifremer en 2009.



**Illustration 3 : Bilan de la masse d'eau FRDT10 au titre de la DCE, campagne 2015**  
(Source : Ifremer, 2017)

## DESCRIPTION DES RISQUES INONDATION AU DROIT DU PROJET

### 4.1 Risque de remontée de nappe

La carte nationale de sensibilité de remontée de nappe a été élaborée par le BRGM en janvier 2018 sur la base de données piézométriques et altimétriques. L'interpolation spatiale des niveaux d'eau souterraine a permis de définir les isopièzes des cotes maximales probables. Une comparaison de ces dernières avec l'altimétrie a permis d'obtenir les valeurs de débordements potentiels des nappes souterraines.

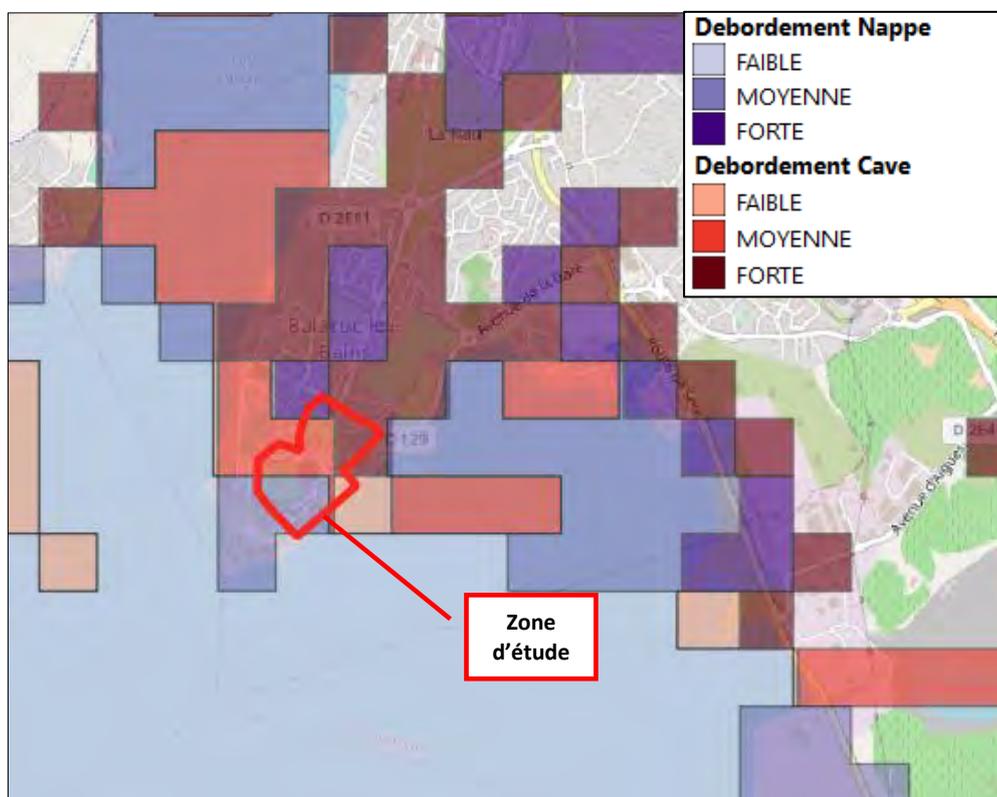


Illustration 4 : Carte du risque de remontée de nappe au droit du projet (Source : Georisques)

La cartographie résultante permet d'identifier les **zones où il existe un risque de débordement par remontée de nappe**. En raison du manque d'homogénéité des données disponibles (géologie, relief, durée des mesures), l'interpolation a abouti à un maillage du territoire relativement grossier avec des mailles de 250 m de côté (1/100 000). L'objectif est

de fournir une appréciation générale de la problématique de remonté de nappe sans surinterpréter les données et d'inciter à la réalisation d'études complémentaires.

On distingue ainsi les « zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe » qui correspondent aux emplacements où le niveau maximal de la nappe est supérieur au terrain naturel, et des « zones potentiellement sujettes aux inondations de cave » qui correspondent aux emplacements où le niveau maximal de la nappe est compris entre 0 et 5 m sous le terrain naturel.

Il convient de noter que la carte de sensibilité n'est pas représentative de la réalité dans les situations suivantes :

- Etudes locales avec une résolution fine (échelle inférieure à 1/100 000) ;
- Secteurs avec terrains affleurants imperméables ;
- Zones karstiques ;
- Zones urbaines.

La figure précédente montre que **le projet se situe en zone d'aléa pour le risque de débordement de nappes**. Le projet est concerné par l'aléa fort pour le risque de débordement de nappe et de cave.

L'étude des niveaux piézométriques du bureau d'étude Géo Méca, réalisée en septembre 2021, spécifie le niveau du toit de la nappe au droit du l'école Le Petit Prince et de l'école George Sand. La venue d'eau était à une profondeur de **1,8 m par rapport au terrain naturel** aux deux sites. Au moment de la visite de terrain réalisée en janvier 2022, **le toit d'une nappe affleurante était visible** au niveau des fouilles de l'emplacement de la future médiathèque située proche du parc Sévigné et de l'office du tourisme.

Le phénomène d'inversac est également à l'œuvre sur la commune de Balaruc-Les-Bains depuis plusieurs années. Ce phénomène cause des résurgences d'eau saumâtre lors de l'inversion du courant entre l'étang de Thau et la source sous-marine de la Vise. Ce phénomène est causé par le niveau particulièrement bas de la nappe du fait de période de sécheresse.

Le phénomène semble le plus présent au nord de la zone d'étude là où les propriétaires des parcelles indiquées en orange ont subi des inondations de cave causées par les remontées de nappe.



Illustration 5 : Parcelles recensées pour le phénomène d'inversac (Source : Recensement des administrés impacts par le phénomène d'inversac, police municipale, décembre 2020)

## 4.2 Atlas des zones inondables

L'Atlas des Zones Inondables (AZI) a été défini au moyen de la méthode hydrogéomorphologique. L'analyse hydrogéomorphologique est une approche naturaliste fondée sur la compréhension du fonctionnement naturel de la dynamique des cours d'eau (érosion, transport, sédimentation) au cours de l'histoire. Elle consiste à étudier finement la morphologie des plaines alluviales et à retrouver sur le terrain les limites physiques associées aux différents lits (mineur, moyen, majeur) qui ont été façonnés par les crues passées.

La cartographie produite par l'analyse hydrogéomorphologique permet de disposer d'une vision globale et homogène des champs d'inondation sur l'ensemble des secteurs traités en pointant, à un premier niveau, les zones les plus vulnérables au regard du bâti et des équipements existants.

**L'information fournie reste cependant essentiellement qualitative à savoir qu'elle ne donne aucune information en termes de hauteur de submersion, de vitesse d'écoulement ou d'occurrence.** C'est pourquoi, dans les secteurs où les enjeux sont importants notamment en termes d'urbanisation ou d'aménagement, elle se prête à être complétée ultérieurement par des approches hydrologiques et hydrauliques.

**Le projet n'est pas repris en zone inondable par débordement de cours d'eau d'après la carte ci-dessous. La zone inondable la plus proche est liée au cours d'eau de la Vène à environ 2 km de la zone d'étude.**



Illustration 6 : Atlas des Zones Inondables à proximité de la zone d'étude (Source : AZI)

## 4.3 Exzeco

**Le projet est entièrement localisé en zone inondable selon le zonage Exzeco présenté ci-après. Ce zonage, qui rend compte du risque de débordement et de ruissellement, se base sur une méthode automatisée et à grand rendement. Elle est essentiellement qualitative et ne fournit aucune information en matière d'occurrence du risque, ni de hauteur ou de vitesse des écoulements en crue.**

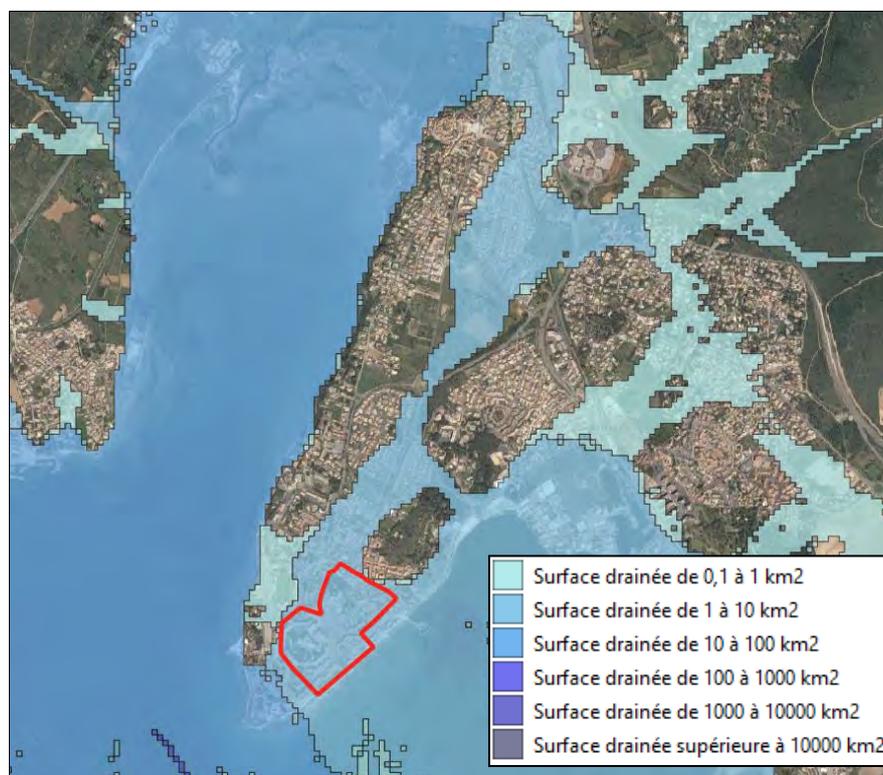


Illustration 7 : Localisation du projet en zone inondable selon la cartographie Exzeco

## 4.4 PPRI

**Le plan de prévention des risques d'inondation a pour objet principal de réglementer l'occupation et l'utilisation du sol dans les zones à risque.**

**Sur le territoire de Balaruc-Les-Bains, le PPRI reprend l'aléa de référence pour le risque de submersion marine en Languedoc-Roussillon.** Ces données ont été synthétisées en 2002-2003 dans une étude hydraulique du Golfe du Lion réalisée par le CETE pour le compte du SMNLR et relative à la méthodologie d'élaboration de PPR Littoraux. Le PPRI de la commune de Balaruc-les-Bains a été approuvé par les services de l'état par le biais d'un arrêté préfectoral daté du **25 janvier 2012**.

Au droit de Balaruc-Les-Bains, l'aléa de référence correspond à la cote des Plus Hautes Eaux (PHE) estimée pour une crue centennale. Cette cote a été estimée à 2 mNGF.



Illustration 8 : Carte d'aléa au droit du quartier du Cœur de Station  
(Source : PPRI de Balaruc-Les-Bains - 2012)

Voir Partie 1 - chapitre 4 : Impositions du PPRI de la commune de Balaruc-les-Bains

# **PARTIE 1**

# **IMPOSITIONS REGLEMENTAIRES**

# 1

## LOI SUR L'EAU

En application des articles L 214-1 et suivants du code de l'environnement, « *sont soumis à déclaration de l'autorité administrative les installations, ouvrages, travaux et activités susceptibles de présenter des dangers pour la santé et la salubrité publique, de nuire au libre écoulement des eaux, de réduire la ressource en eau, d'accroître notablement le risque inondation, de porter atteinte gravement à la qualité de l'eau ou à la diversité du milieu aquatique.* »

**Au stade actuel du projet, il n'est pas possible de définir précisément si un dossier de demande de déclaration ou d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau devra être introduit, ni quelles pourraient être les rubriques concernées.**

En première approche, la seule rubrique relative à la Loi sur l'Eau susceptible d'être concernées par le projet est la 2.1.5.0. Elle concerne le *Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol, la surface totale du projet, augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet étant supérieure à 1ha.*

La rubrique 3.2.2.0 qui concerne les *Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau présentant une surface soustraite supérieure 400 m<sup>2</sup>*, n'est pas concernée puisque les inondations ne proviennent pas du débordement d'un cours d'eau.

Les rubriques concernant les prélèvements ne sont pas considérées dans le cadre du projet car la mairie a assuré que tout projet nécessitant un pompage serait refusé. Le contexte hydrogéologique est très sensible du fait des différentes nappes présentes au niveau de la Presqu'île (dont la nappe de la source thermale), du phénomène d'inversac et des périmètres de protection de captage. Ainsi, ce type de projet n'est pas une priorité au stade actuel de l'étude, bien qu'il puisse être étudié en cas de demande.

Dans l'hypothèse où le projet d'aménagement serait en tout ou partie concerné par la Loi sur l'Eau, l'ensemble des études réalisées dans le cadre du projet (études hydrologiques, modélisations hydrauliques, propositions d'aménagement) seront envisagées et réalisées afin de respecter le Code de l'Environnement.

La mission inter-service de l'eau (MISE) de l'Hérault fixe les règles générales à prendre en compte dans la conception et la mise en œuvre des réseaux et ouvrages. L'arrêté du 2 octobre 2012 impose les méthodes de calcul de la compensation des surfaces imperméabilisées, dans le cadre des procédures d'autorisation ou de déclaration.

Dans le cadre de l'autorisation ou de la déclaration, deux méthodes de calculs doivent être utilisées, et le volume de compensation à l'imperméabilisation retenu tiendra compte de la valeur la plus contraignante.

Dans le cas d'une **procédure d'autorisation** les deux méthodes à employer sont :

- MISE 34 avec un volume de rétention de 120 l/m<sup>2</sup> de surface imperméabilisé et un débit de fuite du bassin compris entre le débit biennal (Q2) et le débit quinquennal (Q5) de l'état actuel avant aménagement, calculés avec la méthode rationnelle.
- Méthode de la simulation hydraulique (protection centennale) qu'il appartiendra au pétitionnaire de choisir en donnant toute garantie à la simulation statistique de ses calculs, par exemple en multipliant les simulations sur la base d'un grand nombre de pluie de projet.

Dans le cas d'une **procédure de déclaration** le principe de la protection centennale est à vérifier et les deux méthodes à employer sont :

- MISE 34 : 120 l/m<sup>2</sup> de surface imperméabilisé et un débit de fuite du bassin compris entre le débit biennal et le débit quinquennal de l'état actuel avant aménagement.
- Méthode des pluies majorée de 20% (sauf pour les ouvrages linéaires), se basant sur les débits calculés avec la méthode rationnelle en situation avant aménagement pour les occurrences 2, 5, 10 et 100 ans.

## SDAGE RM

### 2.1 Généralités

Le 18 mars 2022, le comité de bassin a adopté le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2022-2027 et a donné un avis favorable au Programme de mesures qui l'accompagne. Ces deux documents ont été arrêtés par le Préfet coordonnateur de bassin le 21 mars 2022. Ils fixent la stratégie 2022-2027 du bassin Rhône-Méditerranée pour l'atteinte du bon état des milieux aquatiques, ainsi que les actions à mener pour satisfaire à cet objectif.

Neuf orientations fondamentales traitent les grands enjeux de la gestion de l'eau :

- OF 0 : S'adapter aux effets du changement climatique
- OF 1 : Privilégier la prévention et les interventions à la source pour plus d'efficacité
- **OF 2 : Concrétiser la mise en œuvre du principe de non dégradation des milieux aquatiques**
- OF 3 : Prendre en compte les enjeux économiques et sociaux des politiques de l'eau
- OF 4 : Renforcer la gouvernance locale de l'eau pour assurer une gestion intégrée des enjeux
- **OF 5 : Lutter contre les pollutions, en mettant la priorité sur les pollutions par les substances dangereuses et la protection de la santé**
- OF 6 : Préserver et restaurer le fonctionnement naturel des milieux aquatiques et des zones humides
- OF 7 : Atteindre l'équilibre quantitatif en améliorant le partage de la ressource en eau et en anticipant l'avenir
- **OF 8 : Augmenter la sécurité des populations exposées aux inondations en tenant compte du fonctionnement naturel des milieux aquatiques.**

Dans le cadre de l'étude, les dispositions suivantes sont à considérer :

- 2-01 : mettre en œuvre de manière exemplaire la séquence « éviter-réduire-compenser » (ERC) ;
- 5A-03 : Réduire la pollution par temps de pluie en zone urbaine et 5A-04 : Éviter, réduire et compenser l'impact des nouvelles surfaces imperméabilisées ;
- 8-03 : Éviter les remblais en zones inondables.

## 2.2 Disposition 2-01

Tout projet susceptible d'impacter les milieux aquatiques doit être élaboré en visant la non-dégradation de ceux-ci. Il doit constituer, par sa nature et ses modalités de mise en œuvre, la meilleure option environnementale permettant de respecter les principes évoqués aux articles L. 211-1 (gestion équilibrée et durable de la ressource en eau) et L. 212-1 du code de l'environnement.

Pour cela, il est nécessaire de mettre en œuvre de manière exemplaire la séquence « **éviter-réduire-compenser** » (ERC), pour assurer la meilleure prise en compte des enjeux environnementaux en amont des projets dès la phase de conception, puis tout au long de leur élaboration.

La séquence ERC consiste à donner la priorité à l'évitement des impacts puis à l'identification des mesures permettant de réduire les impacts qui ne peuvent être évités. La question de la compensation ne se pose qu'en dernier lieu, une fois les meilleures solutions d'évitement établies, puis de réduction des impacts du projet.

## 2.3 Dispositions 5A-03 et 5A-04

Ces 2 dispositions s'intègrent dans l'orientation fondamentale 5A, qui vise à poursuivre les efforts de lutte contre les pollutions d'origine domestique et industrielle.

L'objectif est de réduire les déversements d'eaux usées non traitées au niveau des déversoirs d'orage des systèmes d'assainissement. Plus largement, l'objectif est aussi d'agir sur l'imperméabilisation. En effet, l'imperméabilisation augmente le ruissellement des eaux de pluie, au détriment de leur infiltration dans le sol. Cette disposition se divise alors en 3 objectifs principaux :

- **Limiter l'imperméabilisation nouvelle des sols ;**
- **Réduire l'impact des nouveaux aménagements ;**
- **Compenser l'imperméabilisation nouvelle par la désimperméabilisation de l'existant ;**

L'objectif est de réduire les déversements d'eaux usées non traitées au niveau des déversoirs d'orage des systèmes d'assainissement. Le SDAGE recommande le traitement avant rejet des réseau séparatifs et des déversoirs d'orage.

Tout projet doit viser a minima la transparence hydraulique de son aménagement vis-à-vis du ruissellement des eaux pluviales, en favorisant l'infiltration ou la rétention à la source (noues, bassins d'infiltration, chaussées drainantes, toitures végétalisées, etc.). **L'infiltration est privilégiée dès lors que la nature des sols le permet pour contribuer à la réduction des apports.**

## 2.4 Disposition 8-03

Au travers de cette disposition, il est stipulé que « **Tout projet soumis à autorisation ou déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement doit chercher à éviter les remblais en zone inondable. (...)** »

*Lorsque le remblai se situe dans un champ d'expansion de crues, la compensation doit être totale vis-à-vis de la ligne d'eau et en considérant le volume soustrait aux capacités d'expansion des crues, c'est-à-dire viser l'absence d'impact au regard de la ligne d'eau et en termes de volume soustrait aux capacités d'expansion des crues, et se faire dans la zone d'impact hydraulique du projet ou dans le même champ d'expansion de crues. La compensation en volume correspond à 100% du volume prélevé sur le champ d'expansion de crues pour la crue de référence et doit être conçue de façon à être progressive et également répartie pour les événements d'occurrence croissante : compensation « cote pour cote ».*

« Le principe de chercher à éviter la réalisation de remblais en zone inondable sera également poursuivi pour les zones de submersion marine. »

# 3

## PLU ET ZONAGE PLUVIAL

### 3.1 PLU

Le Plan Local d'Urbanisme (PLU) de la commune de Balaruc-Les-Bains a été approuvé en juin 2017. Le règlement du PLU comporte des impositions générales qui concernent la gestion des eaux pluviales, mais indique également que les projets doivent se référer aux impositions du zonage pluvial.

Le quartier du Cœur de Station se trouve dans les zones urbaines notées UA, UB1, UB2 et UB3. La zone 1AUa correspond aux anciens locaux thermaux qui ont été détruits, cette zone est aujourd'hui occupée par le parking de la place du Mail.

En termes de gestion des eaux pluviales le PLU indique dans l'article UA 4 – Desserte par les réseaux que :

- « Les eaux pluviales sont de la responsabilité du propriétaire de la parcelle ;
- Toute augmentation du ruissellement induite par de nouvelles imperméabilisations de sols (création ou extension de bâtis ou d'infrastructures existants) doit être compensée par la mise en œuvre de rétention des eaux pluviales ou autres techniques alternatives [...] le dimensionnement des mesures visant à compenser l'imperméabilisation du sol devront notamment être conformes avec les préconisations définies dans le SDGEP ;
- En l'absence de réseau ou en cas de réseau insuffisant, le constructeur doit réaliser sur son terrain les dispositifs appropriés et proportionnés permettant l'évacuation directe et sans stagnation des eaux pluviales vers un déversoir désigné à cet effet ;
- De plus, au sein des zones concernées par un zonage PPRI, il convient de chercher la mise en œuvre de techniques compensatoires à l'urbanisme favorisant l'infiltration des eaux sur place et le ralentissement des écoulement (tranchées filtrantes, puits d'infiltration, chaussée réservoir, etc) ;
- On favorisera le plus possible le traitement naturel, notamment par rétention à la parcelle, par un réseau de fossés ou de noues, de zones engazonnées, des bassins paysagers, afin de limiter les débits en aval des projets ;
- Les bassins de rétention doivent être positionnés hors zone inondable ;
- L'implantation des dispositifs de collecte et des ouvrages de stockage doit prendre en compte la protection des eaux souterrains et respecter les règlements en vigueur. »

En termes de gestion des eaux pluviales le PLU indique dans l'article UA 10 – Hauteur de construction qu'afin « *d'éviter les inondations des habitations jouxtant les voiries, les seuil d'entrée des habitations actuelles et futures devront respectivement rester ou être, au minimum, au même niveau altimétrique que la bordure haute du caniveau* ».

Ces impositions sont aussi **valables pour les zones UB**.

## 3.2 SDGEP

### 3.2.1 Généralités

La commune de Balaruc-Les Bains a commandé la réalisation d'un Schéma Directeur d'Assainissement des Eaux Pluviales (SDGEP) et un zonage pluvial sur son territoire. L'étude s'est terminée en 2015 et a été mise à jour en 2016 selon les préconisations du SDAGE 2016-2021.

L'objectif de ce zonage est :

- **De compenser les ruissellements** : en usant de techniques compensatoires ou alternatives pour optimiser le fonctionnement du réseau pluvial et contribuer au piégeage des pollutions à la source ;
- **De freiner la concentration des écoulements vers les secteurs aval** : en préservant les zones naturelles d'expansion de crue et les zones aptes à l'infiltration ;
- **De limiter le risque inondation des zones et le risque de submersion marine** : en diminuant la vulnérabilité des secteurs inondés ;
- **D'améliorer la qualité des eaux de la lagune de Thau** : en maîtrisant l'impact qualitatif des rejets par temps de pluie dans le milieu récepteur.

Dans le mode de gestion des écoulements pluviaux dus aux nouvelles imperméabilisations, **la commune a souhaité voir se mettre en place des solutions alternatives au « tout tuyau »**. Ces solutions techniques permettent de réduire les flux d'eaux pluviales par l'usage d'ouvrages spécifiques ou en redonnant aux surfaces de ruissellement un rôle régulateur basé sur la rétention et/ou l'infiltration des eaux.

La carte ci-dessous présente le zonage pluvial réalisé sur la commune. Une prise en compte de ces critères (topographie, réseau hydrographique, occupation de sols, réseau de collecte des eaux pluviales) permet une division du territoire en 3 zones présentant un risque plus ou moins marqué. **La totalité du quartier du Cœur de Station est localisée en zone 1.**

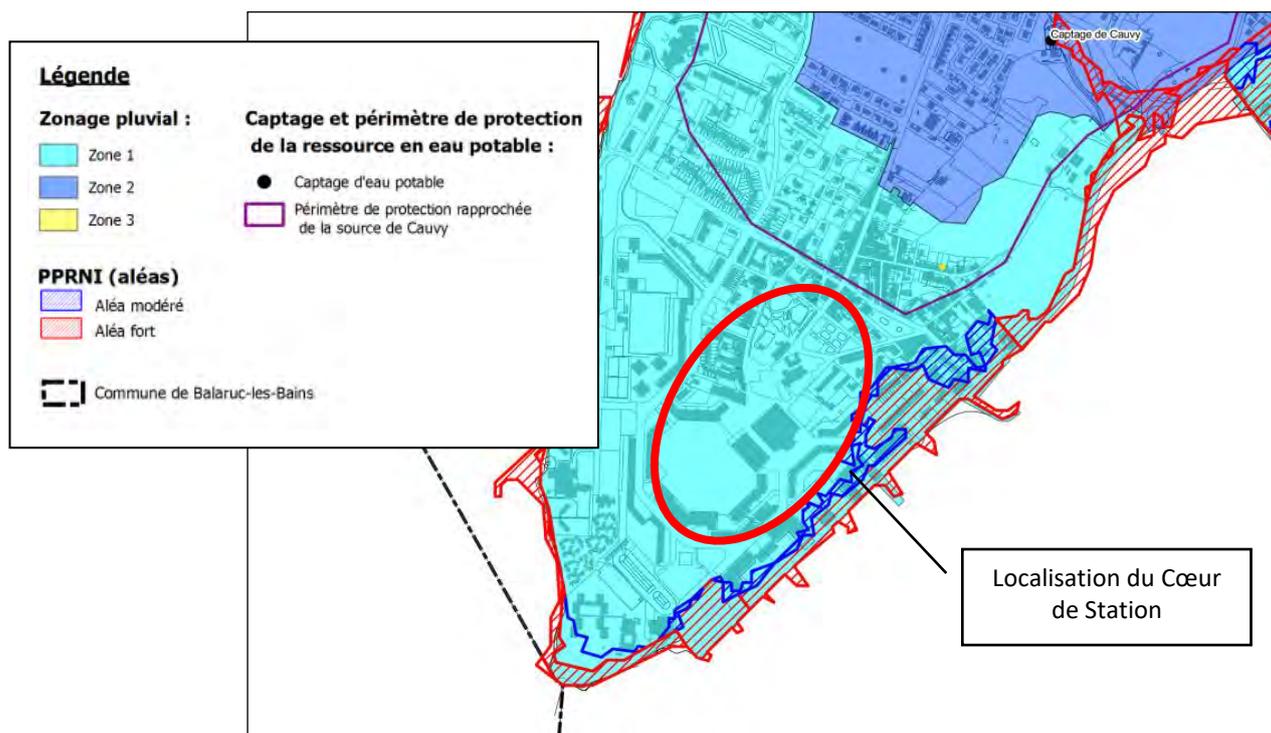


Illustration 9 : Carte du zonage pluvial au droit du Cœur de Station  
(Source : SDGEP, Zonage pluvial - 2015)

### 3.2.2 Gestion quantitative des eaux pluviales

Le zonage d'assainissement pluvial décrit les dispositifs à prendre en termes de **gestion quantitative des eaux**.

Sur le territoire de Balaruc-Les-Bains les **dispositions générales 4.2** applicables pour la gestion des fossés et réseaux pluviaux sont les suivantes :

- 4.2.5. : *Respect des sections d'écoulement des collecteurs : Les réseaux de concessionnaires et ouvrages divers ne devront pas être implantés à l'intérieur des collecteurs, fossés et caniveaux pluviaux. Les sections d'écoulement devront être respectées, et dégagées de tout facteur potentiel d'embâcle ;*
- 4.2.6. : *Gestion des écoulements pluviaux sur les voiries : La voirie publique participe à l'écoulement libre des eaux pluviales avant que celles-ci ne soient collectées par des grilles et/ou avaloirs vers le réseau. Afin d'éviter les inondations des habitations jouxtant les voiries, les seuils d'entrée des habitations actuelles et futures devront respectivement rester ou être, au minimum, au même niveau altimétrique que la bordure haute du caniveau ;*
- 4.2.7.2. : *Inondation par submersion marine : Selon le principe de précaution, il pourrait être considéré que tout projet de construction dispose d'une côte sous-face plancher calé à 2.5 m NGF minimum sur l'ensemble du territoire communal.*

Les **dispositions générales 4.3** applicables pour la compensation des surfaces imperméabilisées sont les suivantes :

- *4.3.2. Règles générales de conception des mesures compensatoires : La conception du système de collecte (fossé, conduite) est laissée à l'appréciation du maître d'ouvrage tout en respectant le cadre réglementaire (Loi sur l'eau, PPRNI, code civil, zonage pluvial,...). Le système de collecte et le plan de masse sont conçus et dimensionnés de manière à prévoir le trajet des eaux de ruissellement vers les ouvrages de compensation sans mettre en péril la sécurité des biens ou des personnes, pour toute occurrence de pluie, même exceptionnelle. [...] **Les bassins de rétention doivent être positionnés hors zone inondable.***
  - *Concernant les mesures compensatoires utilisant l'infiltration, elles peuvent être proposées sous réserve :*
    - *de la réalisation d'essais d'infiltration adaptés que ce soit pour la méthode employée, la profondeur testée ou l'emplacement et le nombre de tests,*
    - *d'une connaissance suffisante du niveau haut de la nappe.*
  - *Concernant les bassins de rétention, les prescriptions et dispositions suivantes sont à privilégier :*
    - *le concepteur recherchera prioritairement à regrouper les capacités de rétention, plutôt qu'à multiplier les entités pour en faciliter l'entretien ;*
    - *les ouvrages seront préférentiellement aériens, les structures enterrées seront envisagées en dernier recours et devront faire l'objet d'une justification ;*
    - *les ouvrages devront être accessibles pour un entretien manuel et motorisé avec la création d'escaliers pour permettre une évacuation rapide et facile du personnel en cas d'orage soudain ;*
    - *les noues seront dimensionnées en intégrant une lame d'eau de surverse suffisante pour assurer l'écoulement des eaux sans débordement, en cas de remplissage total ;*
    - *les ouvrages seront dotés d'un déversoir de crue exceptionnelle, dimensionné pour la crue d'occurrence centennale, et suivi d'un fossé exutoire ou un axe d'écoulement non vulnérable ;*
    - *les aménagements hydrauliques d'ensemble devront respecter le fonctionnement hydraulique initial autant que possible ;*
    - *les ouvrages feront l'objet d'une intégration paysagère poussée avec des talus doux, une profondeur limitée, un usage limité de clôtures,*

*un enherbement et des plantations d'essences appropriées non envahissantes ;*

- *les ouvrages assureront aussi un rôle de traitement qualitatif des eaux pluviales par décantation.*

Les règles de dimensionnement des ouvrages sont spécifiques au découpage du zonage de la commune. La zone 1 dans laquelle se situe de Coeru de Station les ouvrages doivent respecter les dispositions suivantes :

*En cas de projet individuel ou collectif présentant une **surface de projet supérieure à 200 m<sup>2</sup>** et non situé dans une zone d'aménagement globale pour laquelle des dispositifs de rétention auraient déjà été prévus en tenant compte du présent projet, il convient :*

- *d'éviter autant que possible le rejet direct des eaux de toitures, cours et terrasses, ou plus globalement de projets, sur le domaine public ou dans tout réseau pluvial,*
- *de favoriser le ralentissement et l'étalement des eaux de ruissellement des surfaces imperméabilisées ou couvertes, de mettre en place obligatoirement un ou des dispositifs de rétention dimensionnés sur la base des principes suivants :*
  - *Le volume minimal de rétention de **40 l/m<sup>2</sup> imperméabilisé**, qu'il s'agisse d'une imperméabilisation nouvelle ou existante sur la zone de projet.*
  - *Le débit de fuite maximum de l'orifice de **60 l/s/ha projet** avec un diamètre d'orifice 50 mm minimum.*
  - *La surverse de sécurité dimensionnée pour assurer une protection centennale.*
  - *Le(s) dispositif(s) de rétention devront être placé(s) et conçu(s) de manière à pouvoir recevoir l'ensemble des eaux de ruissellement du projet, même en cas de saturation du réseau pluvial amont.*

*Pour tout projet, la commune se réserve le droit d'exiger la réalisation d'une étude hydraulique particulière à la charge du maître et qui sera insérée dans le dossier de demande de permis de construire. L'étude hydraulique devra alors démontrer que les techniques alternatives de rétention/infiltration prévues sont adaptées aux contraintes locales, indiquer leur dimensionnement et mettre en évidence leur impact.*

### 3.2.3 Gestion qualitative des eaux pluviales

Le zonage d'assainissement pluvial décrit les dispositions à prendre en termes de **gestion qualitative des eaux**.

Dans le cadre du SAGE, cinq exutoires ont été suivis par la commune. Au moment de la réalisation du SDGEP, les flux admissibles maximums (FAM) étaient respectés. Ce non dépassement des FAM signifie qu'en terme de lessivage des sols par les eaux pluviales, les

objectifs de qualité de la lagune de Thau sont atteints pour les exutoires de Balaruc-les-Bains dans l'étang de Thau.



Illustration 10 : Localisation des exutoires suivis  
(Source : Rapport de phases VII et VIII zonage pluvial ; 2016)

Sur le territoire de Balaruc-Les-Bains les **dispositions générales 4.4** applicables pour la gestion qualitative des eaux pluviales et qui s'appliquent à l'ensemble du territoire communal sont les suivantes :

*Le **chapitre 4.4.3** vise la réduction de la pollution provenant des routes et des parkings. La pollution chronique routière est due au lessivage de la chaussée par les pluies et est produite par la circulation des véhicules : usure de la chaussée et des pneumatiques, émission de gaz d'échappement, dépôts de graisses et hydrocarbures, corrosion des éléments métalliques... Ainsi l'abattement du taux de M.E.S. par décantation peut induire une diminution considérable de la pollution des eaux pluviales. Il est donc prévu les mesures suivantes :*

*La suppression, le bétonnage, la déviation et le busage des fossés enherbés existants sont interdits, comme déjà indiqué au chapitre 4.2.3, car ils participent à l'abattement de cette pollution chronique par décantation et phyto-rémediation. Des dérogations sont admises dans le cas où ces aménagements seraient destinés à protéger des biens sans créer d'aggravation par ailleurs, sous réserve du respect de l'ensemble des prescriptions techniques du présent règlement et après présentation et validation d'une notice justificative aux services compétents de la commune,*

*Tout projet de création ou d'extension d'une route doit prévoir des mesures compensatoires nécessaires pour éviter toute aggravation de la situation actuelle. Les eaux de voiries créées sont collectées dans un réseau séparatif et acheminées vers un bassin de traitement de la pollution chronique par décantation des matières en suspension dimensionnés selon les recommandations en vigueur du SETRA.*

*Les nouveaux ouvrages de compensation à l'imperméabilisation des sols recevant des eaux de voiries doivent disposer d'un volume mort de 10 m<sup>3</sup> sur une hauteur de quelques dizaines de centimètres favorisant le traitement qualitatif des eaux lors de petites pluies,*

*les nouveaux ouvrages de compensation à l'imperméabilisation des sols recevant des eaux de voirie sont équipés sur leur sortie :*

- *d'un dégrilleur pour retenir les flottants et éviter l'obstruction de l'orifice de fuite,*
- *d'une cloison siphonoïde ou lame de deshuilage permettant de retenir les flottants et les plombants,*
- *d'un système obturateur (clapet ou vanne martelière) susceptible de retenir une éventuelle pollution accidentelle qui sera alors évacuée par pompage dans une filière de traitement adaptée. En cas d'infiltration du produit, une procédure curative sera mise en œuvre sur le site concerné pour récupérer les matériaux pollués. Ceux-ci seront alors envoyés dans une filière de traitement adaptée,*

*Tous les réseaux et ouvrages de rétention et/ou traitement des eaux pluviales existants et nouveaux doivent faire l'objet d'un entretien et un suivi régulier (au moins 1 fois par semestre et après chaque grosse pluie) afin d'enlever les dépôts et pollutions accumulés et les évacuer vers une filière de traitement adaptée,*

*Les ouvrages de rétention et de traitement aériens seront signalés à l'Entente Interdépartementale pour la Démoustication (EID) du littoral méditerranéen afin d'organiser d'éventuels traitements préventifs des ouvrages contre le développement de moustiques. A noter que le caractère sec ou en eau du bassin n'est pas un critère déterminant pour le développement des moustiques.*

*Ces mesures ont pour objectif de participer à la reconquête de la qualité des eaux des milieux naturels remarquables de Balaruc-les-Bains en maîtrisant l'impact qualitatif des rejets de temps de pluie dans les étangs. Il est cependant très complexe de connaître précisément la capacité réceptrice des étangs et l'impact pour chaque projet des mesures définies ci-dessus sur la qualité des eaux des étangs. Par défaut, **chaque projet concerné par une des présentes mesures devra faire l'objet d'une étude démontrant l'amélioration apportée sur le rejet pluvial de la zone de projet.***

## IMPOSITIONS DU PPRI DE LA COMMUNE DE BALARUC-LES-BAINS

### 4.1 Généralités

**Le plan de prévention des risques d'inondation a pour objet principal de réglementer l'occupation et l'utilisation du sol dans les zones à risque.**

Elaboré par la préfecture du département en association avec les communes et en concertation avec la population, il délimite les zones exposées aux risques. Il réglemente l'occupation et l'utilisation du sol dans ces zones, en fonction de l'aléa et des enjeux, et ce afin de ne pas augmenter le nombre de personnes et de biens exposés, de réduire la vulnérabilité de ceux qui sont déjà installés dans ces zones et de ne pas aggraver les risques, ni d'en provoquer de nouveaux.

**Sur le territoire de Balaruc-les-Bains, le PPRI reprend l'aléa de référence pour le risque de submersion marine en Languedoc-Roussillon.** Ces données ont été synthétisées en 2002-2003 dans une étude hydraulique du Golfe du Lion réalisée par le CETE pour le compte du SMNLR et relative à la méthodologie d'élaboration de PPR Littoraux. Le PPRI de la commune de Balaruc-les-Bains a été approuvé par les services de l'état par le biais d'un arrêté préfectoral daté du 25 janvier 2012.

La doctrine nationale pour l'élaboration des PPRI définit l'aléa de référence comme la plus forte crue connue ou, si cette crue est plus faible qu'une crue de fréquence centennale, cette dernière. Au droit de Balaruc-Les-Bains, **l'aléa de référence correspond à la cote des Plus Hautes Eaux (PHE) estimée pour une crue centennale. Cette cote a été estimée à 2 m NGF.**

En fonction de l'intensité de l'aléa et de la situation au regard des enjeux, 5 zones inondables ont été identifiées. Trois d'entre elles sont présentes au droit de la zone d'étude :

- Zones RU et RU1, correspondant à un secteur inondable soumis à un aléa fort (hauteur d'eau supérieure à 50 cm) où les enjeux sont forts (zone urbaine). Ces zones se présentent sous la forme d'une bande localisée le long du littoral ;
- Zone BU, correspondant à un secteur inondable soumis à un aléa modéré (hauteur d'eau inférieure à 50 cm) où les enjeux sont forts (zone urbaine). Cette zone est située en parallèle des zones d'aléa fort vers l'intérieur des terres.

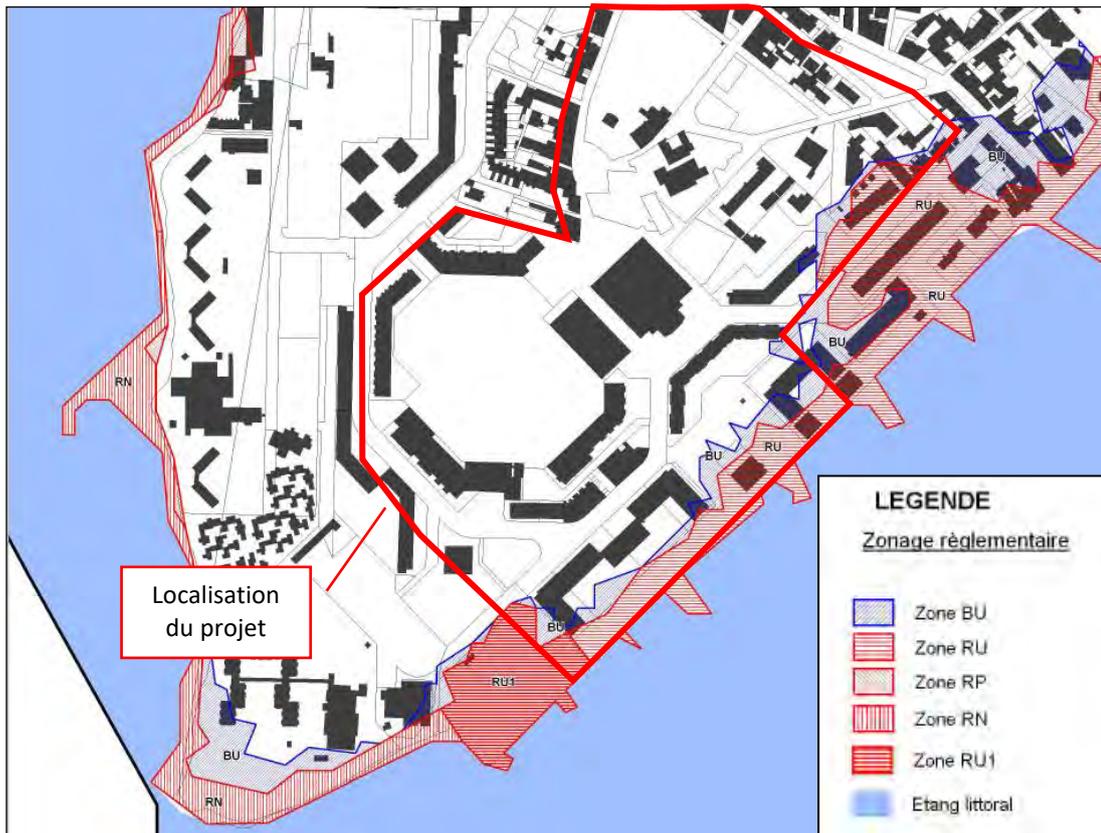


Illustration 11 : Carte du zonage réglementaire au droit du quartier du Cœur de Station  
(Source : PPRI de Balaruc-les-Bains de 2012)

De ce fait, l'entièreté du quartier n'est pas soumise aux mêmes contraintes réglementaires. Il convient de noter que, lorsqu'un bâtiment est traversé par une limite de zonage, les mesures réglementaires correspondant au zonage le plus contraignant sont considérées.

A noter également, l'existence du porter à connaissance issu du SLGRI réalisé en 2020 qui indique une zone inondable bien plus étendue que celle du PPRI réalisé il y 10 ans.

*Voir Partie 2 – chapitre 1.1.5 : Etude hydraulique du SLGRI*

Fonction de la zone concernée, le règlement à considérer est variable. Nous allons exposer ci-dessous l'ensemble des interdictions liées à ces différentes zones.

## 4.2 Dispositions générales

Extraits du chapitre 4 « Dispositions générales d'utilisation du sol » du Règlement du PPRi de la Commune de Balaruc-Les-Bains.

### 4.2. Maîtrise des eaux pluviales et des ruissellements

*En application de l'article L.2224-8 de Code Général des Collectivités Territoriales, les communes doivent, après enquête publique, délimiter des zones stratégiques pour limiter le ruissellement urbain :*

- *d'une part, les zones où il est nécessaire de limiter l'imperméabilisation des sols et d'assurer la maîtrise du débit et de l'écoulement des eaux,*
- *d'autre part, les zones de collecte et de stockage, voire de traitement des eaux pluviales lorsqu'elles apportent au milieu aquatique des pollutions susceptibles de nuire gravement à l'efficacité des dispositifs d'assainissement.*

*Afin de limiter les ruissellements pluviaux, un schéma d'assainissement pluvial communal est rendu obligatoire et toute opération d'urbanisation nouvelle devra prévoir des mesures compensatoires suffisantes pour permettre une rétention des eaux pluviales dans la proportion de 120 litres/m<sup>2</sup> imperméabilisé*

### 4.4. Dispositions constructives obligatoires pour les projets nouveaux implantés en zone inondable

*Les techniques suivantes, non exhaustives, sont à mettre en oeuvre sous la responsabilité du maître d'ouvrage et de son maître d'œuvre dans le cadre de constructions nouvelles ou de travaux sur le bâti existant, en zone inondable :*

- *Les fondations, murs et parties de la structure en dessous de la cote de PHE (2,00 m NGF) devront comporter sur leur partie supérieure une arase étanche. Les matériaux de ces structures sensibles à la corrosion devront être traités avec des produits hydrofuges ou anti-corrosifs.*

*Les fondations des constructions seront ancrées dans le sol de façon à résister à des affouillements, à des tassements ou à des érosions. Elles devront être capables de résister à la pression hydrostatique.*

- *Les travaux de second œuvre (cloisons, menuiseries, portes, etc.) et les revêtements (sols, murs, etc.) en dessous de la cote de PHE seront réalisés avec des matériaux insensibles à l'eau, ou correctement traités.*

*Les aménagements autorisés ne devront pas conduire à la création de stocks de produits ou objets de valeur, vulnérables à l'eau, en dessous de la cote de référence*

*Le stockage des produits polluants, quelle que soit leur quantité ou concentration, devra être réalisé dans des récipients étanches et protégés contre les effets d'une crue centennale. La*

*nomenclature de ces produits est fixée par la législation sur les installations classées, et par le Règlement Sanitaire Départemental.*

*Les équipements électriques devront être placés au-dessus de la cote de référence, à l'exception des dispositifs d'épuisement ou de pompage.*

*Les citernes enterrées ou non et les citernes sous pression ainsi que tous les récipients contenant des hydrocarbures, du gaz, des engrais liquides, des pesticides, et d'une façon générale, tous les produits sensibles à l'humidité, devront être protégés contre les effets de la crue centennale (mis hors d'eau ou fixés et rendus étanches).*

*Les clôtures et les plantations d'alignement devront être étudiées de façon à leur préserver une transparence maximale à l'écoulement.*

*Les réseaux extérieurs d'eau, de gaz et d'électricité devront être dotés d'un dispositif de mise hors service, ou bien réalisés entièrement au-dessus de la cote de référence.*

*Les réseaux d'assainissement nouvellement réalisés devront être étanches et munis de clapets anti-retour. Les bouches d'égout devront être verrouillées.*

*Il conviendra d'éviter tout aménagement concourant à imperméabiliser de grandes surfaces, sauf à prévoir des bassins de rétention suffisamment dimensionnés ou des procédés limitant le ruissellement.*

*En matière de pluvial, il convient de rechercher la mise en œuvre de techniques compensatoires à l'urbanisme favorisant l'infiltration des eaux pluviales sur place et le ralentissement des écoulements (tranchées filtrantes, puits d'infiltration, chaussée réservoir, etc.)*

#### 4.6. Les dépôts et remblais

*Les dépôts de matériaux et conditionnements susceptibles d'être emportés ou de gêner l'écoulement des eaux en cas de crue sont interdits en zones rouges et bleue. Il s'agit en particulier des décharges, des dépôts d'ordures et de déchets ainsi que des dépôts et stockages de produits dangereux ou polluants.*

*Sauf mention particulière dans le règlement, sont également interdits en zones rouges et bleue tous les travaux d'exhaussement, notamment les remblais, et en particulier les endiguements sauf s'ils sont de nature à protéger des lieux fortement urbanisés ou prévus dans le cadre d'un projet d'utilité publique*

**La cote PHE + 30 cm est souvent utilisée pour définir l'aménagement de la surface du 1er plancher aménagé.** Cette surélévation de 30 cm est liée à l'incertitude des modèles mathématiques. [...] Toute demande d'autorisation en zone inondable devra être accompagnée d'un lever topographique rattaché au Nivellement Général de la France (NGF) et dressé par un géomètre expert avec une précision altimétrique de 0,10 m.

## 4.3 Interdictions en zones RU et RU1

Extrait de la seconde partie du Règlement du PPRi de la Commune de Balaruc-Les-Bains. Il convient de noter que la liste précise des travaux et constructions permis est précisée dans le chapitre 1 de la partie 2.

*Les zones rouges en secteur naturel RN, urbain RU et RU1 ont pour principe l'interdiction de toute construction nouvelle, y compris l'interdiction d'établir de nouveaux campings et parcs résidentiels de loisirs, de les étendre ou d'augmenter la capacité d'accueil de campings ou PRL existants, et l'interdiction de tous remblais, dépôts ou exhaussements.*

*Sont admis, en zones RU et RU1, sous réserve de l'application des mesures constructives définies au chapitre 4.4 de la 1<sup>ère</sup> partie :*

- La création d'ouvertures, notamment :
  - Au-dessus de la cote de la PHE ;
  - En-dessous de la cote de la PHE sous réserve que tous les ouvrants soient équipés de batardeaux.
- Les modifications de constructions existantes et/ou leur changement de destination (sous certaines réserves pp25) ;
- Les parcs collectifs de stationnement de véhicules (publics ou sous la gestion d'une personne morale), sous réserve qu'ils soient signalés comme étant inondables et que leur évacuation soit organisée à partir d'un dispositif de prévision des crues ou d'alerte prévu au PCS, sans création de remblais et sous réserve qu'ils ne créent pas d'obstacle à l'écoulement de l'eau ;
- Les équipements d'intérêt général, sous réserve qu'ils soient construits à plus de 50 m du pied d'une digue. Une étude hydraulique devra en définir les conséquences amont et aval et déterminer leur impact sur l'écoulement des eaux, les mesures compensatoires à adopter visant à annuler leurs effets et les conditions de leur mise en sécurité ;
- Tous travaux d'aménagements sportifs et d'équipements légers d'animation et de loisirs de plein air sans création de remblais, sous réserve qu'ils ne créent pas d'obstacle à l'écoulement de l'eau et qu'ils soient situés à plus de 50 m du pied d'une digue. Est également autorisée la création de surfaces de plancher pour des locaux non habités à usage de sanitaires, vestiaires et locaux à matériels, sous réserve que la surface des planchers soit au minimum calée à la cote de 2,30 m NGF et que les conséquences de ces aménagements sur l'écoulement de l'eau soient négligeables ;
- Cas particuliers des hangars et des zones de stockage Leur aménagement ou leur extension pourront être autorisés au niveau du terrain naturel à condition que les marchandises et produits sensibles à l'eau soient stockés au-dessus de la cote de 2,00 m NGF ;
- En zones RU et RU1, outre les travaux de clôtures autorisés en RN, est autorisée la création ou la modification de murs qui pourront excéder 20 cm de haut à condition de ne pas constituer un obstacle majeur à l'écoulement des eaux. Pour cela, au moins 30%

de leur surface située entre le sol et la cote de la PHE devra être laissée transparente aux écoulements, sous forme de barbacanes, portails ajourés, grillages à mailles larges, etc...

## 4.4 Clauses réglementaires applicables en zone BU

Un extrait de la seconde partie du Règlement du PPRi de la Commune de Balaruc-Les-Bains est reporté ci-dessous. Il convient de noter que la liste précise des travaux et constructions permis est précisée dans le chapitre 1 de la partie 4 du règlement.

*Sont interdits, en zone BU :*

- Tous projets de construction d'établissements à caractère stratégique (nécessaires à la gestion de crise, tels que caserne de pompiers, gendarmerie, etc.) ou vulnérable (maison de retraite, établissement hospitalier...);
- Tous remblais, dépôts ou exhaussements, à l'exception des digues autorisées, destinés à une protection contre les inondations;
- La création de nouveaux campings, parcs résidentiels de loisirs, d'aire d'accueil de gens du voyage, ainsi que l'augmentation de leur capacité d'accueil;
- Tous les travaux et projets nouveaux situés dans une bande de 50 m comptés à partir du pied des digues et susceptibles d'aggraver le risque.

*Sont admis, en zones BU, sous réserve de l'application des mesures constructives définies au chapitre 4.4 de la 1<sup>ère</sup> partie :*

- La création d'ouvertures, notamment :
  - *Au-dessus de la cote de la PHE ;*
  - *En-dessous de la cote de la PHE sous réserve que tous les ouvrants soient équipés de batardeaux.*
- Les constructions nouvelles (à l'exclusion des établissements vulnérables ou stratégiques), les extensions ou les modifications de bâtiments existants sous réserve :
  - *que la surface du 1er plancher aménagé soit calée au minimum à la cote de 2,30 m NGF et que le plancher des garages et pièces annexes soient calé au minimum à la cote de 2,00 m NGF, sauf pour les garages de bâtiments collectifs en centre urbain dense, où le plancher pourra être calé au maximum 50 cm sous la cote de PHE, sous réserve de la mise en place d'un cuvelage étanches*
  - *que les bâtiments à usage d'habitation soient réalisés sur vide sanitaire. Les autres types de locaux pourront être réalisés selon d'autres techniques afin de garantir notamment la protection contre les remontées par capillarité. Dans ce cas, le volume sous plancher sera fermé*

- La création ou la modification de clôtures et de murs à condition de ne pas constituer un obstacle majeur à l'écoulement des eaux. Pour cela, au moins *30% de sa surface située entre le sol et la cote de 2,00 m NGF devra être laissée transparente aux écoulements, sous forme de barbacanes, portails ajourés, grillages à mailles larges, etc...*
- *Les équipements d'intérêt général, sous réserve qu'ils soient construits à plus de 50 m du pied d'une digue. Une étude hydraulique devra en définir les conséquences amont et aval et déterminer leur impact sur l'écoulement des eaux, les mesures compensatoires à adopter visant à annuler leurs effets et les conditions de leur mise en sécurité. Émargent à cette rubrique les travaux ou aménagements sur les ouvrages existants et les digues intéressant la sécurité publique, y compris la constitution de remblais destinés à une protection rapprochée des lieux densément urbanisés, démontrée par une étude hydraulique, et après obtention des autorisations réglementaires (Loi sur l'eau et Déclaration d'Utilité Publique)*
- *Tous travaux d'aménagements sportifs et d'équipements légers d'animation et de loisirs de plein air sans création de remblais et sous réserve qu'ils ne créent pas d'obstacle à l'écoulement des crues et qu'ils soient situés à plus de 50 m du pied d'une digue*
- *Les parcs collectifs de stationnement de véhicules (publics ou sous la gestion d'une personne morale), sous réserve qu'ils soient signalés comme étant inondables et que leur évacuation soit organisée à partir d'un dispositif de prévision des crues, sans création de remblais et sous réserve qu'ils ne créent pas d'obstacle à l'écoulement des crues.*

# 5

## SCOT

Le Document d'Orientation et d'Objectifs s'impose aux documents locaux d'urbanisme (POS/PLU ou carte communale), aux documents de planification sectorielle (PDU, PLH...) et aux opérations foncières et d'aménagement (ZAC, ZAD, lotissement...). Ceux-ci devront être compatibles avec les orientations du Schéma de Cohérence Territorial du Bassin de Thau (SCoT). Le SCoT du Bassin de Thau a été approuvé le 4 février 2014.

Les enjeux hydrauliques de Balaruc abordés dans le SCOT regroupent :

- L'approvisionnement en eau potable
- La nécessité de protéger physiquement la ressource du front thermal
- Zones de vulnérabilité très forte pour les ressources en eaux souterraines : il s'agit des zones d'affleurement des nappes souterraines (nappes Astienne et Karst), des zones de captage d'eau potable et du front de remontée des eaux thermales dans la lagune de Thau au niveau de Balaruc-les-Bains
- Suivi microbiologique des apports à l'étang de Thau au niveau du débouché du rejet pluvial de Balaruc-les-Bains
- Pollution des sols liés à l'ancienne Raffinerie du Midi (Activités pétrochimiques). Cependant, ce site est situé en dehors de la zone d'étude du Cœur de Station.

Le SCOT contient des prescriptions qui doivent obligatoirement être retranscrites dans les aménagements et des recommandations qui relèvent de bonnes pratiques à appliquer pour une gestion cohérente du territoire. Les prescriptions qui concernent l'eau sont énoncées ci-dessous :

*Objectif 1 : Protéger l'environnement naturel, agricole et le cadre de vie du bassin de Thau*

- *1.4 Préserver durablement les ressources naturelles*

*Le PLU doit intégrer des dispositions de protections sur un périmètre suffisant pour protéger les zones de vulnérabilité de la ressource thermique sur la Presqu'île de Balaruc, notamment en zone d'affleurement des calcaires. Dans ces zones, l'assainissement pluvial doit être maîtrisé en termes qualitatifs et l'infiltration des eaux de ruissellement sera interdite avant tout traitement.*

*Le Scot recommande que les nouvelles opérations d'aménagement favorisent la récupération des eaux pluviales pour une utilisation dans le respect de la réglementation.*

- *1.5 Limiter l'exposition aux risques naturels et technologiques : 1.5.1 Limiter les risques inondation et submersion marine : Les projets d'urbanisme et d'aménagement prennent en compte, quelle que soit leur nature, les contraintes liées à l'inondabilité des terrains, reconnues au travers des Plans de Prévention des Risques Inondation approuvés*
- *1.6 Améliorer le cadre de vie des habitants du territoire*
  - *1.6.3 Limiter les sources de pollution. 2) Lutter contre les pollutions des milieux aquatiques liées aux infrastructures routières : Il est recommandé : Afin de limiter les incidences liées au ruissellement et les risques liés au déversement accidentel de produits toxiques et/ou polluants pour les milieux aquatiques, la réalisation de tranchées collectrices et dispositifs de rétention est préconisée le long des voies de grande circulation bordant les lagunes.*
  - *2.3.1. Conditionner l'urbanisation du territoire à des réflexions préalables : Prescriptions sur le secteur du Cœur de l'agglomération situé entre l'île Est de Sète et le sud de Balaruc les Bains*

*L'urbanisation est conditionnée à des exigences de maîtrise environnementale :*

*Elle est conditionnée au respect des prescriptions relatives à la gestion des eaux pluviales, définies par ailleurs dans le Document d'Orientation et d'Objectifs et dans son chapitre individualisé valant SMVM.*

*Les berges et rivages de la lagune de Thau, protégés à minima pour la bande des 100 mètres au titre de la Loi Littoral, et sur une profondeur plus importante dans les secteurs présentant un intérêt particulier, dont le secteur d'approche de l'Espace Remarquable du bois de saint Gobain.*

Les orientations du SCoT se réfèrent au document valant Schéma de Mise en Valeur de la Mer (SMVM). Ce document communément nommé Volet Littoral et Maritime du Scot du Bassin de Thau décrit ses préconisations pour l'élaboration de Schémas Directeur de Gestion des Eaux Pluviales (SDGEP) des communes. Ce document ne comporte pas de réglementation spécifique concernant la gestion des eaux pluviales.

## **PARTIE 2**

## **ETUDES ANTERIEURES**

# 1

## HISTORIQUE DES ÉTUDES HYDRAULIQUES

Les problématiques hydrauliques du Cœur de Station on fait l'objet d'études hydrauliques depuis 2004. La plupart des études présentées ci-dessous ont été réalisées avec comme priorité de réduire le risque inondation au droit de la Presqu'île. Seule l'étude du SLGRI fait parties des études s'inscrivant dans les objectifs de la directive inondation, et s'étend sur les communes en bordure de l'étang de Thau.

Les études réalisées par le passé sont listées par ordre chronologique ci-dessous :

- Etude hydraulique : Inondation du centre-ville réalisée en 2004 par SIEE (aujourd'hui GRONTMIJ) ;
- Etude de devis pour l'installation d'un accélérateur de débit en 2006 et réalisé par l'entreprise Flygt SAS ;
- Etude de réaménagement du Cœur de Station comportant un volet hydraulique réalisé en 2013 par le bureau Ingérop ;
- L'élaboration d'un Schéma Directeur des Eaux Pluviales sur la commune de Balaruc-Les-Bains en 2015 par le bureau d'étude Citéo (anciennement Envéo Aménagement) ;
- L'élaboration de la Stratégie Locale de Gestion du Risque Inondation du Bassin de Thau par le Syndicat Mixte du Bassin de Thau et le bureau d'étude BRLi en 2019) ;
- Mission de maîtrise d'œuvre pour la désimperméabilisation des cours d'école qui a été débutée par le pôle paysage Ophrys du bureau d'étude Cereg en 2021 et qui est en cours de réalisation.

Chacun des chapitres suivants est consacré à la description d'une étude réalisée et des propositions hydrauliques associées.

### 1.1 Synthèse des études et des solutions proposées

#### 1.1.1 L'étude SIEE

Le rapport de cette étude n'a pas pu être récupéré, les informations la concernant sont donc issues du rapport de l'étude Citéo. De nombreuses propositions d'aménagement ont été formulées, certaines ont été abandonnées très tôt dans l'étude comme le recalibrage du réseau actuel et le stockage sous la place du Mail et du Marché. Les propositions retenues étaient les suivantes :

- La pose d'un collecteur supplémentaire sous l'avenue du port ;
- Un fonçage pour évacuer les eaux du réseau de l'avenue Raoul Bonnacaze vers la rue du stade et l'étang de Thau ;
- La rétention des apports amont dans une chaussée réservoir sous le parking derrière la mairie ;
- Le recalibrage de la partie du réseau en aval de la place du Mail.

Ces solutions n'ont pas été retenues, principalement du fait de leur coût d'investissement et d'entretien élevé. Il est noté également la faible efficacité des ouvrages, leurs contraintes d'exploitation, la présence de contraintes foncières et techniques importantes.

Les contraintes topographiques limitent l'implantation de nouveaux collecteurs ainsi que l'efficacité de la chaussée réservoir projetée dont le volume de rétention est limité. L'efficacité du recalibrage du réseau est limitée par le contrôle aval de l'étang, qui envahit le réseau quel que soit les diamètres des conduites.

### 1.1.2 Etude de Flygt SAS

De même que pour l'étude SIEE, le devis réalisé par l'entreprise Flygt SAS n'a pas pu être récupéré et seules les informations de l'étude Citéo décrivent les raisons pour lesquelles la solution proposée n'a pas été retenue. Il est expliqué qu'au vu des apports amont, l'accélérateur de débits ne parvient pas à lui seul à résoudre les désordres hydrauliques du Cœur de Station.

### 1.1.3 Etude Ingérop

En 2013, le bureau d'étude Ingérop a réalisé une notice hydraulique dans le cadre d'un projet de réaménagement d'un quartier de Balaruc-Les-Bains : le Cœur de Station. Le but de l'étude était la création de nouveaux immeubles et l'amélioration de la gestion des eaux pluviales.

L'étude décrit qu'en situation existante le quartier collecte des eaux d'un bassin versant de 21,7 ha. Sans mise en charge et sans contrôle aval, la capacité de l'exutoire du collecteur principal est estimée à 500 l/s, cette capacité est largement insuffisante comparée au débit décennal du bassin versant estimé à 3,1 m<sup>3</sup>/s dans l'étude de SIEE. Le coefficient de ruissellement du bassin est de 77% selon les études antérieures. En 1990, une étude a estimé qu'un volume de 6 600 m<sup>3</sup> d'eau ruisselait en surface pour un événement décennal.

Le projet de démolition et de reconstruction de bâtis entre la place du Mail et l'avenue des Thermes Athéna incluait la création d'un bassin de rétention enterré de 2 900 m<sup>3</sup> et d'une chaussée caniveau entre la rue Maurice Clavel et l'étang de Thau. Ce bassin permettrait de traiter les eaux d'une surface de 12 ha pour une pluie de période de retour allant de 1 à 2 ans. La vidange du bassin prévu est assurée par pompage. Une hauteur d'eau de 18 cm est acceptée pour le débit décennal sur la chaussée réservoir puisqu'elle n'atteint pas les trottoirs d'une vingtaine de centimètres.

En plus des contraintes foncières et financière, la chaussée caniveau suppose l'acheminement des eaux à travers l'ouverture de l'avenue des Thermes d'Athéna alors que cette voirie est située en remblais et constitue une protection naturelle contre la submersion marine. Cependant cette étude a été réalisée avant le porter à connaissance du SLRGI de 2021 sur le zonage de la submersion marine pour les événements exceptionnels, le nouveau zonage de submersion marine reprend quasi intégralement le secteur du Cœur de Station.

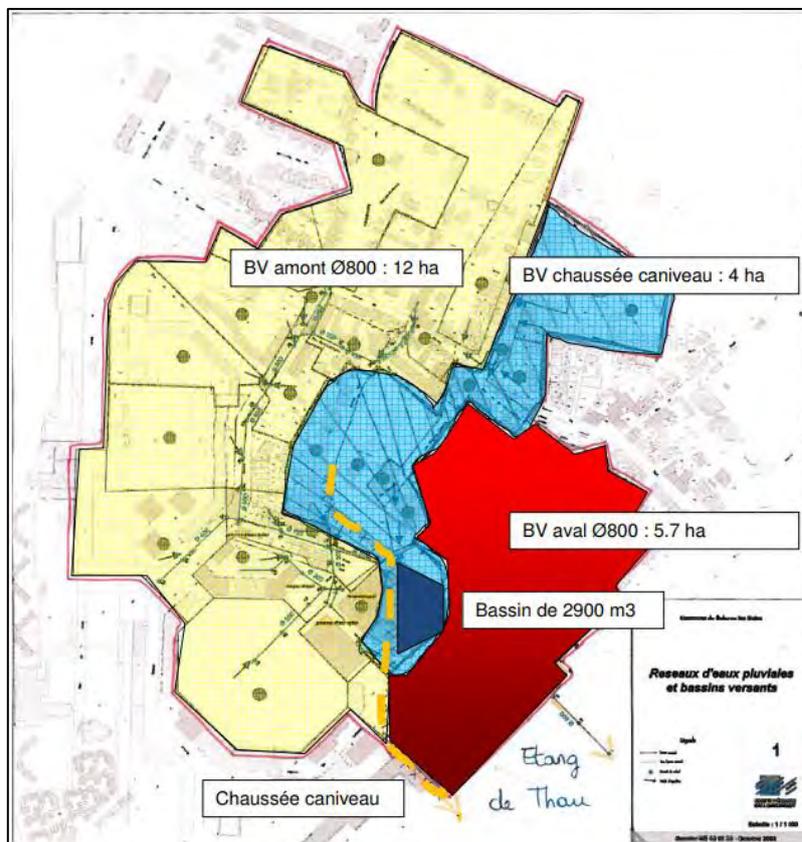


Illustration 12 : Plan des aménagements proposés par Ingérop  
(Source : Ingérop, 2013)

En conclusion, parmi les nombreuses raisons pour lesquelles le projet n'a pas abouti à la phase de réalisation, les trois suivantes sont primordiales :

- La nécessité de conventionner sous des bâtiments privés, d'accepter soit une mise en eau de la voirie soit un surcoût lié au stockage d'un plus grand volume ;
- L'entretien de la pompe de vidange du bassin ;
- La protection dont l'efficacité se limite à des événements courants de période de retour entre 1 et 2 ans.

## 1.1.4 Etude hydraulique du SDGEP

La commune de Balaruc-les-Bains souhaitait dans le cadre de son Schéma Directeur des eaux pluviales la réalisation d'un diagnostic, d'un programme de travaux et d'un zonage pluvial. Les phases I, II et III regroupent la campagne de mesures des éléments du réseau de collecte des eaux pluviales, une étude hydrologique et le diagnostic hydraulique via la modélisation de l'ensemble du réseau. Les phases IV et V se concentrent sur les scénarios d'aménagements proposés. Ce sont ces dernières phases qui feront l'objet de ce chapitre, à noter que le volet modélisation du réseau a été utile à l'élaboration du présent rapport et sera décrit dans la partie 3 et la partie 4. Les dernières phases VI, VII et VIII concernent l'élaboration du document de zonage pluvial et de sa réglementation.

Les deux solutions d'aménagement proposées sont la création d'un système de pompage proche de l'exutoire du collecteur principal, et le remblaiement des zones de stockage avec la création d'un second exutoire.

Le **système de pompage** imaginé renforcerait la capacité d'évacuation du collecteur principal. Installé en parallèle du réseau, ce dernier se mettrait en fonctionnement uniquement lorsque le collecteur principal serait en charge. Ce dispositif nécessite des travaux conséquents pour installer les différents éléments :

- Un poste de refoulement ;
- Une cuve enterrée de 200 m<sup>3</sup> ;
- Des surverses le long du collecteur principal et des cadres d'acheminement ;
- La suppression de la crête entre la place du Mail et le parking de l'école ;
- Des pompes suffisamment puissantes pour refouler les eaux vers l'étang ;
- Un système de séparation des eaux de « premier flot » vers le réseau des eaux usées pour leur traitement en station d'épuration.

Le projet de pompage avec un débit de 1 m<sup>3</sup>/s permet de supprimer les inondations dans le secteur du Cœur de Station jusqu'à l'occurrence quinquennale. Sans aménagement, le secteur de la place du Mail concentre une hauteur d'eau de 80 cm.

Le **rehaussement des zones de stockage basses** permet de mettre hors d'eau ces surfaces et permet d'envisager la **création d'un nouveau réseau d'évacuation** situé à une cote plus haute que le réseau existant. Le nouveau réseau se situerait entre la place du Mail et l'étang de Thau et longerait l'avenue Pastor. L'exutoire du nouveau réseau se trouverait au même niveau que l'existant, c'est-à-dire à -1,5 m NGF. Il est spécifié qu'une vanne martellière en sortie de ce réseau devra être installée pour éviter l'intrusion des eaux dans le réseau lorsque le niveau de l'étang est haut. A lui seul, le rehaussement du terrain naturel implique une augmentation de la ligne d'eau estimée grossièrement à 15 cm quelle que soit l'occurrence de la pluie.

L'impact de ces deux aménagements combinés permet d'annuler l'impact négatif du rehaussement du terrain (remblai) et entraîne une diminution de 25 cm de la ligne d'eau pour l'occurrence quinquennale. Il permet également de supprimer les problématiques de débordement du réseau pour les faibles occurrences. Avec cette solution la place du Mail reste tout de même inondée par les ruissellement provenant de l'amont dès l'occurrence biennale. Un second cadre de réseau en supplément de celui à créer a également été étudié. Il permettrait de réduire d'avantage les hauteurs d'eau jusqu'à l'occurrence vicennale.

Des aménagements complémentaires ont fait l'objet de sujets de discussions, mais leur impact sur les inondations est plus limité :

- Le dévoiement en amont ;
- L'obstruction des parties du réseau en connexion avec le secteur Obalia ;
- Reprise des angles droits que comporte le réseau pour diminuer les pertes de charges.

La figure ci-dessous illustre l'emplacement du nouvel exutoire envisagé.

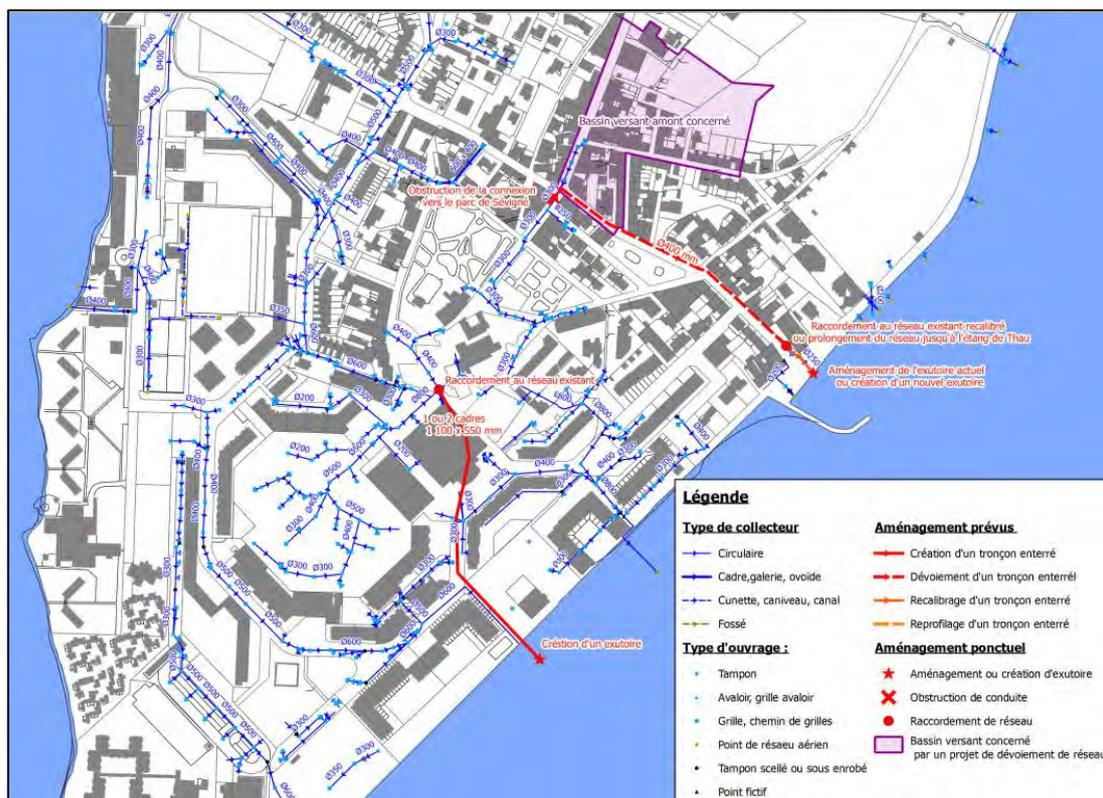


Illustration 13 : Plan des aménagements proposés par Citéo  
(Source : Citéo, 2015)

En conclusion, le projet de pompage est celui qui produit le plus d'amélioration, mais s'accompagne également de fortes contraintes en termes de mise en place et d'entretien. Le projet de création de réseau induit des améliorations moindres sur la place du Mail mais réduit les débordements. Le chiffrage de l'aménagement de la pompe est situé entre 2,7 et

3,5 M€ et le chiffrage du nouveau réseau s'élève à 1,2 M€ pour une conduite simple et 1,9 M€ pour deux conduites.

### 1.1.5 Etude hydraulique du SLGRI

La Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondations du bassin de Thau (SLGRI) répond aux objectifs de la directive inondation adoptée en 2007. Le périmètre d'étude correspond au bassin versant de la Lagune de Thau, et concerne trois types d'aléas sources d'inondations : le débordement de cours d'eau, le ruissellement urbain et la submersion marine. La Stratégie Locale a été approuvée par le préfet de l'Hérault le 4 juillet 2017. L'étude a été réalisée par le bureau d'étude BRLi et la SMBT, en collaboration pour les phases de diagnostic, de modélisation et de définition de l'aléa. L'étude a été menée au niveau du risque inondation par débordement de cours d'eau et par submersion marine.

Les objectifs de la SLGRI se concentrent sur la définition de la vulnérabilité des enjeux exposés aux inondations sur le bassin de Thau. Les études dans le cadre de la SLGRI se déclinent en quatre phases qui étudient d'une part les crues fluviales, et d'autre part les crues marines :

- Phase 1 : Diagnostic approfondi des données et des études existantes
- Phase 2 : Modélisation des processus de ruissellement ruraux et urbains, de débordement de cours d'eau et de submersion marine
- Phase 3 : Cartographie de l'aléa inondation par ruissellement et par submersion marine
- Phase 4 : Diagnostic de vulnérabilité aux inondations et élaboration d'un plan de réduction (diagnostic de vulnérabilité du territoire, évaluation des dommages, établissement d'une stratégie de réduction de la vulnérabilité).

La note méthodologique relative aux modélisations du ruissellement de cours d'eau sur 5 secteurs autour de l'étang de Thau, rédigée par BRLi, détaille la méthodologie utilisée pour les modélisations et les cartographies des ruissellements et débordements de cours d'eau. De même le rapport « Vigi Thau – module de submersion marine » explique la méthode employée pour la modélisation dynamique des processus de submersion marine. Ces études ont servi au calage de la modélisation de la présente étude du fait de leur réalisation récente et du format bidimensionnels des résultats.

La phase de diagnostic de vulnérabilité a été effectuée par le bureau d'étude Egis. Cette phase comporte un plan de réduction avec 23 pistes d'améliorations générales. Les actions prioritaires regroupent des mesures de mise en sécurité des riverains, de réduction de la vulnérabilité des établissements sensibles (rôle de gestion de crise, camping, infrastructures polluantes ...), de protection des équipements électriques, de réduction du risque d'embâcles, de diagnostic de la vulnérabilité du réseau routier, de définition du risque, etc. Dans les actions évoquées par la commune de Balaruc-Les-Bains une étude des solutions techniques pour réduire les enjeux sur le secteur du Cœur de Station est notée.

## 1.1.6 Synthèse de l'étude de désimperméabilisation

Les études préalables pour la désimperméabilisation des cours des écoles de la commune sont en cours depuis 2021. Elles sont réalisées par le bureau de concepteur de paysage Ophrys. Deux des écoles concernées se situent au droit du secteur du Cœur de Station : l'école primaire le Petit Prince et l'école maternelle George Sand. Les scénarios proposés projettent une désimperméabilisation partielle ou totale des cours de récréation. La plantation arbustive et le remplacement des zones d'enrobés existantes par des matériaux perméables (revêtement poreux, mulch, zone enherbée, gravier, etc) font partie des propositions paysagères étudiées.



Illustration 14 : Plan de l'école primaire du Petit Prince en situation existante et projetée  
(Source : Ophrys, 2021)



Illustration 15 : Plan de l'école primaire George Sand en situation existante et projetée  
(Source : Ophrys, 2021)

## 2

## SYNTHÈSE

Les solutions proposées dans les études antérieures sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Date	Etude	Rédacteur	Propositions	Etat
2004	Etude hydraulique « Inondation du centre-ville »	<b>GRONTMIJ (anciennement SIEE)</b>	Ajout d'un collecteur sous l'avenue du port Fonçage pour la création d'un nouvel exutoire vers la rue du stade Chaussée réservoir sous le parking de la mairie Recalibrage du réseau en aval de la place du Mail	Aménagements non réalisés
2006	Devis pour un accélérateur de débit	<b>Flygt SAS</b>	Installation d'un accélérateur de débit dans le collecteur principal du réseau pluvial	Aménagements non réalisés
2013	Etude hydraulique du réaménagement du Cœur de Station	<b>Ingérop</b>	Création d'une chaussée caniveau avec rejet dans l'étang Création d'un bassin de rétention (vidange par pompage)	Aménagements non réalisés
2015	Opération Cœur de Station : Diagnostic du réseau pluvial	<b>Citéo (anciennement Envéo Aménagement)</b>	Création d'un dispositif de pompage des eaux pluviales Suppression des zones de stockage (en rehaussant la place du Mail et le parking de l'école à 1,3 m NGF) Création d'un second réseau d'évacuation	Aménagements non réalisés
2019	SLGRI du bassin de Thau	<b>BRLi et SMBT (Egis pour la partie diagnostic de vulnérabilité)</b>	Mesures non ciblées sur le Cœur de Station	N/A
2021	Mission de maîtrise d'œuvre et d'études préalables pour la désimpermeabilisation des cours d'écoule (Stade AVP)	<b>Ophrys (pôle paysage de Cereg)</b>	Désimpermeabilisation des cours d'école	En cours

Tableau 2 : Synthèse des études antérieures

Malgré la multitude de solutions techniques proposées par le passé, peu ont pu être mises en œuvre sur le territoire de la Presqu'île. Pour la majeure partie des solutions, l'investissement financier était trop élevé pour la commune de Balaruc-Les-Bains, en considérant les faibles gains en termes d'impacts hydrauliques. En effet, il ne ressort des études antérieures aucune solution simple et pertinente financièrement pour améliorer le fonctionnement du réseau de collecte des eaux pluviales et l'impossibilité de supprimer totalement le risque inondation dans le Cœur de Station.

Le Cœur de Station est aussi un espace fortement urbanisé, l'implantation des solutions techniques doit se plier à des contraintes foncières importantes. Le quartier est composé d'espaces publics et privés.

Les équipements et les ouvrages tel que les bassins de rétention enterrés et les systèmes de pompage, nécessitent tout au long de leur fonctionnement un entretien important pour pouvoir fonctionner correctement. Cette contrainte d'exploitation réduit aussi la pérennité de ce type d'ouvrage.

Finalement, le secteur présente une multitude de phénomènes hydrauliques à l'origine d'inondations tel que le ruissellement, l'insuffisance du réseau, la submersion marine, les remontées de nappe... Certaines des solutions proposées pour améliorer le risque lié au ruissellement pluvial présentaient un risque d'aggravation pour le risque d'inondation par submersion marine. Par exemple, la création de nouveaux exutoires du réseau de collecte des eaux pluviales peut améliorer l'évacuation des eaux du Cœur de Station, mais aussi créer un nouveau passage d'infiltration des eaux de l'étang dans le quartier.

La présente étude a pour objectif de modéliser les ruissellements de surface pour caractériser le risque inondation pour différentes occurrences et pouvoir élaborer des scénarios urbains résilients vis-à-vis du risque inondation. La compréhension fine des écoulements permet d'identifier les solutions possibles et plus particulièrement les solutions de gestion des eaux pluviales alternatives.

## **PARTIE 3**

## **ETUDE HYDROLOGIQUE**

## CONTEXTE ET MÉTHODOLOGIE

### 1.1 Généralités

Cette phase de l'étude consiste à simuler le fonctionnement hydrologique du bassin versant intercepté par le Cœur de Station. **L'objectif est d'établir les hydrogrammes de projet (évolution du débit en fonction du temps), et ce pour les pluies statistiques d'occurrence 2, 5, 10 et 100 ans.** Ces hydrogrammes sont construits à partir de **hyétogrammes** de projet (évolution de la pluie en fonction du temps).

Comme le présente le diagramme suivant, la modélisation hydrologique est constituée des étapes suivantes :

- La délimitation des bassins versants et leurs caractérisations (dimensions, pentes, nature du sol et du sous-sol, végétation, etc.) ;
- L'estimation du débit de pointe du bassin versant à partir de la méthode rationnelle ;
- La construction de l'hydrogrammes à l'aide de la méthode du simple réservoir linéaire pour les crues d'occurrence 2, 5, 10 et 100 ans.

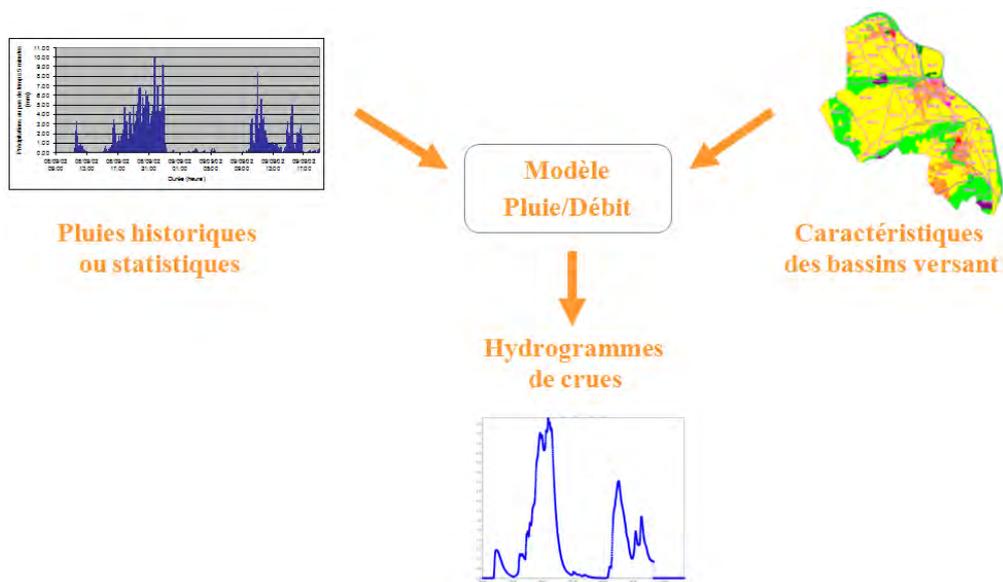


Illustration 16 : Principales étapes d'une étude hydrologique (Source : AquaGeoSphere)

## 1.2 Réseau hydrographique

### 1.2.1 Ruissellement de surface

Le bassin versant capté par le secteur du Cœur de Station et son réseau pluvial ont été délimités précisément dans l'étude hydraulique réalisée dans le cadre du Schéma Directeur des Eaux Pluviales (SDGEP). Selon cette étude les eaux pluviales ruissellent presque exclusivement vers l'étang de Thau. L'étang de Thau est une lagune d'environ 7 500 ha. C'est un milieu très sensible à la pollution et qui se situe dans différents zonages de protection (SDAGE, SAGE, Natura 200, etc).

Le bassin versant P18 collecte les eaux d'une surface de 33 ha. C'est un bassin versant fortement urbanisé. Une partie du bassin versant se situe en dehors du découpage basé sur le terrain naturel, mais se retrouve incluse au découpage du bassin versant car les eaux ruisselant sur cette zone rejoignent le périmètre de l'étude via le réseau.

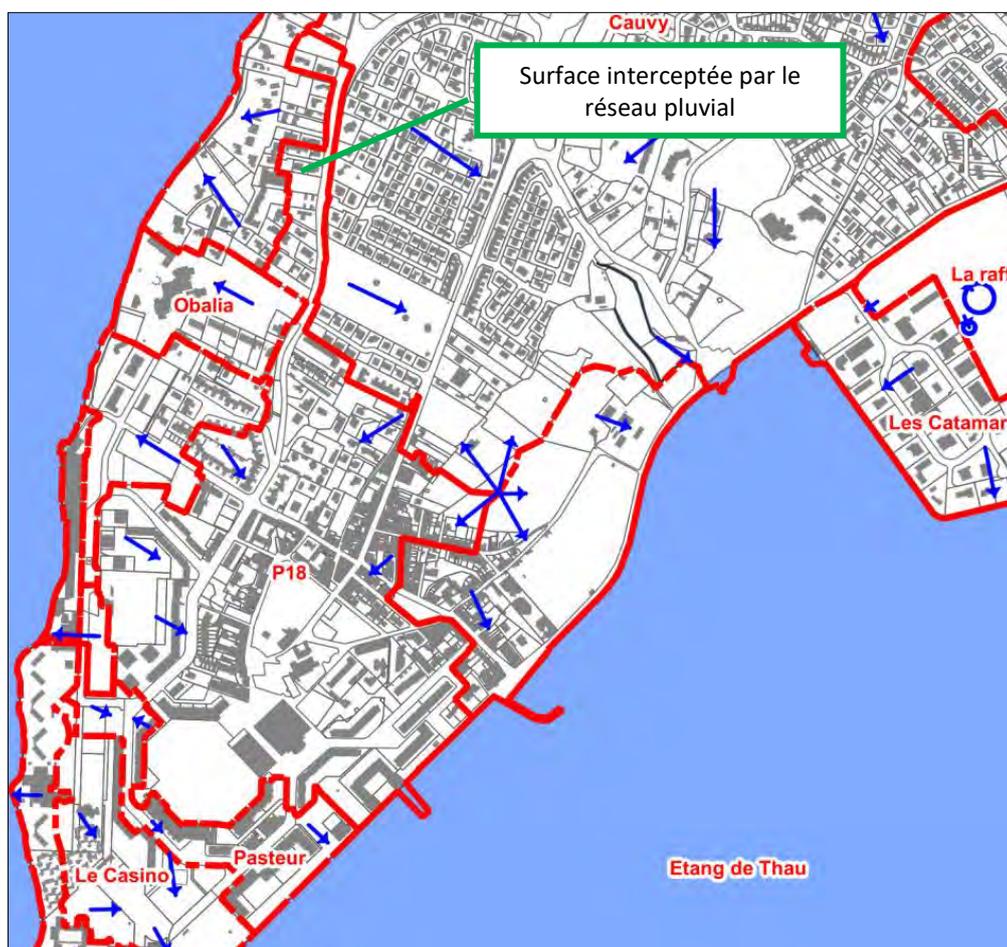


Illustration 17 : Bassin versant du Cœur de Station P18  
(Source : SDGEP Phase I, Citéo (/Envéo Aménagement), 2015)

## 1.2.2 Réseau pluvial

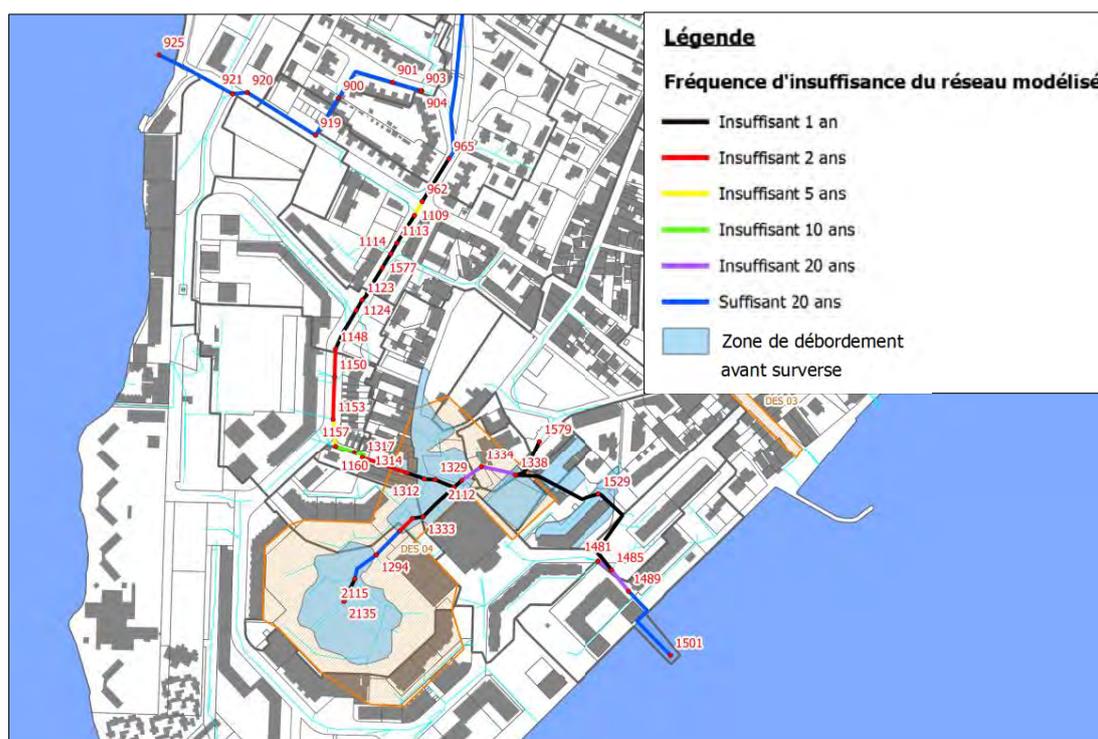
Une campagne de reconnaissance du réseau pluvial de la commune a été réalisée dans le cadre de la phase 1 (Etat des lieux de l'assainissement pluvial) du Schéma Directeur de Gestion des Eaux Pluviales (SDGEP) par le bureau d'études Citéo (anciennement Envéo Aménagement) en 2015. Le réseau pluvial de Balaruc-Les-Bains est séparatif, cela signifie que le réseau collecte uniquement les eaux de ruissellement de surface. La figure ci-dessous illustre le réseau de collecte des eaux pluviales au droit de la Presqu'île. L'exutoire du collecteur principal se trouve au niveau de l'étang de Thau à -1,5 mNGF.



**Illustration 18 : Lever du réseau de collecte des eaux pluviales  
(Source : SDGEP Phase I, Citéo (/Envéo Aménagement), 2015)**

Le repérage exhaustif réalisé par Citéo a permis de vérifier le linéaire, le diamètre des conduites, les fils d'eau, les caractéristiques de regards et les ouvrages de rétentions existants. Les données relatives au réseau utilisées dans la présente étude proviennent des documents SIG construits en parallèle de ce relevé.

Au niveau de la Presqu'île, de nombreux ouvrages sont en charge du fait des remontées d'eaux de l'étang, de problèmes d'obstruction liés aux dépôts, de la présence de contre-pentes et d'anomalies structurelles du réseau. Au moment de l'étude en 2015, 50% du réseau était insuffisant dès l'occurrence annuelle. Des désordres qualitatifs ont également pu être observés avec des interconnexions entre les réseaux des eaux usées et pluviales. Selon la mairie de la commune, ces désordres ont pu être rectifiés depuis la réalisation de l'étude.



**Illustration 19 : Diagnostic de la capacité du collecteur principal**  
(Source : SDGEP Citéo (/Envéo Aménagement), 2015)

Les principaux points de débordements se situent au niveau du Parc Charles de Gaulle, de la Place du Mail, de la cours de l'école Petit Prince et du parking des résidences privées Altaïr.

## 1.3 Relief

Les données topographiques exploitées dans le cadre de cette étude sont principalement issues de levés LIDAR (RGE ALTI 1m). Le RGE ALTI 1m est un modèle numérique de terrain (MNT) constitué par l'IGN qui a pour vocation la description du relief français au pas de 1 m.

La topographie du bassin versant localisé au droit du secteur Cœur de Station est caractérisée par des cotes basses se situant entre 0,5 et 4 mNGF. Ce secteur intercepte les eaux provenant du Puech d'Ay (colline). Les pentes d'écoulement y sont douces (1 à 4%).

Plusieurs points bas du bassin versant se situent au centre de la Presqu'île à une altitude de :

- 0,75 mNGF pour le parc Charles de Gaulles
- 1,15 mNGF pour la place du Mail
- 0,55 mNGF pour le Parking de l'école
- 0,7 mNGF pour la cours de l'école
- 1,0 mNGF pour le parking résidence Altaïr

Les points culminants du bassin sont localisés au niveau des deux collines socles rocheux de part et d'autre de la partie nord. A l'ouest, le point culminant est atteint au niveau de l'allée des sources à une altitude de 10 mNGF. A l'est du bassin, l'altitude maximale est de 20 mNGF au niveau du Puech d'Ay.

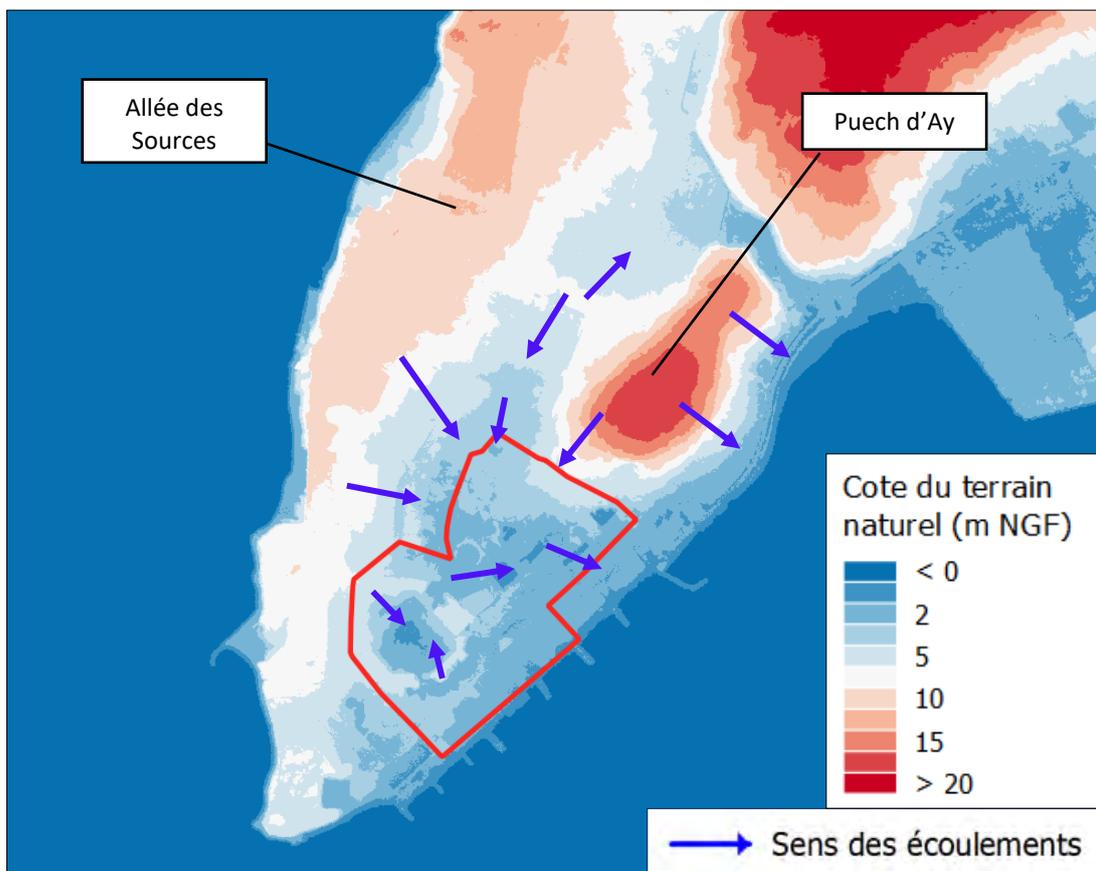


Illustration 20 : Sens des écoulements au droit du Cœur de Station

## 1.4 Délimitation du bassin et des sous bassins considérés

Dans le cadre du projet, l'étude hydrologique est réalisée à l'échelle du bassin versant intercepté par le Cœur de Station et son réseau pluvial.

Le bureau d'étude Citéo a découpé le secteur P18 en sous bassins versants pour la réalisation de la modélisation du réseau pluvial sous SWMM. Le découpage a été réalisé à l'issue de la reconnaissance du terrain. Cette étude a également permis d'estimer pour chaque sous-bassin sa longueur, sa pente et son coefficient d'imperméabilisation. La capacité de ruissellement de chaque sous-bassin a été affinée par le calage du modèle.

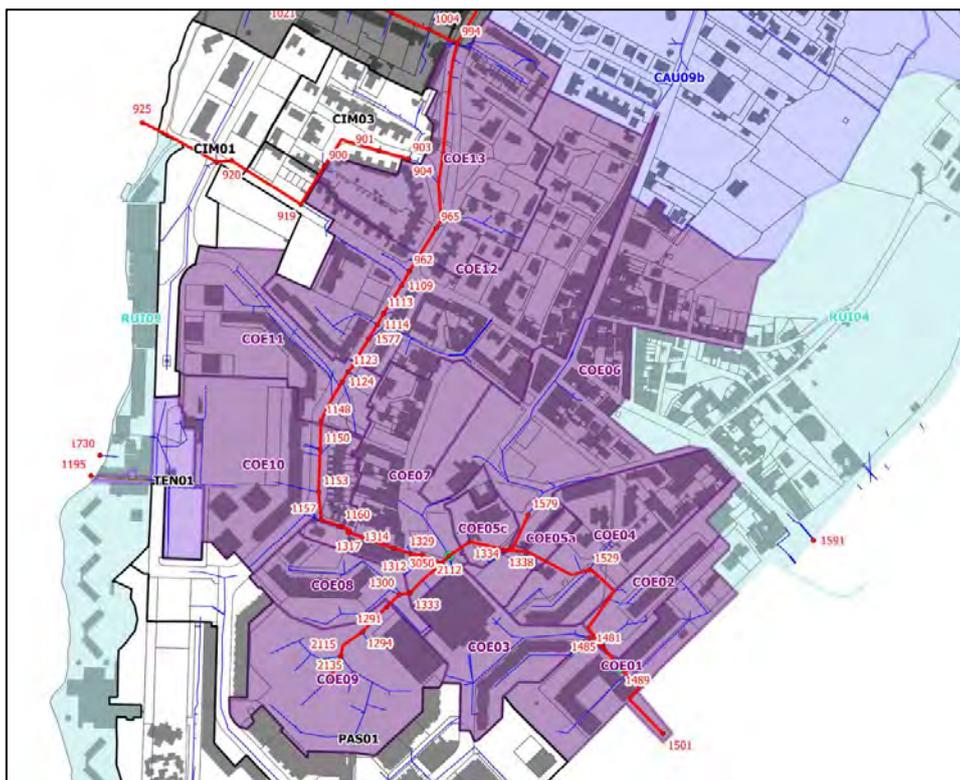


Illustration 21 : Sous-bassins versants du P18 (Source : SDGEP Phase I, Citéo (/Envéo Aménagement), 2015)

Dans le cadre de l'étude, les sous-bassins de l'étude de Citéo ont été fusionnés afin de simplifier le fonctionnement hydrologique de la zone d'étude et d'obtenir des sous-bassins versants dont le contour correspond aux axes d'écoulements principaux selon l'analyse de la topographie du secteur. Ceci permet également de faire coïncider les limites de bassins versants avec le collecteur principal du réseau pluvial. Les délimitations des cinq sous-bassins sont présentées dans la figure à la page suivante.

Le bassin versant réellement intercepté par le Coeru de Station diffère du bassin versant délimité par l'analyse de la topographie du site du fait de la présence du réseau. Les eaux pluviales de la partie située au nord-ouest de la Presqu'île (CIM01 et CIM03) sont notamment acheminées vers l'étang à l'ouest et non vers le Cœur de Station.

Les bassins illustrent les écoulements provenant de cinq directions différentes et rejoignant le collecteur principal. A noter que le bassin versant Est intercepte les eaux provenant d'une partie de la colline Puech d'Ail, le bassin sud-ouest intercepte les eaux du parc Charles de Gaulles et le bassin versant sud collecte la partie la plus en aval du bassin versant total.

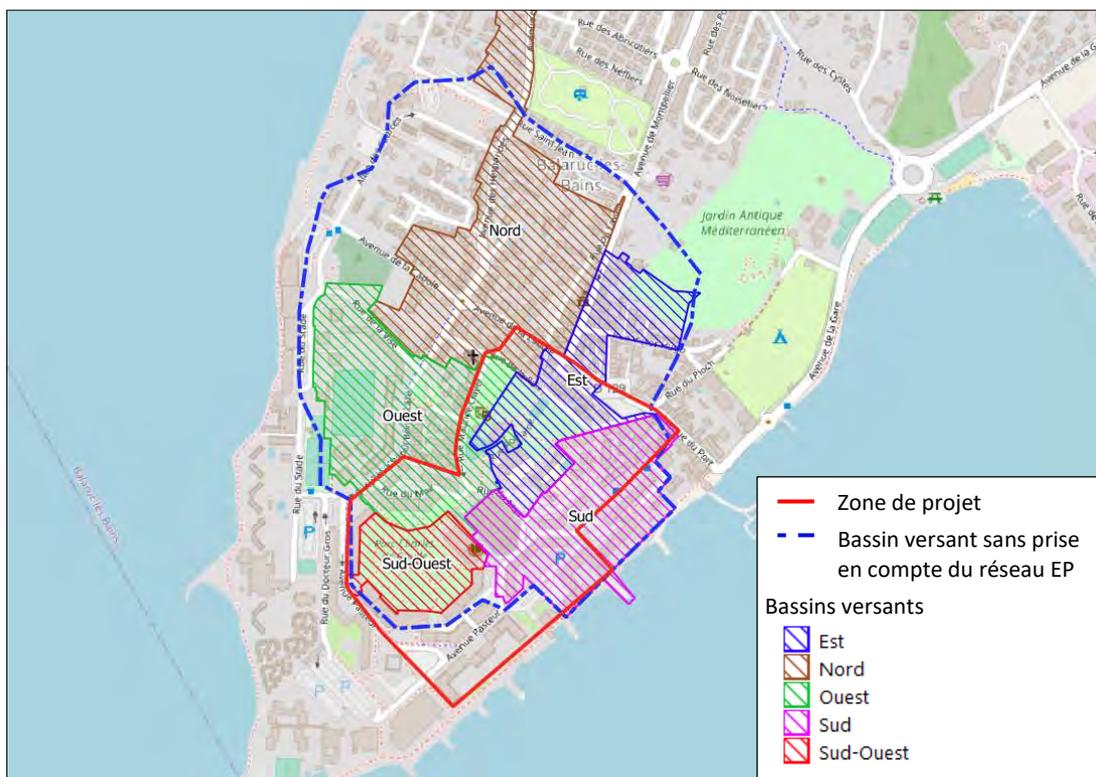


Illustration 22 : Sous-bassins versants du Cœur de Station

Le tableau ci-dessous indique la répartition des sous-bassins versants considérés en comparaison de ceux de l'étude de 2015.

BV de l'étude	BV de l'étude Citéo (/Envéo)	Surface (ha)	Cheminement hydraulique le plus long (m)	Pente moyenne (%)
Nord	OBA02, COE12, COE13	11,16	824	0,9
Est	COE05a, COE05b, COE05c, COE06	5,30	467	1
Ouest	COE07, COE08, COE10, COE11	8,12	438	1,4
Sud	COE01, COE02, COE03, COE04	5,95	235	1,3
Sud-ouest	COE09	2,46	105	2,8

Tableau 3 : Caractéristiques des sous bassins versants constitutifs du bassin hydrographique amont du Cœur de Station

## 1.5 Occupation du sol

Le bassin versant localisé en amont de la zone d'étude se caractérise par une forte activité urbaine qui représente près de 69% de sa superficie. Les espaces naturels représentent 31% de la superficie totale. Ils sont principalement situés au niveau des parcs et du bord de mer. La couche d'occupation des sols utilisée dans le cadre de cette étude provient de la couche BD OCS GE date de 2015. Elle provient d'une base de données mise à disposition par le gouvernement sur le département de l'Hérault, et élaborée par le CEREMA.

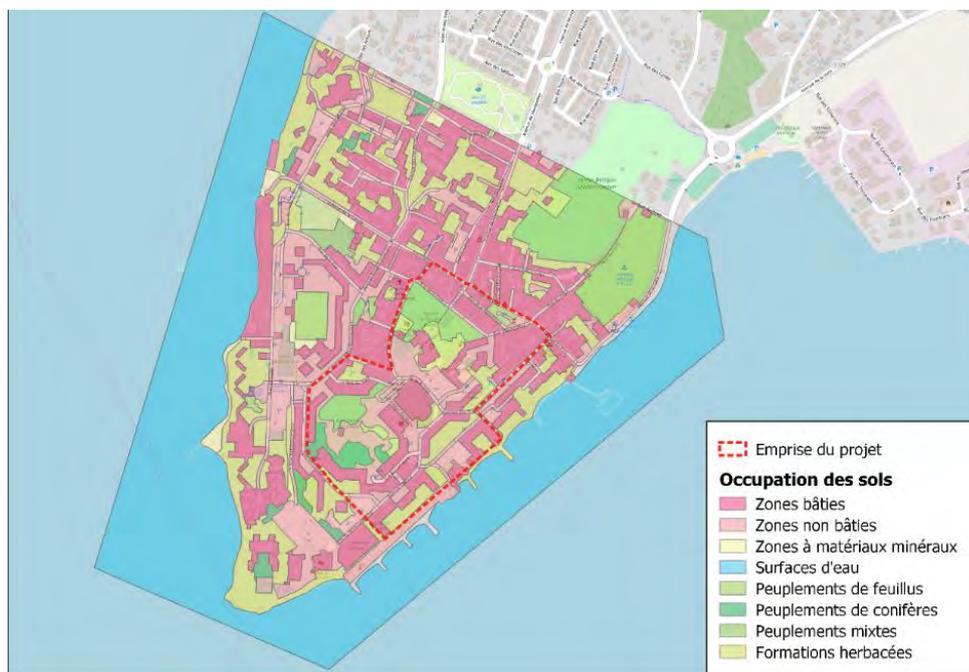


Illustration 23 : Carte d'occupation des sols du bassin versant amont du Cœur de Station  
(Source : BD OCS GE, 2015)

La répartition des affectations par sous-bassins versants constitutifs du bassin global est reprise dans le tableau suivant. Les différents types de « peuplement » et les « formations herbacées » sont regroupés sous l'appellation « Espaces verts ».

Sous-bassin	Surfaces (ha)				
	Zones non bâties	Zones bâties	Zones à matériaux minéraux	Espaces verts	Total
Nord	2,64	5,05	0,03	3,47	11,18
Est	1,16	1,97	0,00	2,17	5,30
Ouest	3,32	2,67	0,14	1,98	8,12
Sud	1,74	2,72	0,00	1,44	5,90
Sud-ouest	1,07	0,25	0,00	1,14	2,46
<b>Total</b>	<b>9,93</b>	<b>12,66</b>	<b>0,17</b>	<b>10,20</b>	<b>32,96</b>

Tableau 4 : Caractéristiques d'occupation des sols des sous-bassins versants considérés dans le cadre de l'étude

## 2

### ESTIMATION DES DEBITS

#### 2.1 Méthode rationnelle

Les débits de pointe ont été estimés selon la méthode rationnelle. Cette méthode se base sur l'hypothèse d'une pluie uniforme et constante dans le temps et permet d'estimer un débit instantané maximal atteint lorsque l'ensemble du bassin versant contribue à ce débit. La fonction de transfert permettant de passer de la pluie au débit de pointe se base sur l'intensité de la pluie, la surface du bassin versant d'apport et le coefficient de ruissellement.

$$Q = Cr * I * A/3,6$$

- Q en m<sup>3</sup>/s : Débit de pointe à l'exutoire du bassin versant atteint lorsque l'ensemble du bassin versant est actif ;
- Cr : coefficient de ruissellement du bassin versant, correspondant à la moyenne pondérée des coefficients de ruissellements selon l'occupation des sols ;
- I en mm/h : Intensité de la pluie constante pendant une durée égale au temps de concentration du bassin versant ;
- A en km<sup>2</sup> : surface du bassin versant considéré.

#### 2.2 Répartition des surfaces et coefficients de ruissellement

En situation existante, la surface totale (17 ha) de l'emprise du projet est couverte par un environnement majoritairement urbain et présentant une pente en moyenne inférieure à 1%. La zone la plus pentue est située au niveau du versant du Puech d'Ay et reste inférieure à 5%. La surface du bassin versant amont (16 ha) au projet est aussi composée d'une zone urbaine dense.

Pour des pluies d'occurrences inférieures à 10 ans, le coefficient de ruissellement attribué aux surfaces imperméabilisées (toitures, voiries) est 0,9. Pour les espaces verts (sols perméables avec végétation), un coefficient de ruissellement de 0,30 est choisi. Un coefficient de ruissellement de 0,60 est retenu pour les zones résidentielles.

La répartition des surfaces en situation existante de l'emprise du projet et du bassin versant amont sont résumés dans le tableau ci-après.

Situation Existante			Surface d'occupation du sol
BV nord	Surface (m <sup>2</sup> )	Parking, voiries	26 396
		Espaces verts	34 661
		Résidentiel lotissement	50 455
		Résidentiel habitat dispersé	265
BV est	Surface (m <sup>2</sup> )	Parking, voiries	11 601
		Espaces verts	21 744
		Résidentiel lotissement	19 664
		Résidentiel habitat dispersé	0
BV ouest	Surface (m <sup>2</sup> )	Parking, voiries	33 210
		Espaces verts	19 814
		Résidentiel lotissement	26 721
		Résidentiel habitat dispersé	1 443
BV sud	Surface (m <sup>2</sup> )	Parking, voiries	17 432
		Espaces verts	14 383
		Résidentiel lotissement	27 213
		Résidentiel habitat dispersé	0
BV sud-ouest	Surface (m <sup>2</sup> )	Parking, voiries	10 676
		Espaces verts	11 427
		Résidentiel lotissement	2 522
		Résidentiel habitat dispersé	0

Tableau 5 : Répartition des surfaces des sous bassins versant du Cœur de Station en situation existante

Les coefficients de ruissellement en situation non aménagée de l'emprise du projet et de son bassin versant amont sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Situation existante		Cr	Situation existante		Cr
<b>BV nord</b>	Cr 2 à 10 ans	0,58	<b>BV sud</b>	Cr 2 à 10 ans	0,62
	Cr 20 ans	0,62		Cr 20 ans	0,66
	Cr 30 ans	0,65		Cr 30 ans	0,67
	Cr 50 ans	0,67		Cr 50 ans	0,70
	Cr 100 ans	0,70		Cr 100 ans	0,72
<b>BV est</b>	Cr 2 à 10 ans	0,54	<b>BV sud-ouest</b>	Cr 2 à 10 ans	0,59
	Cr 20 ans	0,60		Cr 20 ans	0,64
	Cr 30 ans	0,62		Cr 30 ans	0,66
	Cr 50 ans	0,65		Cr 50 ans	0,69
	Cr 100 ans	0,68		Cr 100 ans	0,71
<b>BV ouest</b>	Cr 2 à 10 ans	0,65			
	Cr 20 ans	0,69			
	Cr 30 ans	0,70			
	Cr 50 ans	0,72			
	Cr 100 ans	0,74			

**Tableau 6 : Calcul des coefficients de ruissellement des sous bassins versants du Cœur de Station en situation existante**

## 2.3 Pluviométrie statistique

L'intensité de la pluie est calculée à partir des coefficients de Montana fournis par Météo-France à la station de Montpellier pour différentes périodes de retour et durées de pluies :

$$H(t) = a \times t^{1-b} \quad \text{et} \quad I(t) = H / t \times 60$$

Avec :

- **H** (mm) : hauteur de la pluie pendant une durée égale au temps de concentration du bassin versant pour une pluie d'occurrence donnée ;
- **I** (mm/h) : intensité de la pluie pendant une durée égale au temps de concentration du bassin versant pour une pluie d'occurrence donnée ;
- **t** (h) : Durée de l'événement pluvieux intense correspondant au temps de concentration du bassin versant ;
- **a** et **b** : Coefficients de Montana locaux ;
- **T** (années) : période de retour de l'événement considéré.

Généralement, l'intensité pluviométrique est déterminée pour une pluie dont la durée de l'événement intense équivaut au temps de concentration du bassin versant considéré.

Le temps de concentration  $T_c$  correspond à la durée que met la goutte d'eau tombée au point le plus éloigné du bassin versant pour parvenir à l'exutoire du bassin étudié. La connaissance de ce temps de concentration est nécessaire à l'estimation des débits de pointe par les méthodes déterministes, du type méthode rationnelle et leurs déclinaisons régionales.

Le temps de concentration du bassin versant est calculé selon plusieurs méthodes, le temps de concentration retenu est la moyenne des différents résultats obtenus.

Bassin Versant	Longueur (m)	Point haut (mNGF)	Point bas (m NGF)	Pente (%)	Superficie (m <sup>2</sup> )
BV nord	824	12,1	1,8	0,9	111 570
BV est	467	18,9	0,7	3,9	53 000
BV ouest	438	7,7	1,7	1,4	81 160
BV sud	235	3,4	1,1	1,0	59 500
BV sud-ouest	105	3,8	0,9	2,8	24 630

Tableau 7 : Caractéristiques des bassins versants drainés par le projet

Bassin Versant	Formule PASSINI	Formule VENTURA	Formule KIRPICH	Formule BRESSAND-GOLOSSOV	MOYENNE
BV nord	26,1 min	22,8 min	18,5 min	15,4 min	21 min
BV est	9,6 min	8,9 min	7,7 min	8,7 min	9 min
BV ouest	18,3 min	18,6 min	11,0 min	8,2 min	14 min
BV sud	15,6 min	18,6 min	7,7 min	4,4 min	12 min
BV sud-ouest	5,3 min	7,1 min	2,8 min	2,0 min	4 min

**Tableau 8 : Temps de concentration calculés selon différentes formules**

Le temps de concentration estimé pour le bassin versant sud-ouest étant inférieur à 6 min, l'intensité pluviométrique sera calculée pour une pluie d'une durée de 6 minutes, ce qui correspond au pas de temps le plus faible des données fournies par Météo-France.

Occurrence		2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans
Coefficients de Montana (6 min - 2h)	a	5,929	4,881	5,0994	5,1932	5,174	5,119	4,993
	b	0,541	0,439	0,399	0,359	0,334	0,303	0,261
Intensité calculée sur une durée de 6 minutes (mm/h) pour le <b>BV nord</b>		68,5	76,9	90,8	104,4	112,3	122,1	135,3
Intensité calculée sur une durée de 6 minutes (mm/h) pour le <b>BV est</b>		108,4	111,6	127,3	141,6	149,0	157,8	168,8
Intensité calculée sur une durée de 6 minutes (mm/h) pour le <b>BV ouest</b>		85,3	91,9	106,7	120,8	128,6	138,1	150,4
Intensité calculée sur une durée de 6 minutes (mm/h) pour le <b>BV sud</b>		92,7	98,4	113,5	127,7	135,4	144,7	156,6
Intensité calculée sur une durée de 6 minutes (mm/h) pour le <b>BV sud-ouest</b>		134,9	133,4	149,7	163,8	170,6	178,5	187,7

**Tableau 9 : Intensités pluviométriques calculées pour des pluies biennale à centennale de durées 6 minutes à partir des coefficients de Montana à la station de Montpellier (Source : Météo-France, 2021)**

## 2.4 Débits de pointe

Les débits de pointe sont calculés en situation existante pour des événements pluvieux d'occurrence 2, 5, 10, 20, 30, 50 et 100 ans, respectivement.

	Débit (m <sup>3</sup> /s)						
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	30 ans	50 ans	100 ans
Bassin versant nord en situation existante (11,2 ha)	1,229	1,381	1,629	2,024	2,251	2,539	2,925
Bassin versant est en situation existante (5,3 ha)	0,866	0,892	1,017	1,241	1,360	1,504	1,683
Bassin versant ouest en situation existante (8,1 ha)	1,250	1,347	1,563	1,868	2,037	2,245	2,516
Bassin versant sud en situation existante (5,9 ha)	0,936	0,993	1,146	1,373	1,497	1,650	1,845
Bassin versant sud-ouest en situation existante (2,5 ha)	0,545	0,539	0,605	0,715	0,771	0,837	0,914
Bassin versant total en situation existante (33,0 ha)	2,759	3,283	3,963	5,004	5,631	6,446	7,582

Tableau 10 : Débits de pointe calculés pour des temps de retour de 2, 5, 10, 20, 30, 50 et 100 ans

L'étude réalisée par Citéo en 2015 dans le cadre du Schéma Directeur de Gestion des Eaux Pluviales (SDGEP) a permis de sectoriser la commune en sous bassins versants et de modéliser les écoulements pour les événements d'occurrences 1, 2, 5, 10 et 20 ans.

Les débits totaux sont comparés avec la somme des débits des sous bassins définis par Citéo qui compose chaque sous bassin de l'étude. Le tableau ci-dessous compare les débits de cette étude avec les débits actualisés de la présente étude :

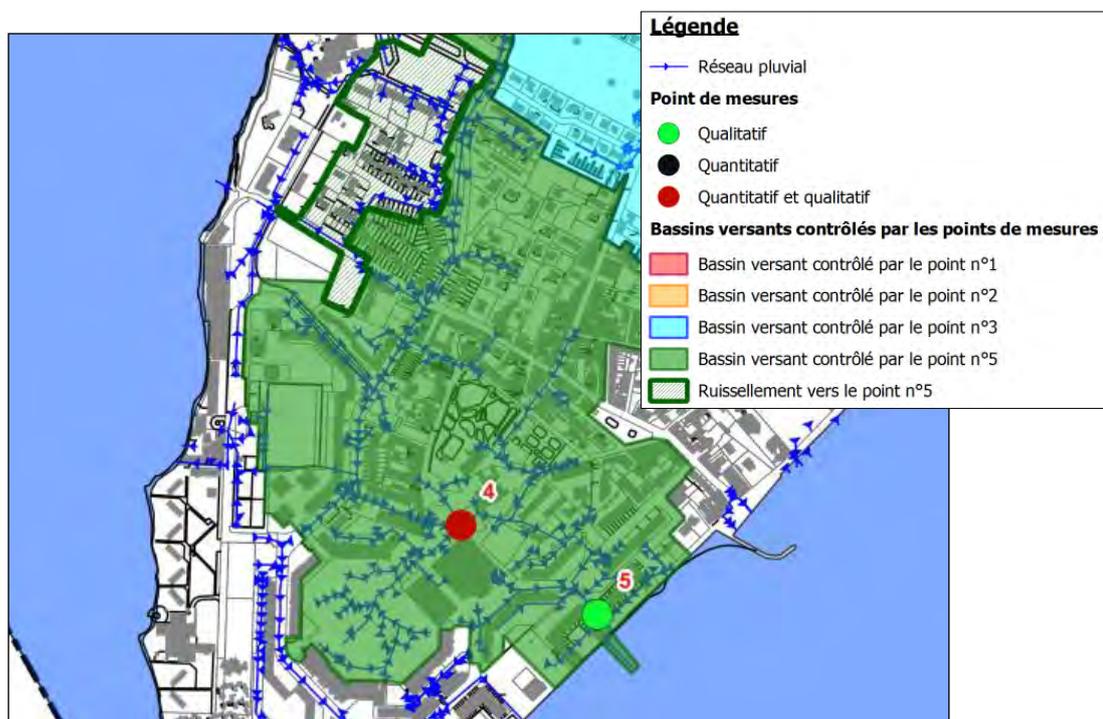
	Débit Citéo	Débit modélisé	Ecart (%)
Débit biennale (Q2)	2,23 m <sup>3</sup> /s	4,83 m <sup>3</sup> /s	116
Débit quinquennal (Q5)	3,42 m <sup>3</sup> /s	5,15 m <sup>3</sup> /s	51
Débit décennal (Q10)	4,74 m <sup>3</sup> /s	5,96 m <sup>3</sup> /s	26
Débit vicennal (Q20)	6,31 m <sup>3</sup> /s	7,22 m <sup>3</sup> /s	14

Tableau 11 : Comparaison des débits modélisés par Citéo Ingénierie avec les débits calculés par la méthode rationnelle dans le cadre de l'étude

Cette précédente modélisation hydrologique a été réalisée avec la méthode rationnelle qui est bien plus sécuritaire que les résultats obtenus sous le logiciel PCSWMM utilisé par Citéo. Les coefficients de Montana tendent également à augmenter les débits, du fait de l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes.

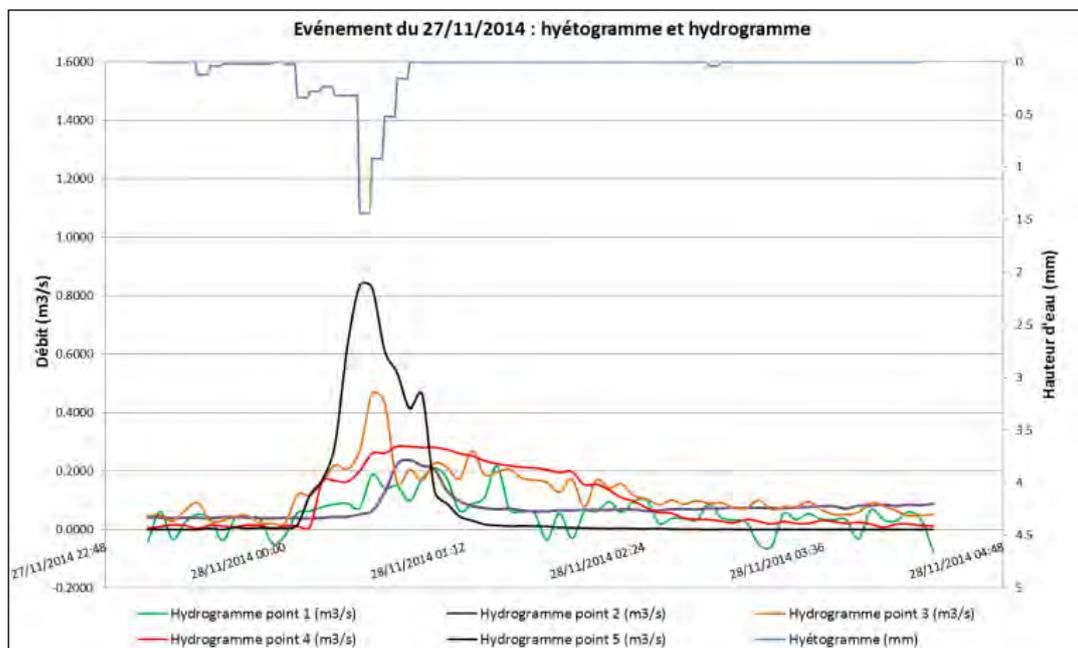
Lors de la campagne de mesures réalisée par Citéo, les événements pluvieux et les débits en certains points du réseau ont été relevés de novembre 2014 à avril 2015. Seul le point n°4 mesure les débits dans le secteur du Cœur de Station. Le point n°5 mesure la qualité des eaux sur le secteur. Sous PCSWMM, le logiciel transforme dans un premier temps les hyétogrammes (pluies réelles ou pluies de projet) en hydrogrammes en simulant les écoulements sur chaque sous-bassin versant à l'aide d'un modèle de transformation pluie-débit. Plusieurs types de modèles (Horton, SCS, réservoirs linéaires) peuvent être utilisés en fonction de la nature des sous-bassins versants.

Le calage de la réponse des différents bassins versants a été réalisé sur les paramètres de capacité de ruissellement de chaque sous bassin. L'erreur entre le volume ruisselé mesuré et simulé est inférieure à 16% pour l'événement ayant servi au calage, qui a un temps de retour estimé entre l'occurrence mensuelle et annuelle. Cette erreur a été considérée comme étant acceptable au vu de la marge d'erreur également présente lors de la mesure des événements pluvieux (de 10 à 20%). L'hypothèse d'une forte spatialisation des pluies justifie la difficulté de calage du modèle.



**Illustration 24 : Emplacement des points de mesures au niveau du Cœur de Station  
(Source : SDGEP Phase II et III, 2015)**

Les résultats des débits des conduites en différents points ont mis en avant un temps de montée très court de l'hydrogramme du point n°4, et la présence de nombreuses fluctuations du niveau de l'étang au niveau des autres points.



**Illustration 25 : Résultats des points de mesures pour un événement pluvieux**  
(Source : SDGEP Phase II et III, 2015)

Les contributions de chaque bassin versant en termes de débits sont du même ordre de grandeur que pour les bassins modélisés par Citéo Aménagement. Ceci nous permet de considérer la sous division des bassins versants urbains comme pertinente pour la modélisation. La différence en termes de débit n'a pas d'importance majeure dans le calage du modèle 2D, car le calage s'effectue sur la crue centennale et les hauteurs d'eau de l'étude du SLGRI. La comparaison entre les apports moyens des différents sous-bassins est présentée dans le tableau ci-dessous.

Sous-bassin	Apport BV Citéo (moyenne sur 1, 2, 5, 10, 20 ans)	Apport BV modélisé (moyenne sur 2, 5, 10, 100 ans)	Ecart (%)
BV Nord	25%	27%	2%
BV Est	16%	17%	1%
BV Ouest	28%	26%	2%
BV Sud	19%	19%	0%
BV Sud-ouest	14%	10%	4%

**Tableau 12 : Comparaison des apports moyens des sous-bassins**

## 3

### DÉTERMINATION DES PLUIES DE PROJET

L'un des moyens de représenter la pluviométrie locale est la construction d'une pluie de projet. « *La pluie de projet est un événement fictif. Elle représente l'ensemble des informations pluviométriques disponibles et est censée produire à l'exutoire du bassin le même effet que la pluie réelle à laquelle il est possible d'associer une période de retour* », (Hemain, 1986).

Les données hydrologiques ont pour but la définition des débits de pointe de chaque sous-bassin versant pour différentes pluies de projet. Dans le cadre de cette étude, des pluies de projet d'occurrence 2, 5, 10 et 100 ans sont déterminées.

L'étude statistique des pluies permet de connaître l'intensité de la pluie pour une occurrence donnée (période de retour).

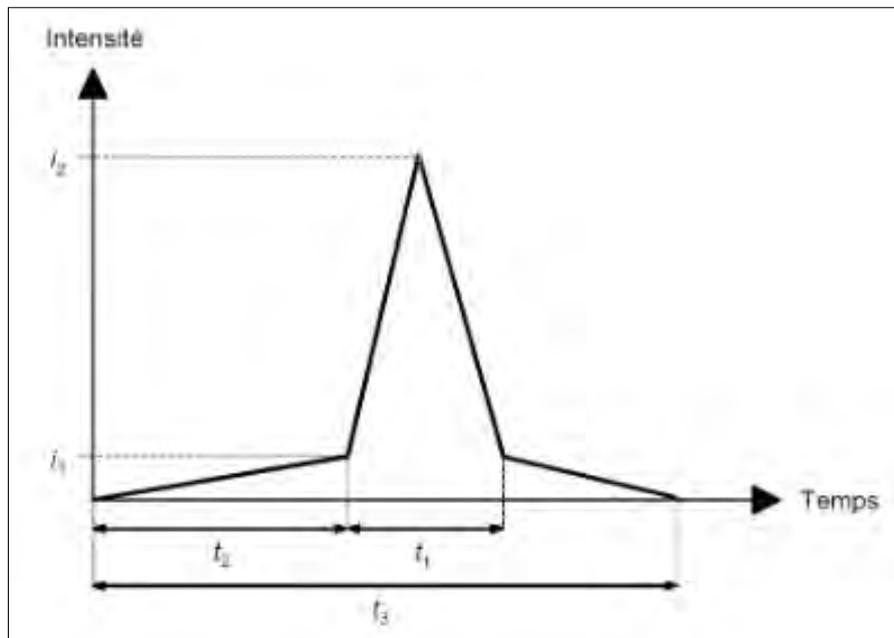
*Voir Partie 3 - chapitre 2.3 : Pluviométrie statistique*

Un hyétogramme synthétique est ensuite construit à l'aide de **la méthode du double triangle en se basant sur ces pluies statistiques**. L'emploi de cette méthode se justifie au regard de la forme que prennent généralement les épisodes pluvieux, caractérisés par une période de pluie relativement longue d'intensité soutenue, à l'intérieur de laquelle vient s'insérer un épisode plus court, caractérisé par une intensité très forte.

La pluie double triangle est ainsi définie par 5 paramètres :

- $t_1$  : la durée de la pluie intense ;
- $t_3$  : la durée totale de la pluie ;
- $t_2/t_3$  : le rapport correspondant au pic d'intensité ;
- $i_1$  : l'intensité atteinte au début de la période intense ;
- $i_2$  : l'intensité maximale atteinte durant la période intense.

Les pluies de projet sont construites selon la méthode du double triangle. Cette méthode est préconisée par le laboratoire d'Hydrologie Mathématique de Montpellier. La construction double triangle se justifie au regard de la forme que prennent généralement les épisodes pluvieux, caractérisés par une période de pluie relativement longue d'intensité soutenue, à l'intérieur de laquelle vient s'insérer un épisode plus court, caractérisé par une intensité très forte dont la période de retour est associée à la pluie de projet.



**Illustration 26 : Représentation schématique d'une pluie double triangle**

Dans le cadre de l'étude, la méthode du double triangle est appliquée pour des événements d'occurrence 2, 5, 10 et 100 ans. Chaque événement pluvieux est défini sur une durée totale de 1h tandis que la durée intense est dépendante du temps de concentration de chaque sous bassin versant du Cœur de Station. On considère également que le pic d'intensité a lieu au bout de 30 min, soit à la moitié de la durée totale du hyétogramme.

Les hyétogrammes de la pluie d'occurrence 2, 5, 10 et 100 ans sont illustrés dans les figures aux pages suivantes. Chaque figure correspond à des événements impactant les différents sous bassins versants du Cœur de Station.

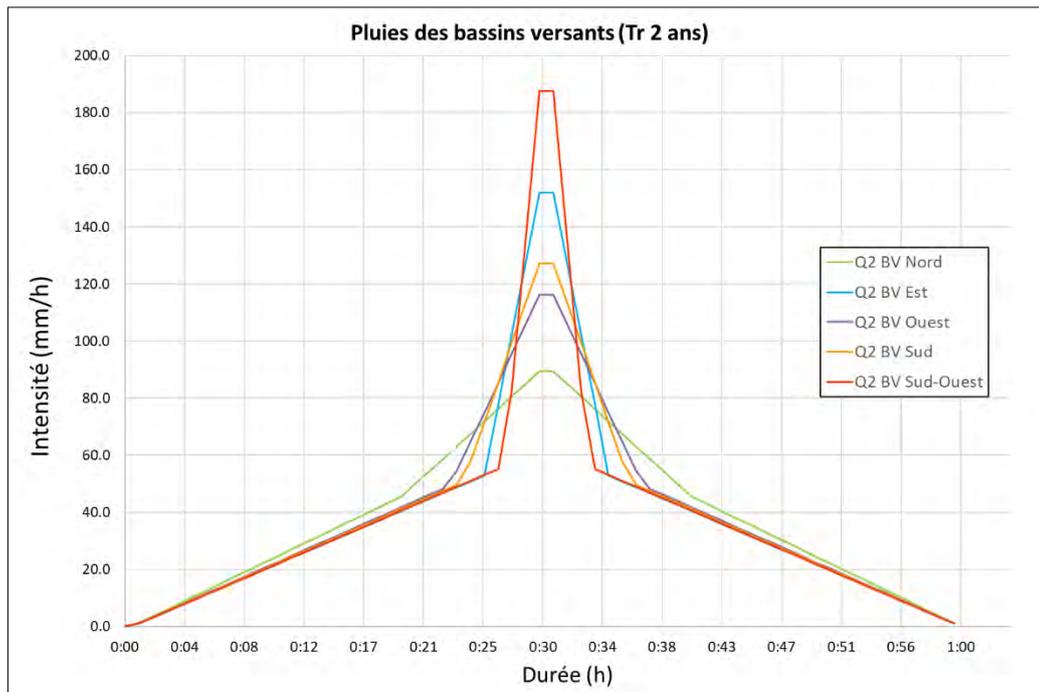


Illustration 27 : Hyétoqrammes de pluie d'occurrence 2 ans obtenus avec la méthode du double triangle

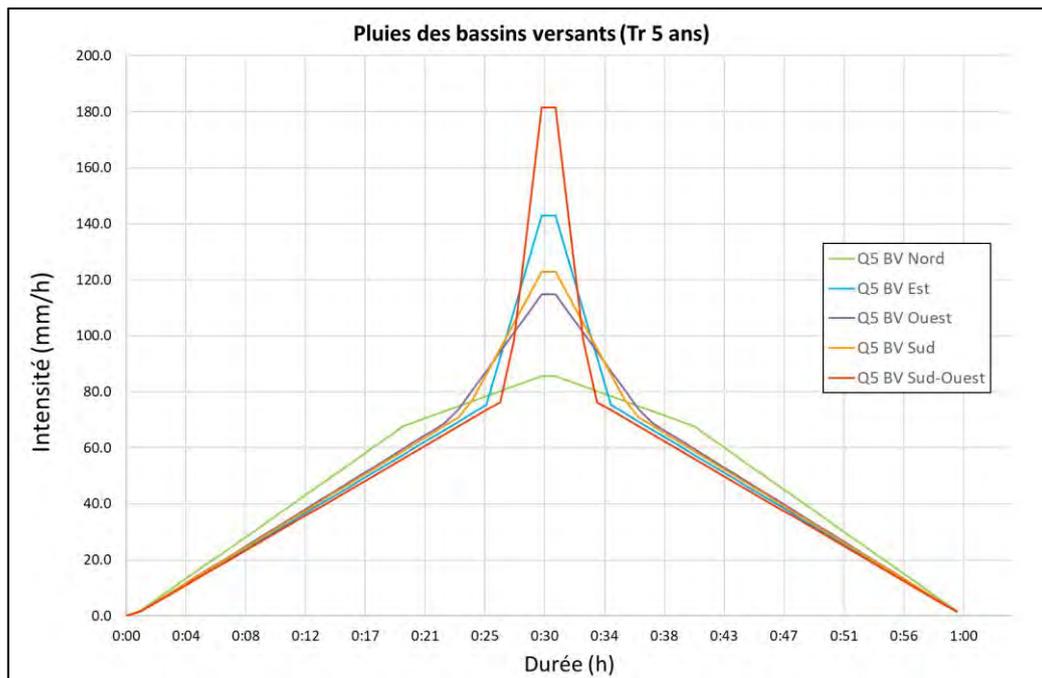
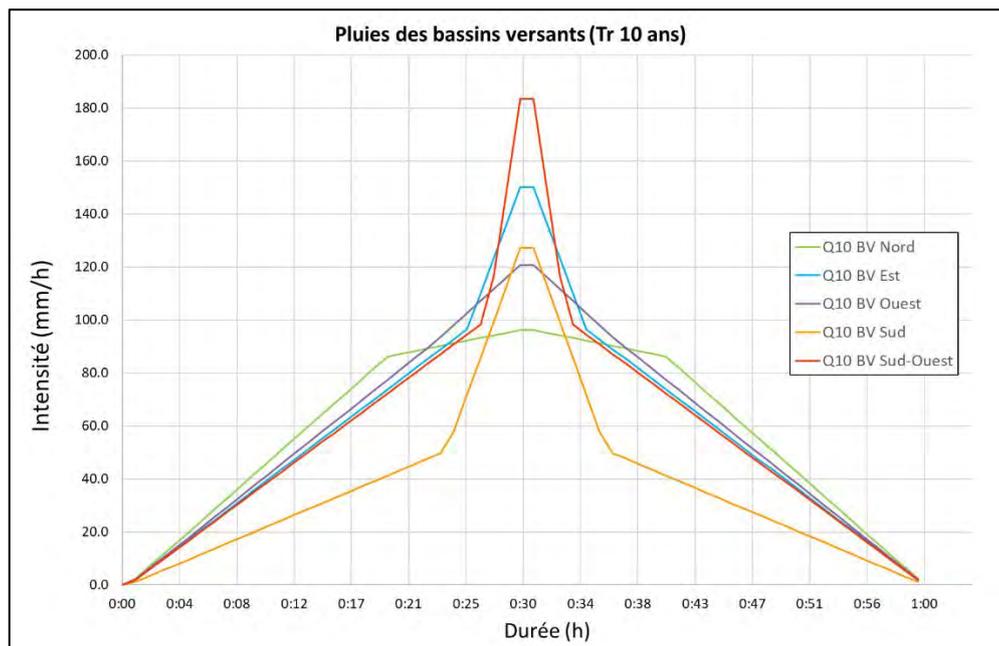
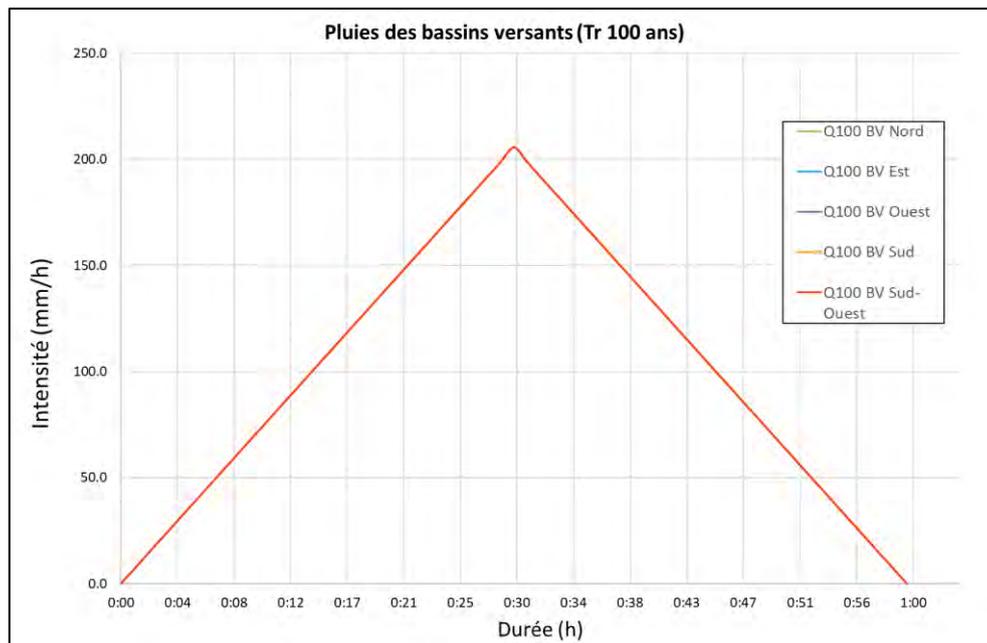


Illustration 28 : Hyétoqrammes de pluie d'occurrence 5 ans obtenus avec la méthode du double triangle



**Illustration 29 : Hyétogrammes de pluie d'occurrence 10 ans obtenus avec la méthode du double triangle**



**Illustration 30 : Hyétogrammes de pluie d'occurrence 100 ans obtenu avec la méthode du simple triangle**

Les hyétogrammes des bassins pour la crue centennale sont tous identiques car ils ont été obtenus à partir de la méthode du simple triangle qui ne tient pas compte du temps de concentration. Les caractéristiques des précipitations et des bassins versants ne permettent pas de construire le hyétogramme d'une heure par la méthode du double triangle.

## 4

## CONSTRUCTION DES HYDROGRAMMES

L'analyse du risque inondation nécessite un fonctionnement en régime transitoire afin de prendre en compte les phénomènes de stockage et de laminage des crues. De ce fait, des hydrogrammes doivent être générés afin d'être injectés dans le modèle hydraulique.

La construction de ces hydrogrammes passe par l'utilisation d'une fonction de transfert. Celle-ci permet de transformer un hyétogramme de pluie nette en hydrogramme à l'exutoire. En d'autres termes, c'est une fonction qui permet de représenter l'évolution du ruissellement lors de son passage sur le bassin versant.

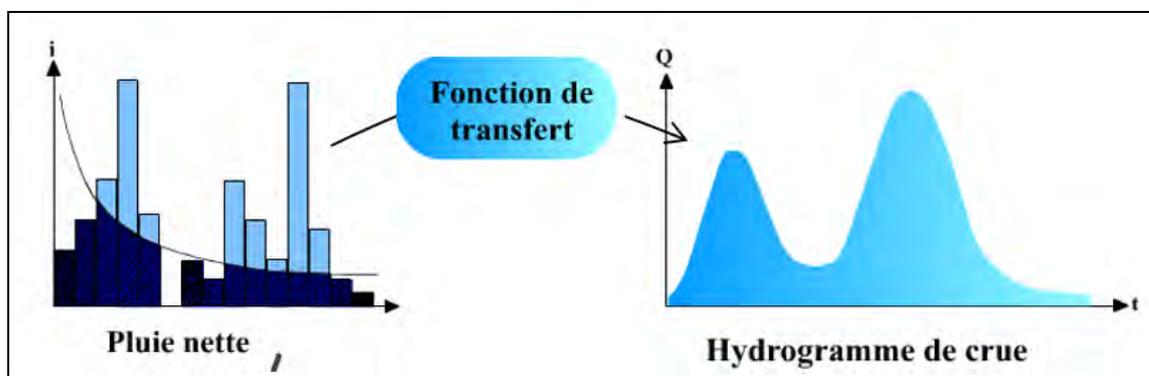


Illustration 31 : Schématisation de la fonction de transfert (Source : echo2.epfl.ch)

Dans le cadre de l'étude, la méthode du réservoir linéaire est utilisée pour générer les hydrogrammes associés aux évènements d'occurrences 2, 5, 10 et 100 ans.

## 4.1 Méthodologie du réservoir linéaire

La méthode du simple réservoir linéaire est très largement utilisée en hydrologie et présente l'avantage d'être relativement simple à mettre en œuvre. C'est une méthode de transfert qui permet de transformer ceci revient à considérer le bassin versant comme un bassin de stockage dans lequel arrive la pluie et dont le débit de fuite représente le débit ruisselé à l'exutoire.

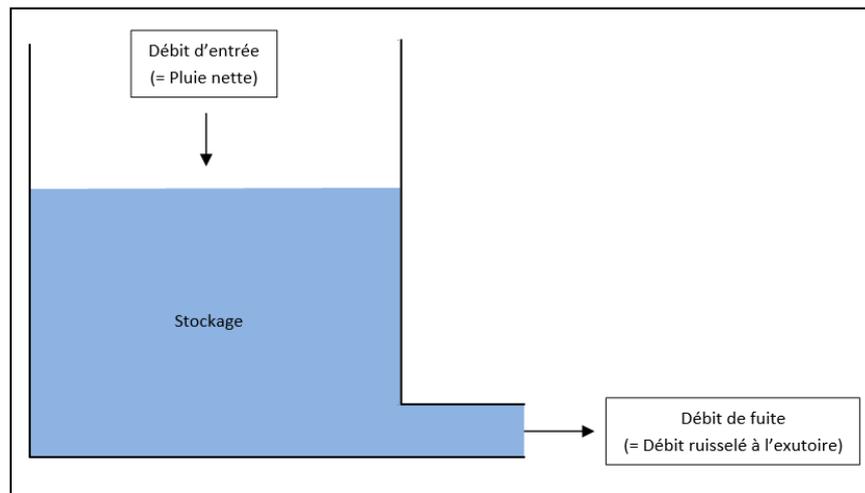


Illustration 32 : Schématisation de la méthode du réservoir linéaire

Le débit ruisselé à l'exutoire est calculé selon la formule suivante :

$$Q_s(t) = (Q_e(t) + Q_e(t-1)) * \frac{dt}{2K + dt} + Q_s(t-1) * \frac{2K - dt}{2K + dt}$$

- Q<sub>s</sub> (m<sup>3</sup>/s) :** Débit en sortie de bassin à l'instant t ;
- Q<sub>e</sub> (m<sup>3</sup>/s) :** Débit en entrée de bassin à l'instant t basé sur l'intensité de pluie en mm/h du hyétogramme ;
- dt (min) :** Pas de temps de calcul ;
- K (min) :** Temps de réponse du bassin versant lors d'un évènement pluvieux.

## 4.2 Hydrogrammes

Les caractéristiques des hydrogrammes sont résumées dans le tableau suivant.

Occurrence	Bassin Versant	Débit de pointe (l/s)	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)	Volume ruisselé (m <sup>3</sup> )	Volume total ruisselé (m <sup>3</sup> )
2 ans	Nord	1 217	1,22	2 515	7 654
	Est	888	0,89	1 108	
	Ouest	1 270	1,27	2 048	
	Sud	921	0,92	1 420	
	Sud-ouest	539	0,54	564	
5 ans	Nord	1 382	1,38	3 177	9 669
	Est	908	0,91	1 401	
	Ouest	1 371	1,37	2 586	
	Sud	982	0,98	1 793	
	Sud-ouest	558	0,59	712	
10 ans	Nord	1 616	1,62	3 891	11 841
	Est	1 004	1,00	1 716	
	Ouest	1 578	1,58	3 167	
	Sud	1 164	1,16	2 196	
	Sud-ouest	597	0,60	872	
100 ans	Nord	2 957	2,96	6 671	20 308
	Est	1 609	1,61	2 945	
	Ouest	2 536	2,54	5 431	
	Sud	1 854	1,85	3 766	
	Sud-ouest	0,817	0,82	1 495	

**Tableau 13 : Débit de pointe et volume ruisselé déterminés avec la méthode du réservoir linéaire pour des événements pluvieux d'occurrence 2, 5, 10 et 100 ans**

Le débit de pointe obtenu au travers de la méthode du réservoir linéaire est quasi identique à celui obtenu via la méthode rationnelle. Il sera dès lors utilisé dans la suite de l'étude.

Les hydrogrammes obtenus sont représentés dans les figures aux pages suivantes.

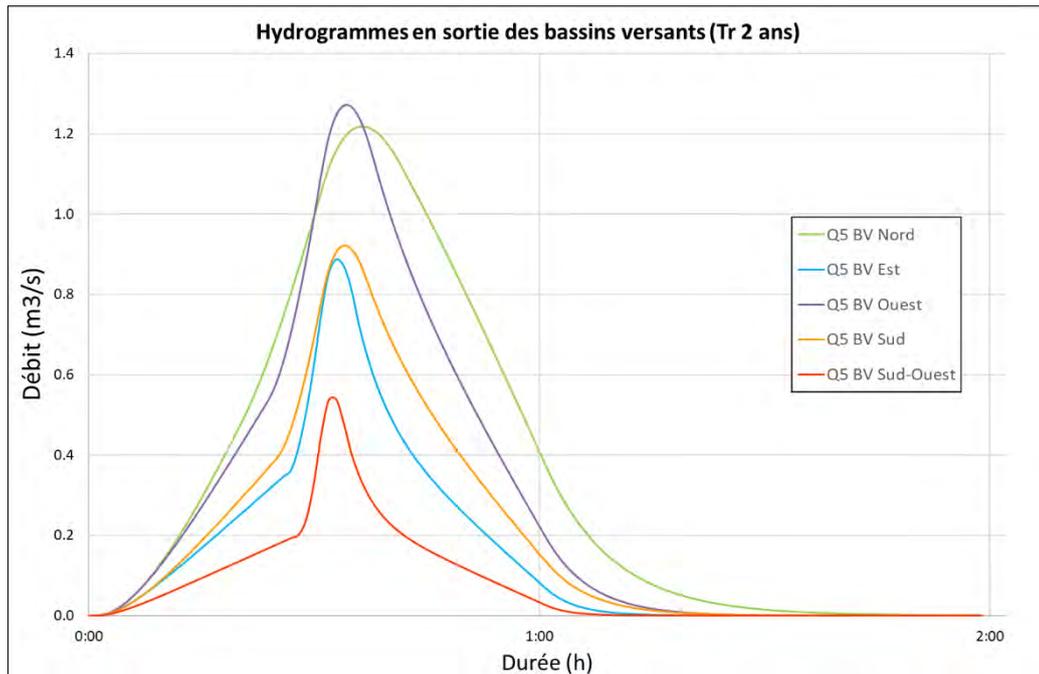


Illustration 33 : Hydrogrammes de la crue biennale

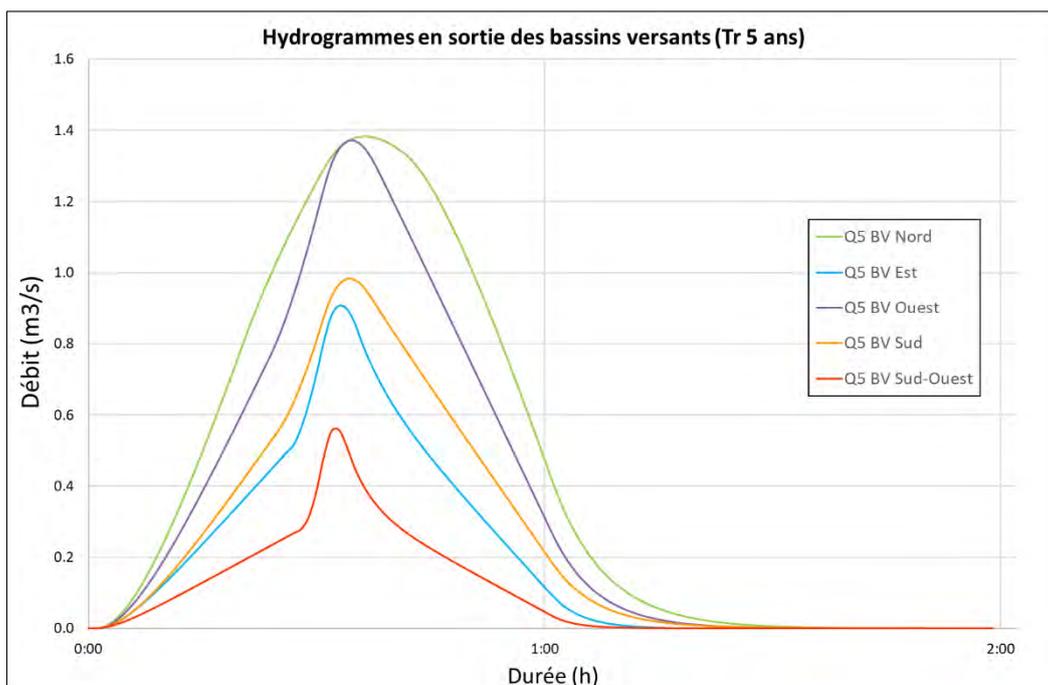


Illustration 34 : Hydrogrammes de la crue quinquennale

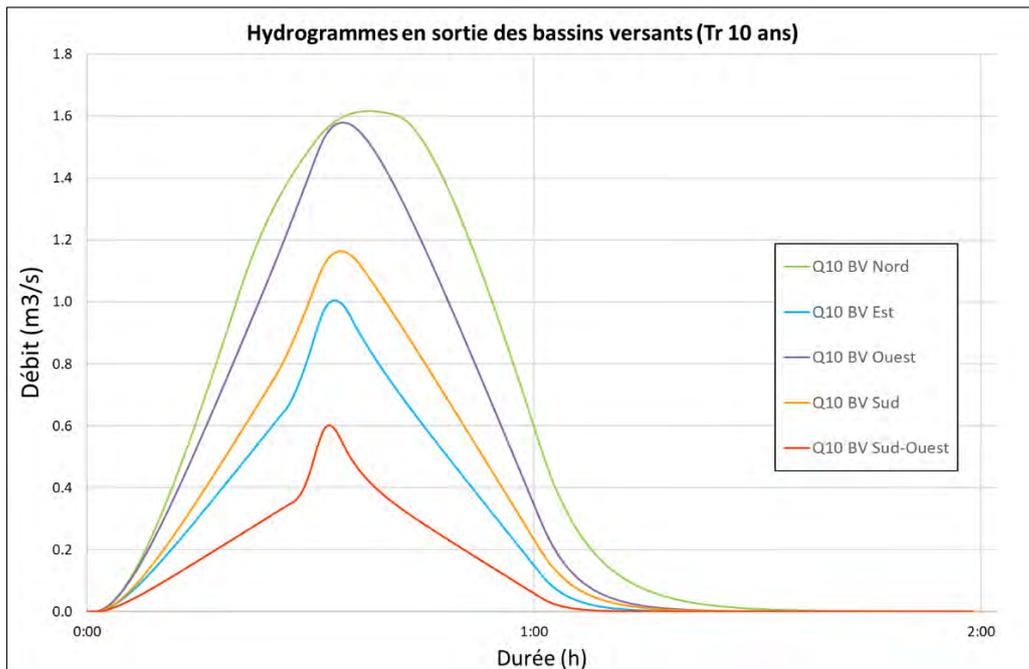


Illustration 35 : Hydrogrammes de la crue décennale

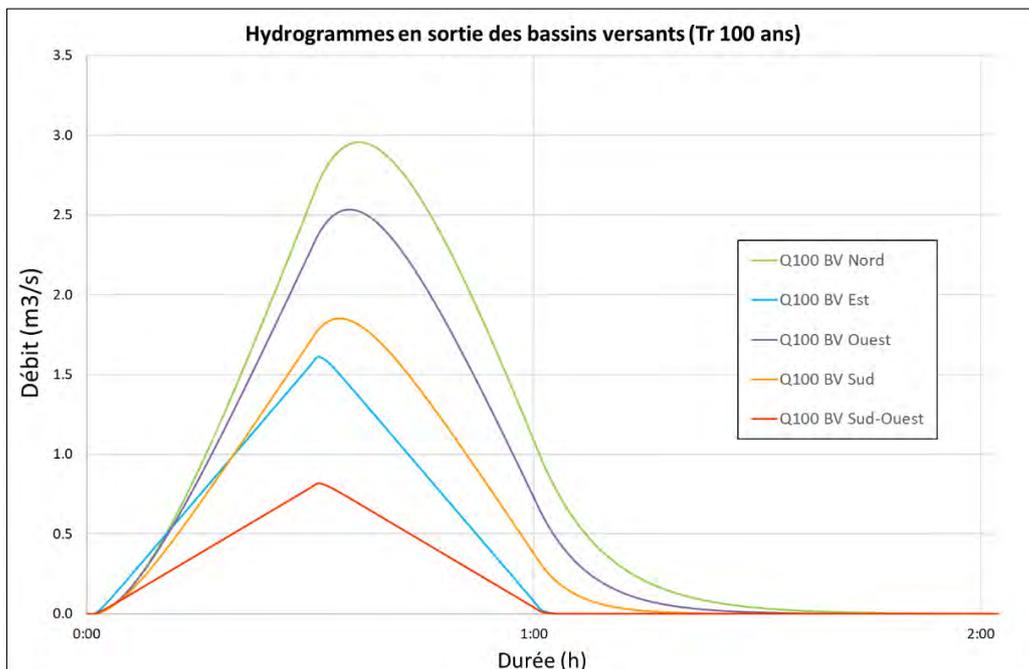


Illustration 36 : Hydrogrammes de la crue centennale

Ces hydrogrammes ont été injectés dans le modèle du réseau sous SWMM pour simuler le fonctionnement hydraulique du réseau.

## **PARTIE 4**                      **ETUDE HYDRAULIQUE**

## ÉTUDE DU RESEAU PLUVIAL

### 1.1 Construction du modèle

#### 1.1.1 Logiciel utilisé

Le réseau pluvial de Balaruc-les-Bains étudié dans cette étude a été modélisé avec le logiciel Storm Water Management Model (SWMM) 5.2, développé par l'Environmental Protection Agency (EPA).

Il s'agit d'un logiciel intégrant un modèle de simulation des précipitations et de ruissellement de surface. Il permet de simuler les transferts quantitatifs et qualitatifs des eaux en prenant en compte notamment les précipitations, les ruissellements, l'évaporation et l'infiltration. SWMM permet ainsi de modéliser le fonctionnement des réseaux en fonctionnement à surface libre et en charge pour différentes pluies et d'observer les insuffisances ainsi que les débordements pour différentes occurrences.

Pour ce projet, la méthode de calcul utilisée pour la résolution des équations est la méthode Dynamic wave. Même si elle demande plus de temps de calcul, cette méthode résout les équations complètes de Saint-Venant et permet ainsi d'améliorer la précision des résultats.

#### 1.1.2 Hydrologie

Le diagnostic pluvial est déterminé à partir des hydrogrammes présentés dans la partie précédente, utilisés pour déterminer les dysfonctionnements et les périodes de retour d'insuffisance du réseau. Les hydrogrammes sont directement injectés dans le modèle du réseau pluvial.

*Voir Partie 3 chapitre 4.2 : Hydrogrammes*

#### 1.1.3 Secteur modélisé

Le secteur du réseau d'eaux pluviales modélisé dans le cadre de cette étude est le Cœur de Station. Seuls les tronçons de réseau structurant, représentant des enjeux importants, ont été modélisés. Le réseau structurant est défini comme étant généralement composé de canalisations supérieures ou égales au diamètre de 400 mm.

Le réseau modélisé représente un linéaire total de 960 m et contient 29 nœuds. Le secteur d'étude ne comprend aucun ouvrage particulier (bassin de rétention, station de pompage, déversoirs d'orage...).

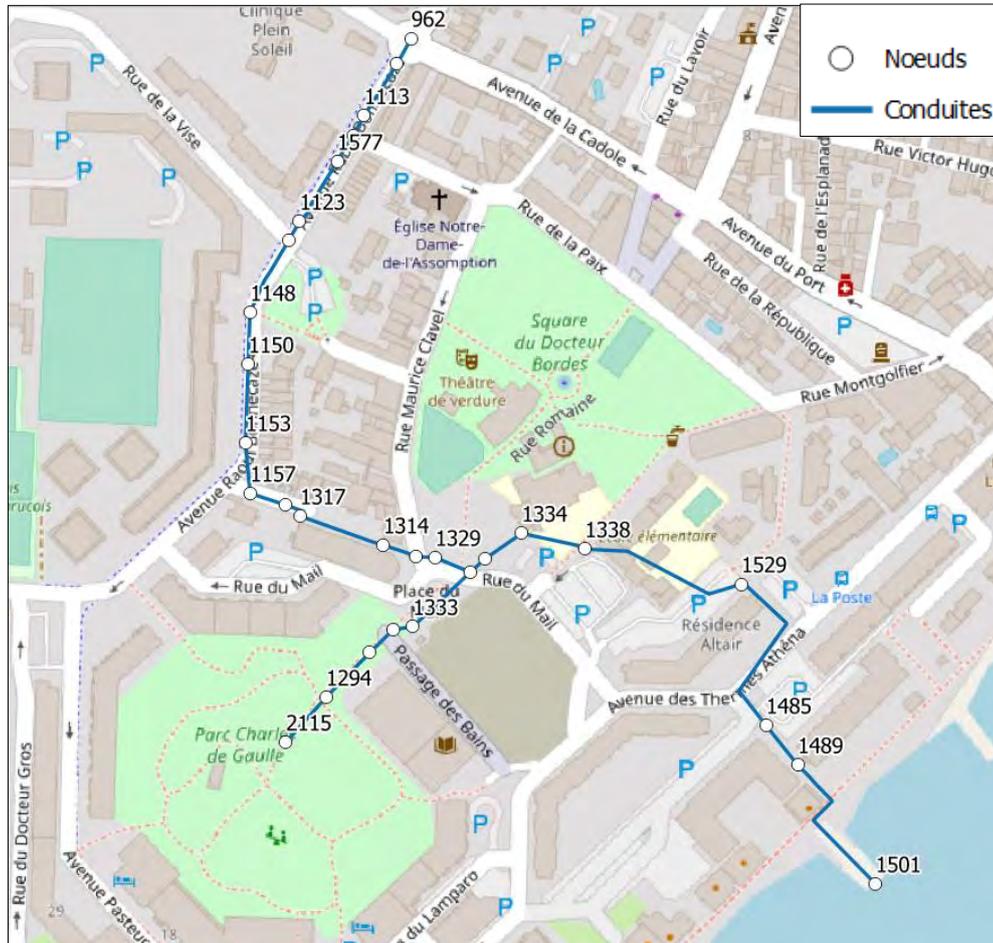


Illustration 37 : Réseau pluvial modélisé

Les points d'injection du modèle et leur bassin versant associé sont présentés dans le tableau suivant.

Bassin versant	Nœud d'injection
Nord	962
Ouest	1148
Sud-Ouest	2115
Est	1338
Sud	1529

Tableau 14 : Points d'injection du modèle urbain

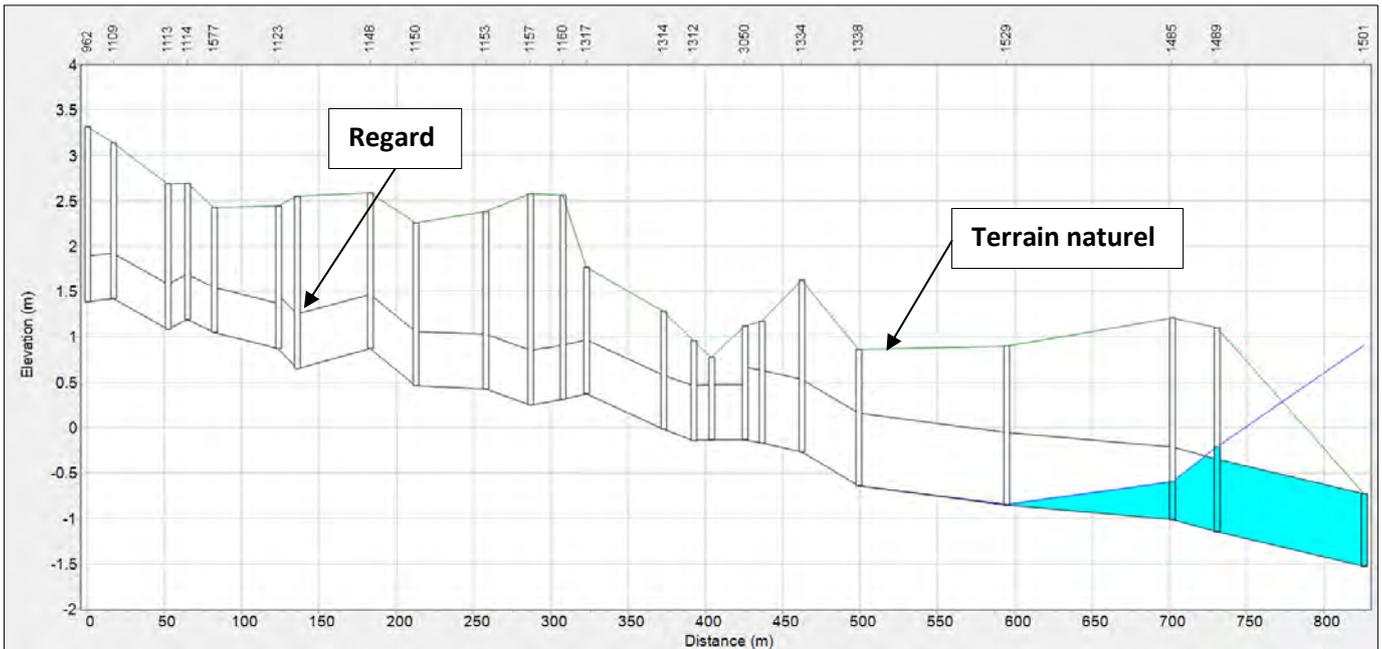


Illustration 38 : Profil en long du réseau pluvial (nœuds 962 à 1501)

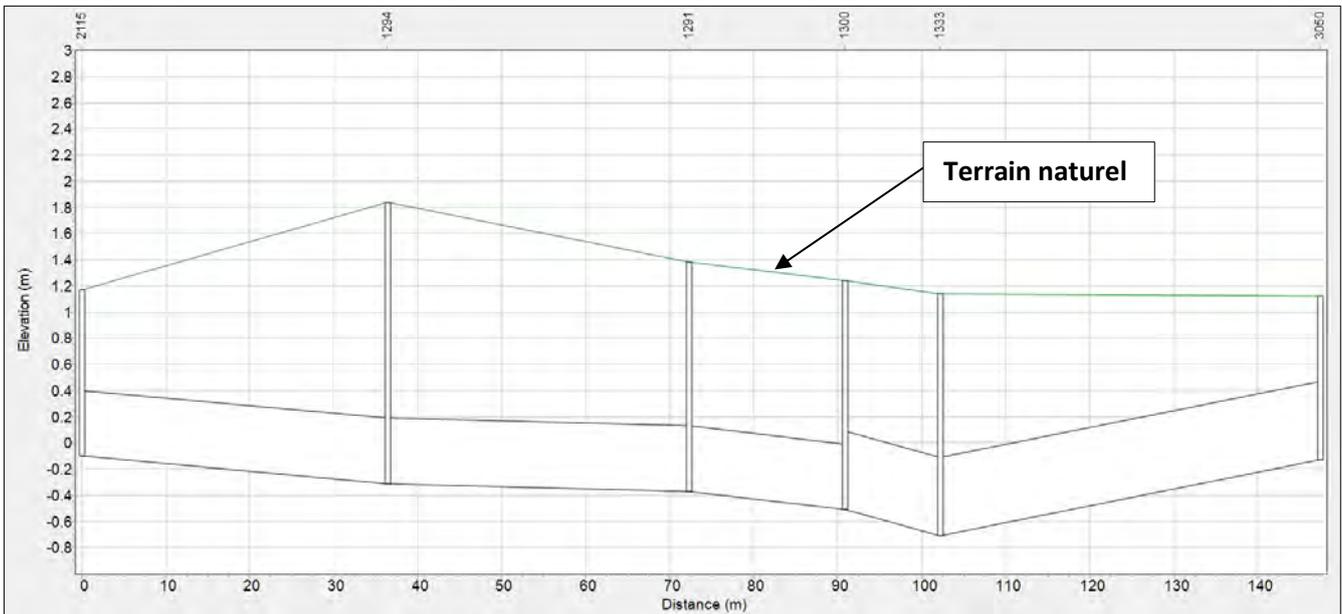


Illustration 39 : Profil en long du réseau pluvial (nœuds 2115 à 3050)

Les caractéristiques des nœuds et conduites utilisées sont issues du Schéma Directeur de Gestion des Eaux Pluviales réalisé par Citéo en 2015. Elles sont présentées en annexe du présent rapport.

Voir Annexes 2 et 3 : Caractéristiques du réseau

## 1.1.4 Gestion des débordements

Etant donné que ce modèle a été construit de façon à intégrer l'influence du réseau urbain sur l'aléa ruissellement, tout débordement au niveau des nœuds est considéré comme quittant définitivement le réseau, prenant ainsi part aux écoulements superficiels. Dans le modèle de ruissellement de surface, les débordements sont réinjectés le long du réseau.

## 1.1.5 Condition limite aval

L'étude réalisée par Citéo ingénierie en 2015 met en évidence le rôle important que joue l'étang de Thau sur le réseau pluvial qui se rejette directement dans ce dernier. Lorsqu'elle s'élève, la cote du niveau de l'étang réduit la capacité d'évacuation des conduites.

**Dès lors, nous considérerons que l'impact de la cote de l'étang est non négligeable dans l'étude du réseau pluvial. Les cotes correspondant aux différentes occurrences de crue de l'étang de Thau sont donc incluses au modèle hydraulique du réseau sous SWMM, et seront considérées dans le cadre de la modélisation des crues de projet.**

Le secteur du réseau pluvial de Balaruc-les-Bains modélisé dans cette étude se rejette dans l'étang de Thau. En cas de niveau d'eau élevé de l'étang, les branches du réseau peuvent être soumises à un fort contrôle aval entraînant des conditions de mise en charge du réseau.

Les niveaux d'étang retenus comme condition limite dans la présente étude sont issus de l'Etude de l'intensité-durée-fréquence des houles et niveaux marins au large de Sète, réalisée par Cerema Méditerranée en 2019.

L'analyse statistique réalisée dans le cadre de cette étude s'est basée sur les données issues du marégraphe de Sète, et a permis d'estimer le niveau marin pour des événements de différentes périodes de retour.

Les valeurs de niveaux marins considérées dans le cadre de cette étude sont celles estimées à partir de la loi de Gumbel et sont données dans le tableau suivant :

Période de retour	Niveau marin (mNGF)
2 ans	0,83
5 ans	0,83
10 ans	0,91
100 ans	1,17

Tableau 15 : Niveau aval considéré pour les différentes périodes de retour

L'étude réalisée par Cerema Méditerranée n'a pas estimé de niveau marin pour un événement de période de retour 2 ans. Ainsi, dans le cadre de la modélisation du réseau urbain, il a été appliqué le même niveau d'étang en condition limite pour les événements d'occurrences 2 ans et 5 ans.

## 1.2 Diagnostic du réseau d'eaux pluviales

### 1.2.1 Capacité du réseau pluvial

Les capacités des principales branches du réseau pluvial sont comparées aux débits maximums observés pendant la simulation. Cette comparaison permet de déterminer l'occurrence de l'événement pluvieux que les différentes branches du réseau sont capables de faire transiter avant saturation.

Les capacités des conduites sont estimées à partir du débit théorique capable calculé avec la formulation de Manning :

$$Q_{in} = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Où :  $Q_{in}$  est le débit d'entrée correspond au débit théorique capable de la conduite (m<sup>3</sup>/s)

**A** représente la section de l'ouvrage (m<sup>2</sup>)

**R** le rayon hydraulique (m)

**S** la pente (m/m)

**n** le coefficient de frottement de Manning (s/m<sup>1/3</sup>)

Tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Capacité maximale (m <sup>3</sup> /s)	Pente (m/m)	Occurrence d'insuffisance
0001	1489	1501	0,60	0,004	< 2 ans
0002	1485	1489	0,66	0,000	< 2 ans
0004	1529	1485	0,37	0,000	< 2 ans
0005	1338	1529	0,45	0,002	< 2 ans
0007	1334	1338	0,95	0,010	> 100 ans
0008	2112	1334	0,60	0,004	> 100 ans
0009	3050	2112	0,57	0,004	> 100 ans
0010	1333	3050	0,50	0,004	> 100 ans
0011	1300	1333	0,59	0,018	> 100 ans
0012	1291	1300	0,33	0,008	> 100 ans
0013	1294	1291	0,15	0,002	< 2 ans
0014	2115	1294	0,29	0,006	> 100 ans

Tronçon	Nœud amont	Nœud aval	Capacité maximale (m <sup>3</sup> /s)	Pente (m/m)	Occurrence d'insuffisance
0016	1329	3050	0,02	0,000	< 2 ans
0017	1312	1329	0,13	-0,001	< 2 ans
0018	1314	1312	0,35	0,006	< 2 ans
0019	1317	1314	0,39	-0,002	< 2 ans
0020	1160	1317	0,28	0,029	< 2 ans
0021	1157	1160	0,24	-0,003	< 2 ans
0022	1153	1157	0,35	0,006	< 2 ans
0023	1150	1153	0,11	0,001	< 2 ans
0024	1148	1150	0,52	0,014	> 100 ans
0025	1124	1148	0,30	-0,005	> 100 ans
0026	1123	1124	0,59	0,018	> 100 ans
0027	1577	1123	0,25	0,004	> 100 ans
0028	1114	1577	0,34	0,008	< 2 ans
0029	1113	1114	0,35	-0,008	> 100 ans
0030	1109	1113	0,37	0,010	< 2 ans
0031	0962	1109	0,16	-0,002	< 2 ans

Tableau 16 : Capacités maximales des principales branches du réseau et occurrences d'insuffisances

La faible capacité du réseau est directement liée à la forte contrainte avale exercée par l'étang ainsi qu'aux faibles pentes, voire contres pentes des conduites. Sur les 28 tronçons principaux considérés, seuls 11 ont une pente supérieure à 0,5 % et parmi les 16 conduites présentant des insuffisances dès l'évènement biennal, seulement 5 ont une pente supérieure à 0,5 %. On constate par ailleurs que sur les 12 tronçons permettant d'évacuer un évènement centennal, 8 ont une pente supérieure à 0,5 %.



## 1.2.2 Débordements du réseau pluvial

Les points de débordement et les volumes débordants permettent de localiser et quantifier l'importance des débordements. On note qu'un regard est considéré comme débordant lorsque la cote du terrain naturel, au niveau du regard, est inférieure au niveau d'eau maximum atteint durant la simulation.

Le tableau suivant donne le nombre de dysfonctionnements au niveau des regards observés sur le réseau modélisé ainsi que le volume débordant total par occurrence de pluie.

Période de retour	Nombre de nœuds débordants	Volumes débordés
2 ans	10	7 884
5 ans	10	10 331
10 ans	10	13 101
100 ans	10	23 682

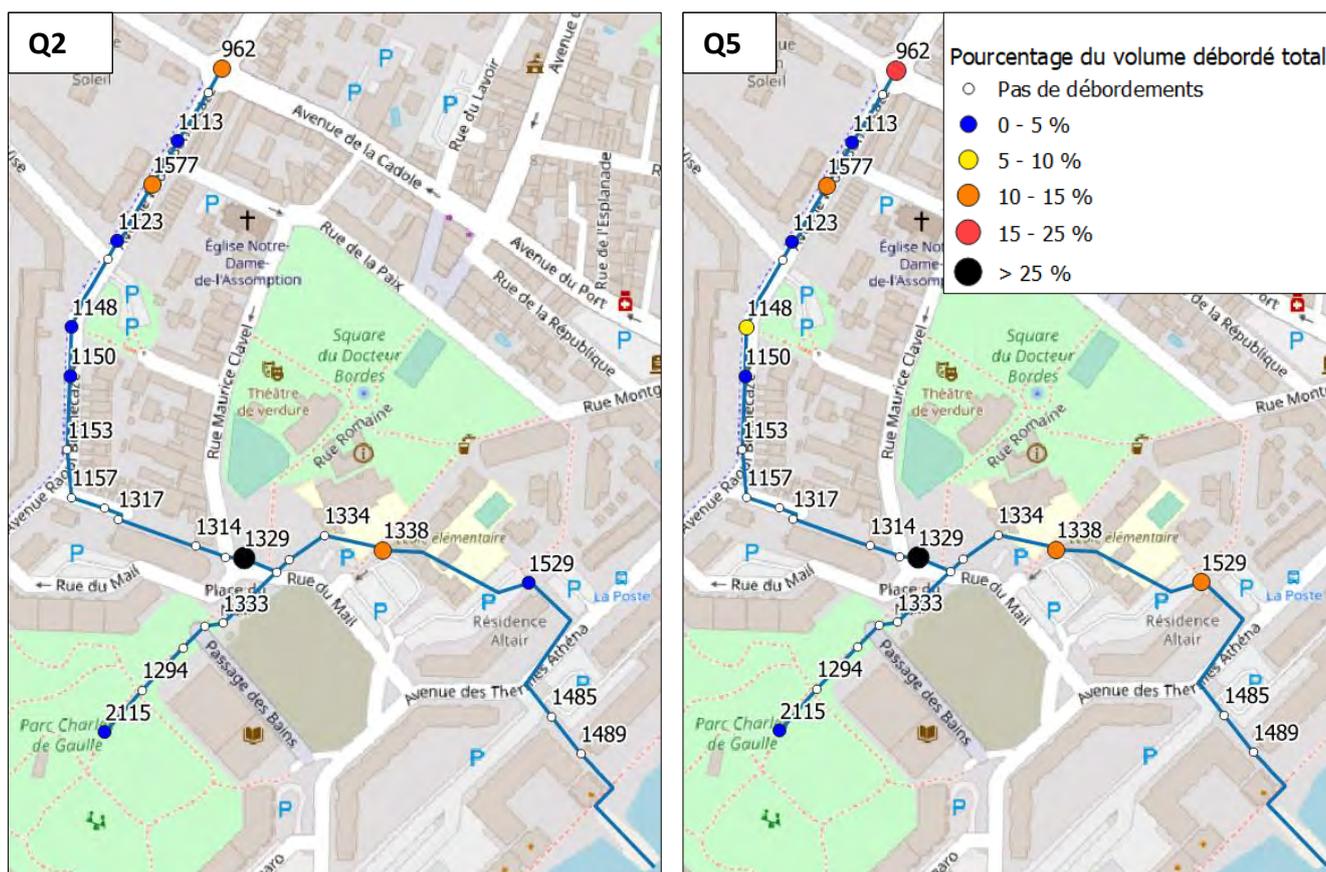
**Tableau 17 : Débordements du réseau pluvial par occurrence de pluie**

Les modélisations ont mis en évidence 10 points de débordements récurrents. Les débordements s'accroissent progressivement lors des pluies plus rares, ils se concentrent au niveau de l'avenue Raoul Bonnacaze, l'Esplanade Charles de Gaulle, la Place du Mail ainsi que sur les parkings de l'école élémentaire et de la résidence Altaïr. Ces débordements sont dus à des insuffisances du réseau, accentuées par la contrainte avale exercée par l'étang de Thau.

Les volumes débordés sont supérieurs aux volumes ruisselés des hydrogrammes injectés, notamment à cause de la saturation du réseau provoquée par le niveau haut de l'étang.

Les 4 zones d'altimétries faibles que constituent l'Esplanade Charles de Gaulle (nœud 2115), la Place du Mail (nœud 1329) ainsi que les parkings de l'école élémentaire et de la résidence Altaïr (nœuds 1338 et 1529), sont soumises à des débordements réguliers qui ont été rapportés par les services techniques de la commune à ENVEO Aménagement lors de l'étude du Schéma Directeur de Gestion des Eaux Pluviales de 2015.

Les cartes suivantes permettent de localiser les nœuds débordants ainsi que de mettre en évidence la part de chaque nœud sur le volume débordé total pour les différentes occurrences de pluies considérées.



**Illustration 41 : Débordements du réseau pluvial : occurrence biennale à gauche, occurrence quinquennale à droite**

Les débordements du réseau pluvial modélisés sont majoritairement concentrés en 6 nœuds (962, 1577, 1148, 1329, 1338 et 1529). Ces nœuds concentrent aux alentours de 90% des débordements totaux quelle que soit la période de l'évènement pluvieux. Parmi ces nœuds, on retrouve 4 nœuds d'injection (nœuds 962, 1148, 1338 et 1529), à savoir les nœuds collectant les ruissellements de surface des bassins versants qui leur sont associés. En ces nœuds, sont acheminées d'importantes quantités d'eau et lorsque le réseau à l'aval est saturé, ou qu'il ne permet plus d'évacuer les débits d'entrée dans le nœud, ce dernier déborde. Afin de compenser l'effet de l'injection en ces nœuds, seul le volume débordé en excès par rapport à la pluie est considéré. Parmi ces 4 nœuds, 2 ont une altimétrie faible au niveau de leur terrain naturel (nœuds 1338 et 1529), accentuant leur vulnérabilité aux débordements. Il faut également mettre en évidence le fait que les débordements au niveau des nœuds d'injection peuvent être surestimés en raison d'effets de bord liés à un apport hydrologique trop important en un seul point.

Plus particulièrement, le point qui accumule le plus de débordements est le nœud 1329. Il concentre 39% des débordements pour l'occurrence biennale, 30% pour l'occurrence quinquennale, 27% pour l'occurrence décennale et 18% pour l'occurrence centennale. La cote du terrain naturel en ce nœud (0,77 mNGF) est la plus basse du réseau modélisé, faisant de cette zone la plus sensible aux débordements.

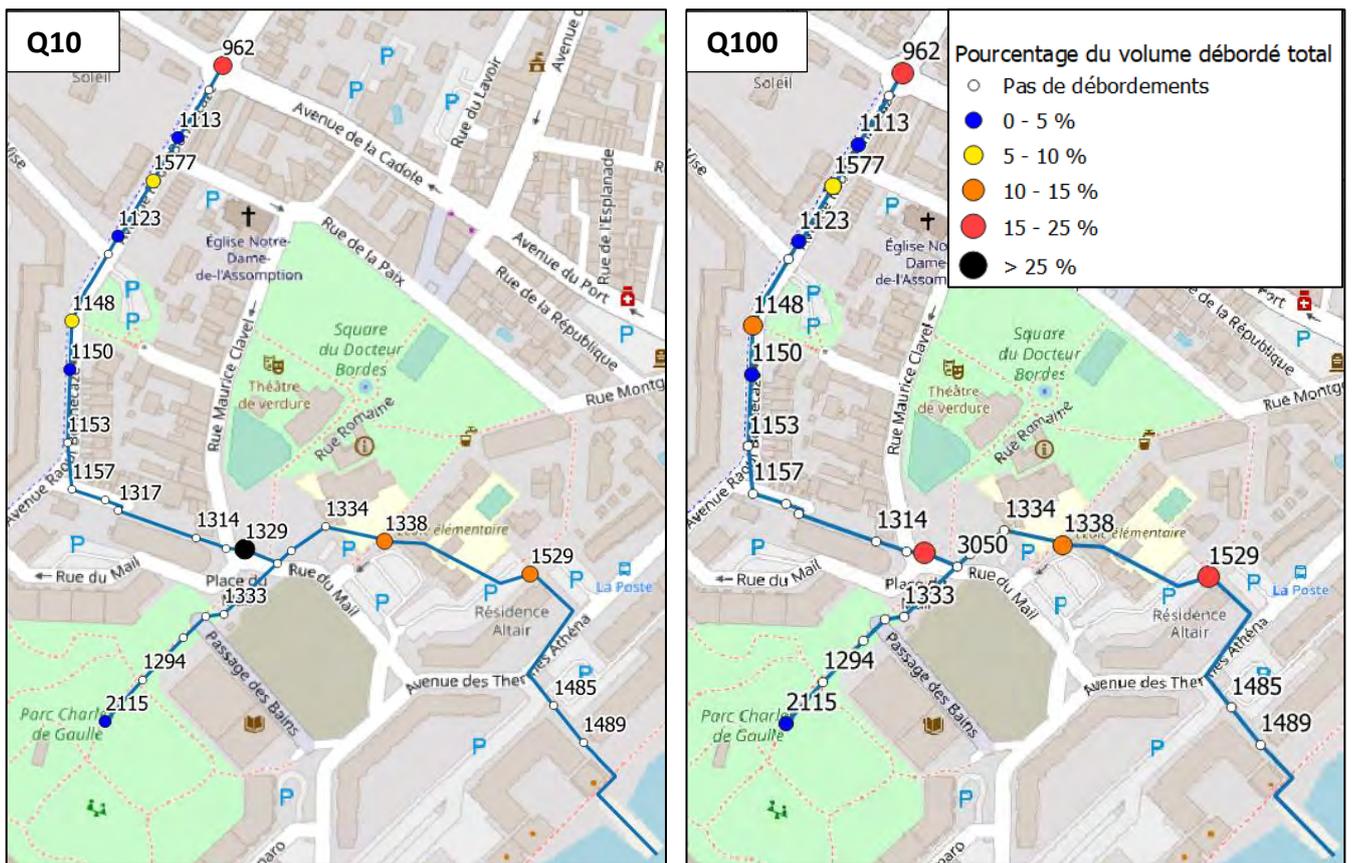


Illustration 42 : Débordements du réseau pluvial : occurrence décennale à gauche, occurrence centennale à droite

De manière générale, les nœuds présentant des débordements sont :

- Les nœuds d'injection, collectant les ruissellements de surface des bassins versants qui leur sont associés (nœuds 962, 1148, 2115, 1338 et 1529) ;
- Les nœuds constituant un point bas par rapport à la topographie environnante (nœuds 1577, 1123, 1150, 1329, 1338, 1529 et 2115).
- Les nœuds suivis d'une très faible ou contre pente (nœuds 1113, 1123 et 1329) ;

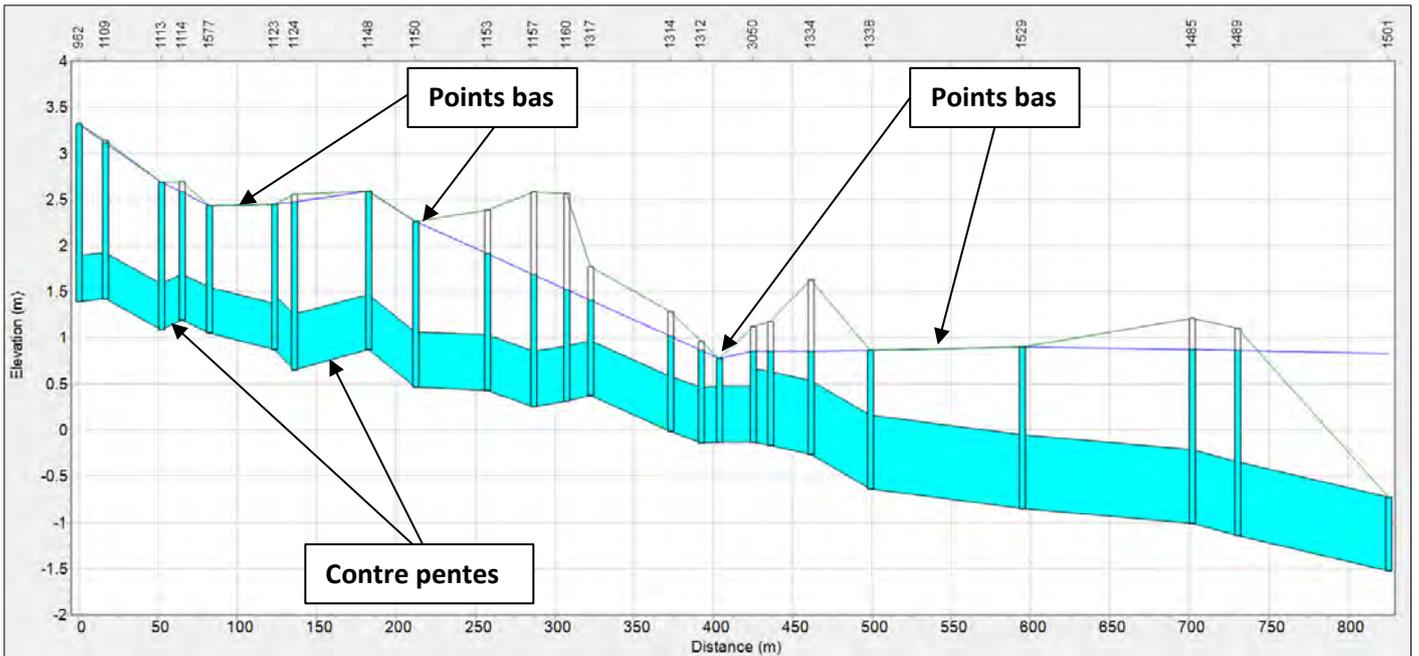


Illustration 43 : Profil en long des hauteurs d'eau maximales modélisées pour l'évènement biennal (nœuds 962 à 1501)

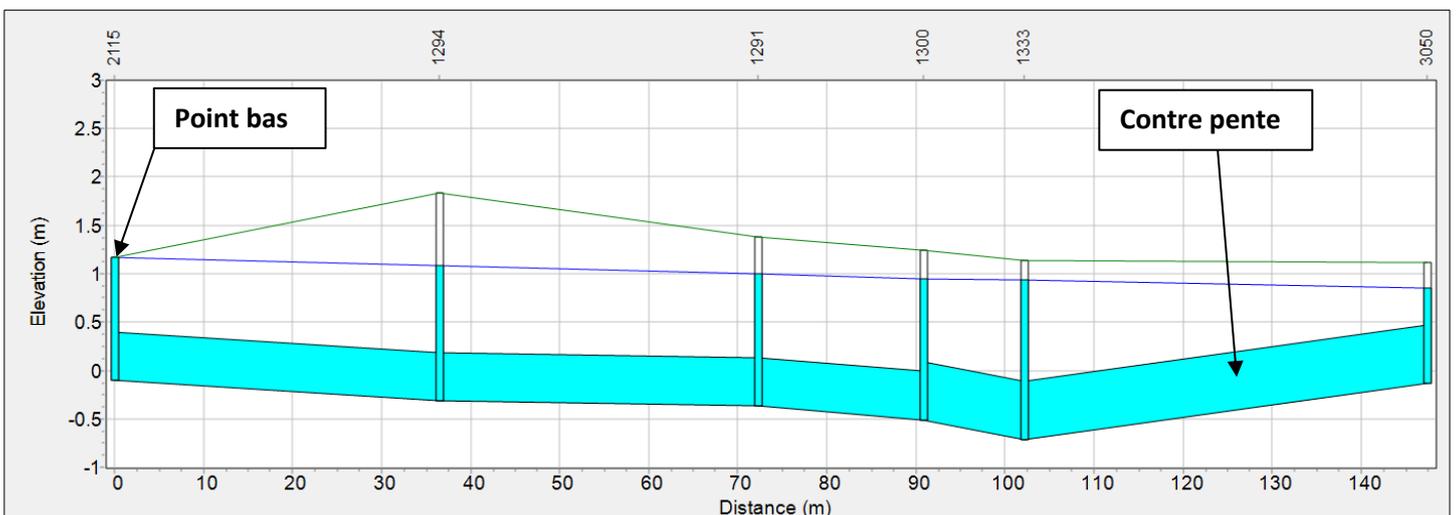


Illustration 44 : Profil en long des hauteurs d'eau maximales modélisées pour l'évènement biennal (nœuds 962 à 3050)

### 1.2.3 Influence du niveau de l'étang

Tel que mis en évidence précédemment, la contrainte aval exercée par le niveau de l'étang à une grande influence sur les insuffisances et les débordements du réseau.

En effet, le niveau d'eau à l'aval bloque les écoulements à l'intérieur du réseau pluvial et mène à sa saturation et aux débordements. Pour toutes les périodes de retour considérées et sur la majeure partie des temps de simulations, la charge hydraulique en sortie du réseau est si importante que le réseau ne parvient pas à évacuer l'eau via son exutoire. Pour les événements d'occurrences décennale et centennale, la charge imposée par l'étang à l'exutoire ne permet à aucun instant d'évacuer de l'eau dans l'étang.

De manière générale, il y a plus d'eau qui pénètre dans le réseau pluvial par l'exutoire que d'eau qui est évacuée par ce dernier. Le tableau suivant donne les volumes d'eau de l'étang entrant dans le réseau pour les différentes périodes de retour considérées.

Période de retour	Volumes entrant dans le réseau par l'exutoire (m <sup>3</sup> )
2 ans	457
5 ans	389
10 ans	1 518
100 ans	3 677

Tableau 18 : Volumes entrant dans le réseau par l'exutoire pour les différentes périodes de retour considérées

Le niveau aval de l'étang est également à l'origine directe de débordements. Les figures suivantes montrent les niveaux d'eau observés dans le réseau avant le début de la pluie pour différentes conditions de niveau d'étang.

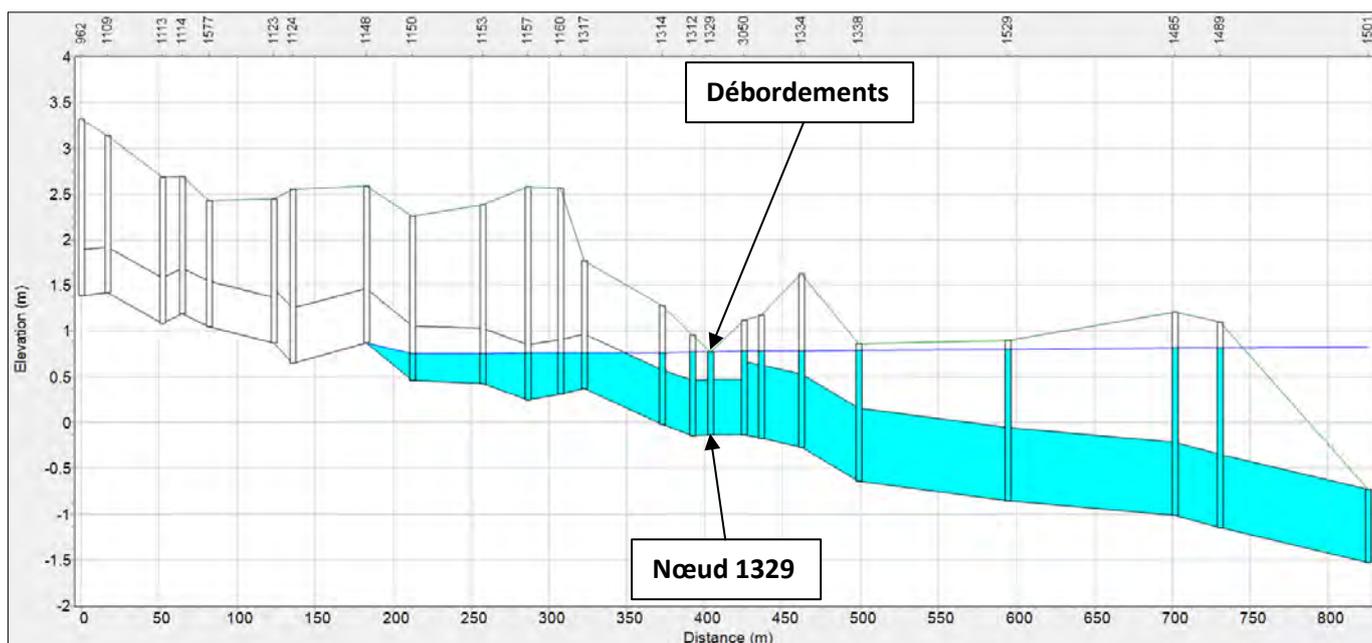


Illustration 45 : Niveaux d'eau observés dans le réseau pluvial avant le début de la pluie pour un niveau d'étang d'occurrence quinquennale, à 0,83 mNGF

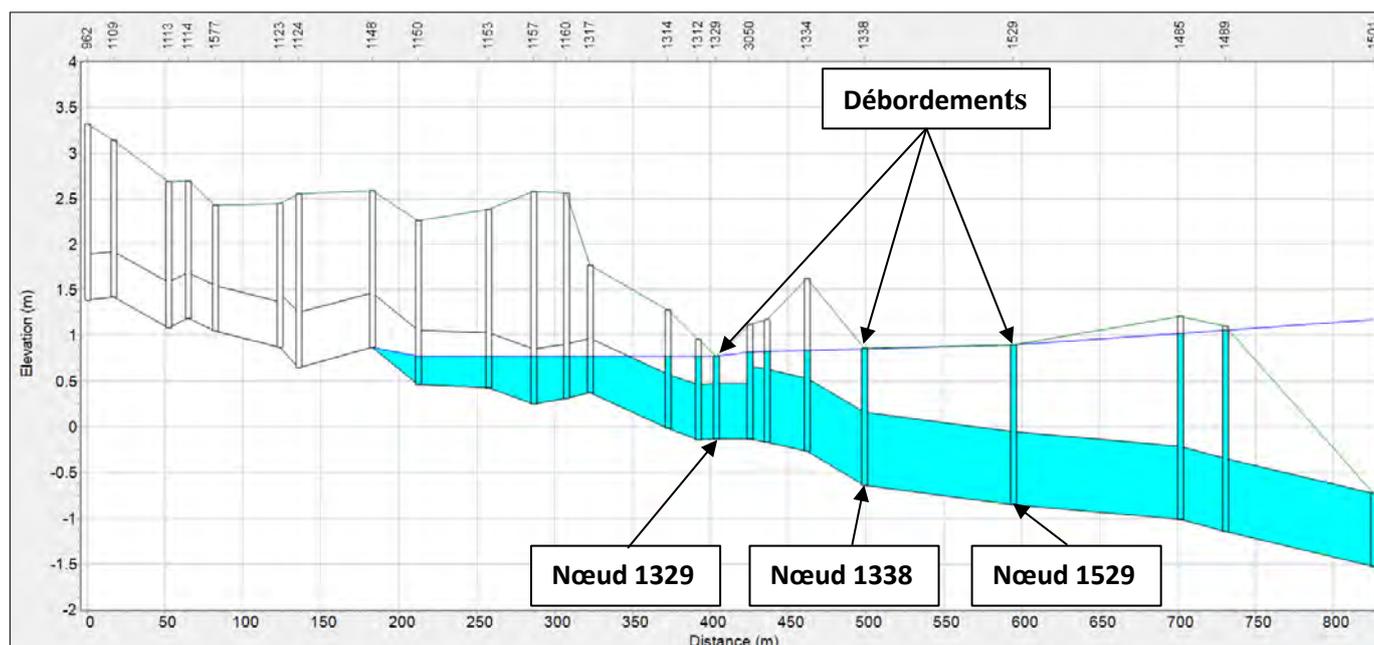


Illustration 46 : Niveau d'eau observés dans le réseau pluvial avant le début de la pluie pour un niveau d'étang d'occurrence centennale, à 1,17 mNGF

### 1.3 Hydrogrammes issus de la modélisation SWMM

Les hydrogrammes représentant les ruissellements en surface se trouvent modifiés par la présence du réseau. Les points d'injection de la pluie sont modifiés selon le fonctionnement du réseau :

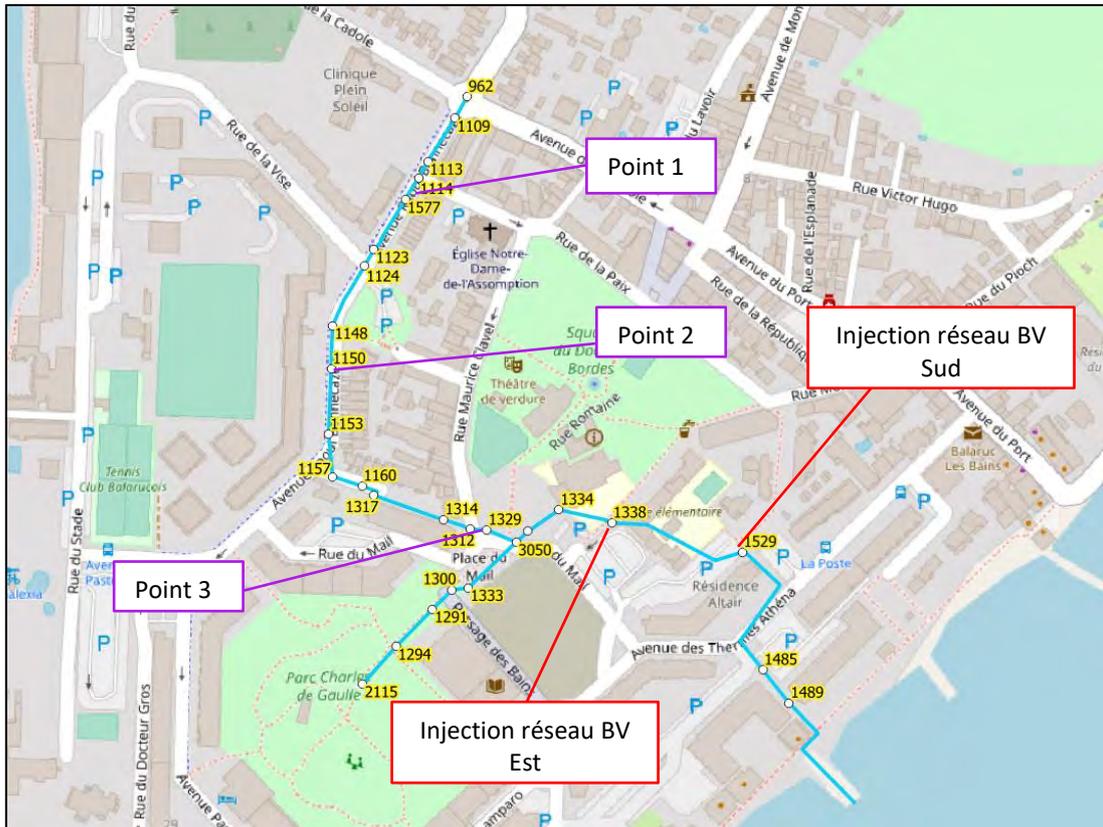
- Si le volume débordé en un point d'injection d'hydrogramme est inférieur au volume de la pluie injectée, alors le réseau est capable d'évacuer une partie de celle-ci. Dans ce cas de figure, le point d'injection de la pluie est maintenu au point haut du bassin versant concerné, et son volume est réduit pour prendre en compte le fonctionnement du réseau.
- Si le volume débordé en un point d'injection est supérieur au volume de l'hydrogramme injecté, alors le réseau est insuffisant en ce point. Dans ce cas de figure, le point d'injection de l'hydrogramme est conservé au point haut du bassin versant et un point d'injection supplémentaire est ajouté au niveau du réseau.

Dans ce deuxième cas de figure, le bassin versant est fonctionné de cette manière pour toutes les occurrences et le bassin versant sud fonctionne de cette manière uniquement pour l'occurrence centennale.

Le volume provenant des autres points de débordement du réseau qui ne sont pas des nœuds d'injection sont simplement injectés en ces points et leur emplacement est détaillé dans un prochain chapitre.

*Voir Partie 4 chapitre 2.7 : Conditions aux limites*

La figure ci-dessous indique les différents emplacements des points de débordements du réseau dans HEC-RAS :



**Illustration 47 : Positionnement des points de débordement dans HEC-RAS**

Les hydrogrammes injectés aux points hauts des bassins versants sont détaillés dans le chapitre suivant consacré à la description du modèle sous HEC-RAS dans la Partie 4 chapitre 2.7 : *Conditions aux limites*.

Le tableau ci-dessous reprend les volumes modélisés pour chaque point de débordement concerné et pour chaque occurrence :

<b>Injection</b>	<b>Volume Tr 2 ans (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume Tr 5 ans (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume Tr 10 ans (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume Tr 100 ans (m<sup>3</sup>)</b>
<b>BV Nord</b>	1 080	1 687	2 335	4 879
<b>BV Est</b>	1 000	1 316	1 689	2 934
<b>BV Est injection réseau</b>	171	223	277	337
<b>BV Ouest</b>	377	647	1 090	2 988
<b>BV Sud</b>	433	689	1 709	3 766
<b>BV Sud injection réseau</b>	0	0	0	1 284
<b>BV Sud-Ouest</b>	137	218	334	902
<b>Point de débordement 1</b>	1 519	1 766	1 895	2 222
<b>Point de débordement 2</b>	111	157	188	235
<b>Point de débordement 3</b>	2 879	3 145	3 585	4 167

Tableau 19 : Volumes entrant dans le réseau par l'exutoire pour les différentes périodes de retour considérées

## 2

# MODELISATION DU RISQUE INONDATION

## 2.1 Généralités

Dans le cadre de ce dossier, une modélisation hydraulique a été réalisée dont l'objectif est de caractériser le risque inondation au droit du quartier du Cœur de Station en situation existante. Dans la deuxième phase de l'étude, l'impact des scénarios d'aménagement sur l'emprise de la zone inondable et les hauteurs d'eau associées sera évalué durant des événements pluvieux courants et intenses (crues d'occurrences 2, 5, 10 et 100 ans). Ce point est réalisé au sein d'un modèle hydraulique 2D sous le logiciel HEC-RAS.

L'approche méthodologique retenue dans le cadre de l'étude est la suivante :

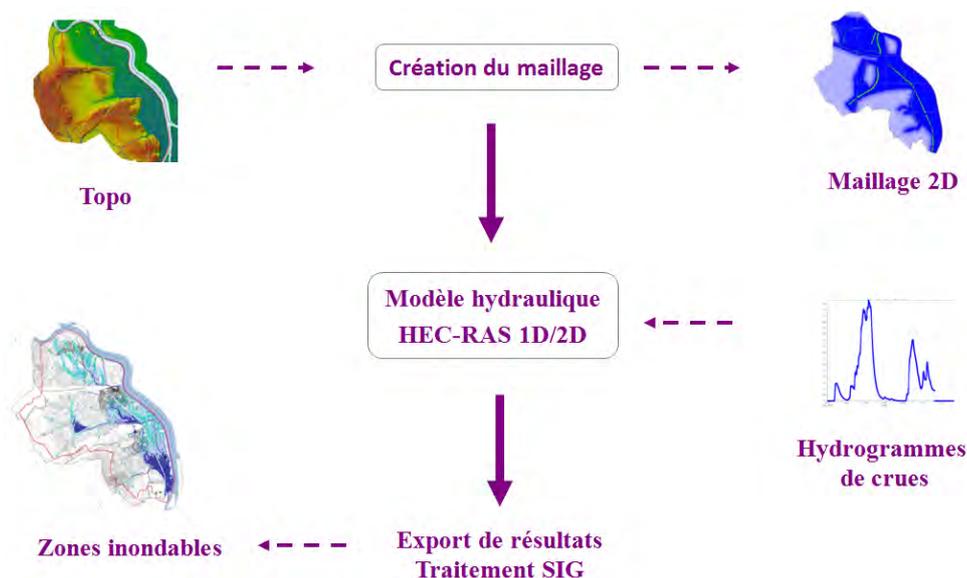
1. La modélisation de la crue centennale en situation non aménagée pour permettre le calage du modèle. En l'absence d'inondation historique mesurée, la crue de référence retenue est issue d'un événement pluviométrique d'occurrence centennale.
2. La modélisation des occurrences 2, 5 et 10 ans avec l'intégration du réseau d'eau pluvial dans les injections.

Quatre scénarios de crues ont donc fait l'objet de simulation : la crue biennale, la crue quinquennale, la crue décennale, la crue centennale.

L'étude réalisée par BRL Ingénierie en 2019 dans le cadre du SLGRI intègre une modélisation hydraulique couvrant les secteurs de Balaruc-Les-Bains pour les occurrences décennale, centennale et millénaire. Le calage est effectué sur les données spatiales récupérées en format SIG pour la crue centennale.

## 2.2 Modèle utilisé

Pour répondre aux besoins de compréhension fine du ruissellement au droit du secteur et pour mesurer les impacts des scénarios lors de la phase 2, la situation existante est établie dans le présent rapport. Ce point est réalisé au sein d'un modèle hydraulique 2D sous le logiciel HEC-RAS. Ce modèle nous semble en adéquation avec la configuration du secteur d'étude et les objectifs attendus. La modélisation 2D sous forme de maillage permet en effet d'intégrer finement l'emprise du projet au sein du modèle. Les impacts potentiels des scénarios pourront ainsi être observés à l'échelle du quartier.



**Illustration 48 : Principales étapes liées à la construction d'un modèle hydraulique**  
(Source : AquaGeoSphere, 2019)

Le module hydrodynamique de HEC-RAS 2D permet de modéliser toute zone assujettie à des écoulements multidirectionnels. Il simule les variations du niveau d'eau et des débits en réponse à une quantité de variables.

HEC-RAS 2D est particulièrement adapté aux milieux tels que les plaines inondables ou les zones urbaines et dispose d'un domaine d'application vaste (risque d'inondation et analyse détaillée des champs d'expansion de crues, rupture de barrage et de digue, etc.).

La propagation des ondes de crue s'appuie sur un maillage créé à partir de données topographiques surfaciques. La création de ce maillage est une étape importante pour la modélisation. Les cotes des points du maillage sont obtenues sur la base du MNT.

Les simulations permettent d'obtenir les niveaux d'eau et les composantes de la vitesse dans le domaine étudié.

## 2.3 Emprise du modèle

L'emprise du modèle hydraulique représente une zone de près de 114 ha délimitée sur la figure suivante. L'emprise du modèle reprend la totalité de la zone d'étude et du bassin versant intercepté par ce dernier.



Illustration 49 : Emprise du modèle

## 2.4 Données topographiques

Les données topographiques utilisées dans le cadre de cette étude sont issues du RGE ALTI 1m. Ce Modèle Numérique de Terrain (MNT) constitué par l'IGN a pour vocation la description du relief au pas de 1 m. La figure à la page suivante présente les données topographiques utilisées sur la zone d'étude. Le bâti a été intégré au relief pour une meilleure représentation des axes d'écoulements en zone urbaine.



Illustration 50 : Données topographiques exploitées pour la modélisation hydraulique  
(Source : IGN, AquaGeoSphere, 2022)

## 2.5 Coefficient de rugosité

Le coefficient de rugosité ( $C_r$ ) est un paramètre essentiel du modèle hydraulique. Il est directement lié à l'occupation des sols du secteur d'étude. De manière générale, une augmentation du coefficient de rugosité (coefficient de Manning) induit une diminution de la vitesse d'écoulement et parallèlement une augmentation des lignes d'eau. Cette capacité à freiner les écoulements participe dans une certaine mesure à la création de zones d'accumulation. A contrario, une diminution de ce coefficient accélère l'écoulement, ce qui entraîne une diminution des lignes d'eau.

Les coefficients de rugosité utilisés dans le cadre de la présente étude sont issus de la littérature et d'études hydrauliques similaires (voir tableau ci-après). La délimitation des zones considérées est basée sur la base de données BD OCS GE.

*Voir Partie 3 - chapitre 1.5 : Occupation du sol*

Occupation du sol	Coefficient de Manning ( $s/m^{1/3}$ )
Zones bâties	0,3
Zones non bâties	0,025
Formations herbacées	0,036
Zone à matériaux minéraux	0,025
Peuplement divers	0,16

**Tableau 20 : Coefficients de Manning associés à chaque occupation de sol**

## 2.6 Maillage du modèle

La construction d'un modèle hydraulique 2D passe par la discrétisation spatiale de l'emprise du modèle (création d'un maillage), qui a un impact sur la durée de la modélisation. Cette procédure permet de passer du domaine réel continu (analogique) au domaine numérique discret. Les équations du modèle peuvent ainsi être calculées en chaque nœud du maillage et à chaque pas de temps, ce qui permet de déterminer l'évolution des grandeurs physiques au cours du temps.

La discrétisation se fait par la génération d'un maillage recouvrant l'emprise du modèle (éléments finis). Le maillage peut avoir une résolution variable (par exemple, il est possible de densifier le maillage, c'est-à-dire de réduire la taille des mailles, au droit d'ouvrages clefs). Les lignes de structure permettent de forcer le maillage à suivre les contours naturels du terrain (route, digue, etc.).

Un coefficient de rugosité moyen est ensuite associé à chaque maille.

Les tailles de mailles retenues dans le cadre de la présente modélisation sont les suivantes :

- Un premier maillage grossier avec des mailles de 10 m de côté qui recouvre l'emprise du modèle ;
- Un maillage plus fin avec des mailles de 5 m de côté autour de la zone du Cœur de Station ;
- Un maillage très fin avec des mailles de 2 m de côté au bord des lignes de structures, sur l'emprise du projet et au niveau des zones à forts enjeux.

Il convient de noter que le logiciel HEC-RAS 2D fonctionne à une échelle plus fine que la maille en conservant une trace de l'information initiale apportée par le MNT. A cet égard, chaque maille possède une information détaillée et peut produire des résultats encore plus précis que la résolution du maillage.

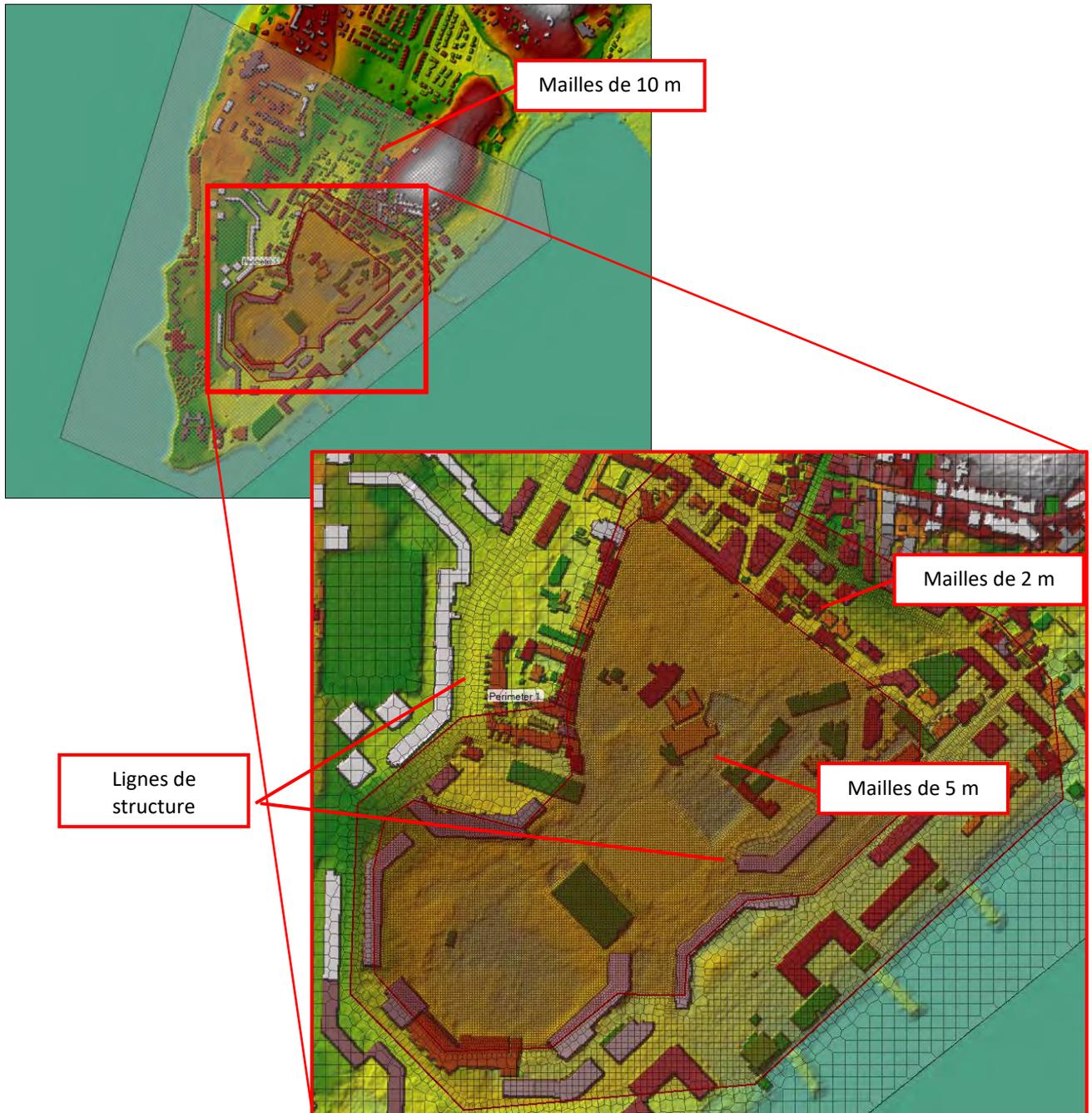


Illustration 51 : Maillage et lignes de structure au niveau de l'emprise du modèle

## 2.7 Conditions aux limites

La condition limite amont est constituée d'hydrogrammes de crue injectés dans le modèle. Les hydrogrammes des crues d'occurrence 2, 5, 10 et 100 ans, ont été dans un premier temps recréés à partir des données de pluies de la station météorologique la plus proche (voir Partie 3 – chapitre 4.2 : Hydrogrammes). Ensuite, les hydrogrammes ont été injectés dans le modèle du réseau pluvial sous SWMM. Les hydrogrammes finaux injectés dans le modèle HEC-RAS sont composés des hydrogrammes initiaux et des débordements du réseau.

*Voir Partie 4 - chapitre 1.3: Hydrogrammes issus de la modélisation SWMM*

Les deux points de débordement les plus hauts sont situés le long du réseau, au niveau de l'avenue Raoul Bonnacaze. Le premier point (1) regroupe les volumes débordés issus des nœuds n°1113, n°1123 et n°1577. Le deuxième point (2) de débordement représente le nœud n°1150. Le troisième point (3) de débordement reprend les débordements du nœud n°1329 et se situe au niveau de la place du Mail. Le quatrième point (4) de débordement reprend les débordements du nœud n°1529 et se situe au niveau du parking de la résidence Altair.

La condition limite aval est définie par le niveau de l'étang pour l'occurrence donnée. L'injection dans le modèle se présente sous la forme d'injections diffuses localisées sur la figure ci-après.

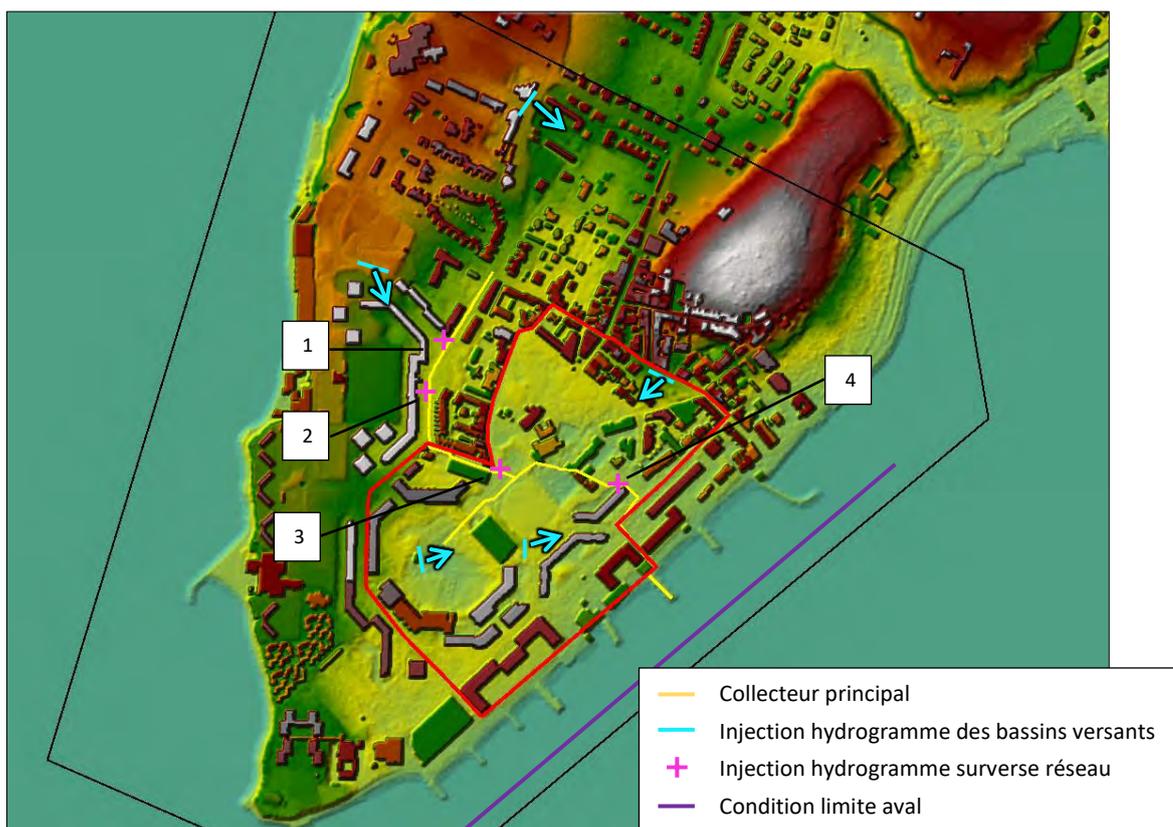


Illustration 52 : Contraintes amont et aval du modèle

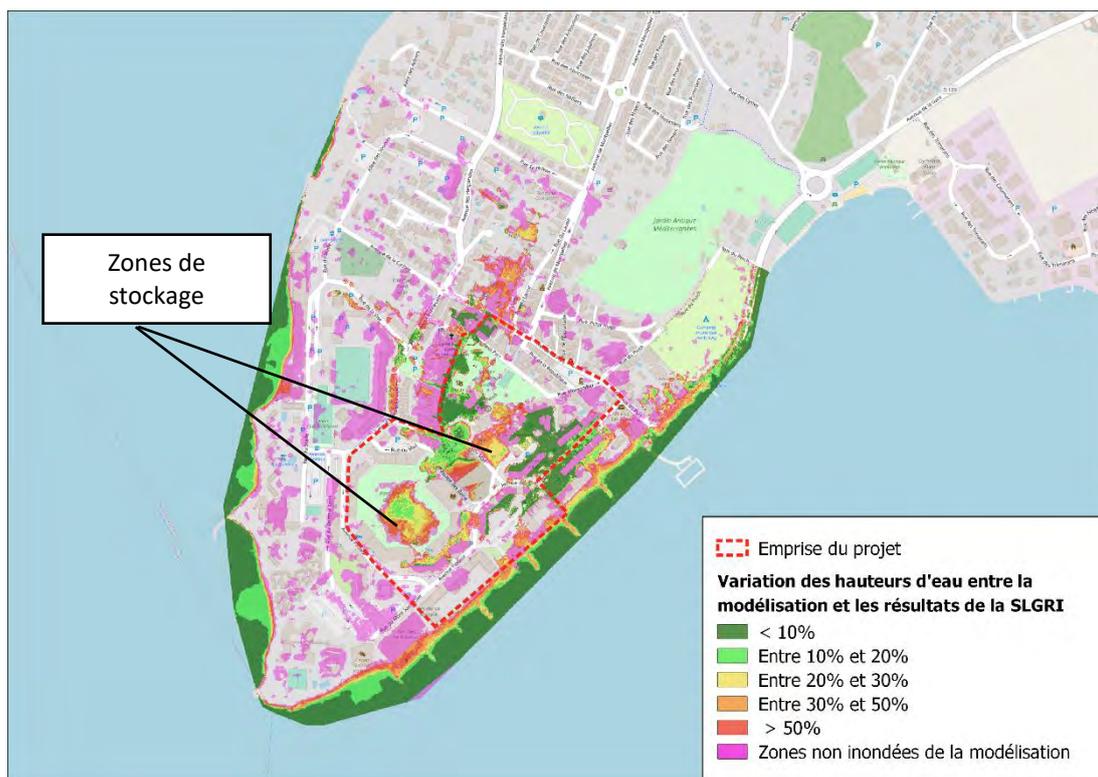
## 2.8 Calage du modèle

Le calage du modèle a été effectué au plus proche de l'emprise et des hauteurs d'eau indiquées dans les résultats de l'étude SLGRI de 2019. Les résultats de la modélisation de la crue centennale ont donc été comparés à ceux de l'étude réalisée par BRLi.

Les hypothèses BRLi pour la modélisation des cinq secteurs autour de l'étang de Thau sont décrites dans le rapport de la Phase II du SLGRI.

- Le modèle utilisé est InfoWorks RS ;
- La modélisation bidimensionnelle a été réalisée avec un maillage de 8 m sur la zone urbaine de Balaruc ;
- Les bâtiments ont été extrudés du maillage (intégrés au relief) ;
- Les volumes débordés du réseau enterré sont directement injectés à la maille 2D la plus proche au niveau des regards relevés dans l'étude du SDGEP ;
- Longueur de l'épisode pluvieux inconnue ;
- Les écoulements sur les secteurs non endigués sont calculés selon la loi 1D Barré de Saint-Venant ;
- Niveau marin de 1,5 mNGF pour l'occurrence centennale ;

La carte suivante présente la différence entre la modélisation réalisée dans la présente étude et celle réalisée par le bureau d'étude BRLi dans le cadre du SLGRI.



**Illustration 53 : Différence de hauteur d'eau entre le modèle de l'étude SLGRI et la simulation pour la crue d'occurrence centennale**

La différence entre les hauteurs d'eau est représentée en pourcentage. En rose sont représentées toutes les zones inondées dans le modèle SLGRI mais pas dans le modèle de l'étude. Globalement, les deux modèles donnent des résultats similaires, les hauteurs d'eau au niveau de la place du Mail, du parc Sévigné et vers les résidences privées au sud-est sont modélisées avec une différence moyenne inférieure à 10%.

Les résultats des deux modèles divergent au niveau des zones de stockage que représentent le parc Charles de Gaulle et le parking des écoles, ainsi que le long de la rue Maurice Clavel où les surfaces inondées sont significativement différentes. Cette différence peut s'expliquer par les différences de durée de pluie ou de simulation qui influent sur la quantité de volume injecté. Malheureusement, la durée des simulations et des pluies modélisées dans l'étude du SLGRI n'ont pas été décrites dans le rapport et restent inconnues.

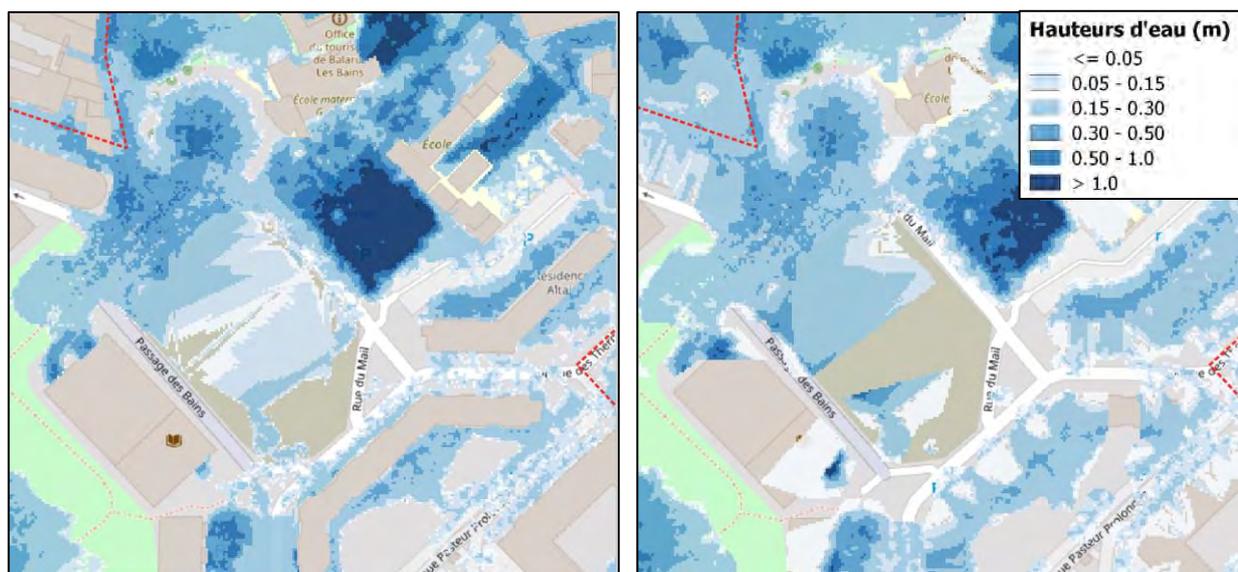
Les différences majeures en termes de surface inondée sont principalement dû à la considération du bâti dans la topographie du modèle. En effet, le bâti a été indiqué comme étant extrudé de la modélisation du SLGRI mais les zones bâties sont toutes indiquées en rose. Les surfaces inondées sont moins étendues dans la modélisation de l'étude et les hauteurs d'eau sont plus grandes, car les écoulements suivent les axes préférentiels que sont les rues.

Le modèle du SLGRI a été construit sur base d'un modèle de pluie diffuse, c'est pour cela que de multiples zones inondées isolées sont présentes dans le modèle SLGRI.

En termes de submersion marine, la modélisation du SLGRI comporte une surface côtière inondée élargie. Les hauteurs d'eau à la surface de l'étang sont en moyenne 30 cm plus hautes dans la modélisation du SLGRI que dans la modélisation de l'étude. Le modèle SLGRI considère le niveau de l'étang à 1,5 mNGF, qui est supérieure à la cote de 1,17 mNGF considérée dans la présente étude.

Au droit du parking de la place du mail, la simulation du SLGRI montre une zone qui n'est qu'à moitié inondée, et où la construction sur la partie sèche paraît possible. Cependant dans notre modèle de l'étude, la zone est entièrement inondée. Dans la moitié inondée, les hauteurs d'eau sont comprises entre 20 cm et 60 cm alors que dans la présente étude, les hauteurs varient entre 0 et 20 cm sur l'ensemble de la zone.

Par ailleurs, sur la figure ci-dessous, les différences dues à l'intégration du bâti dans le modèle sont clairement visibles au niveau du bâti des résidences.



**Illustration 54 : Différence entre le modèle de l'étude SLGRI (à droite) et la simulation (à gauche) pour la crue d'occurrence centennale au droit du parking de la place du Mail**

L'emprise de la zone inondée modélisée reste très similaire au zonage du SLGRI, comme le montre la figure à la page suivante qui compare les résultats en crue centennale. L'axe principal des écoulements est observable sur les deux cartes.

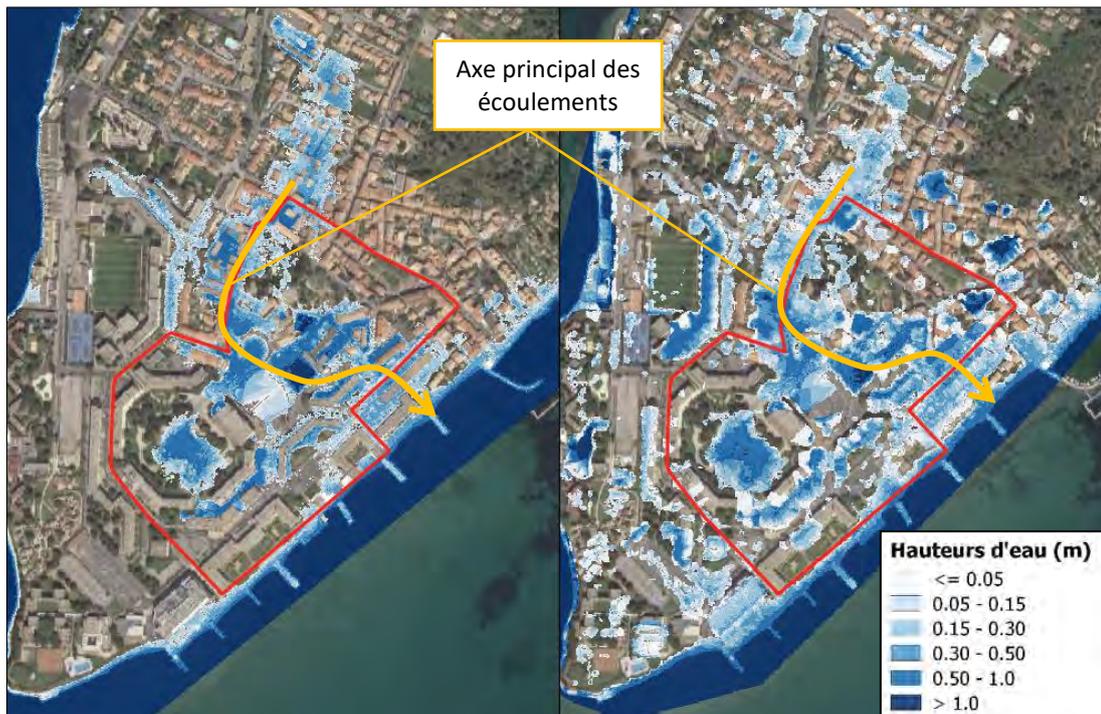


Illustration 55 : Différence entre le modèle de l'étude SLGRI (à droite) et la simulation (à gauche) pour la crue d'occurrence centennale

## 2.9 Analyse de sensibilité

L'objectif d'une analyse de sensibilité est de permettre à l'utilisateur d'évaluer l'impact relatif des paramètres d'entrée sur les résultats de la simulation. L'analyse de sensibilité est définie comme étant la quantification de l'effet d'une ou de plusieurs variables d'entrée sur la ou les variables de sortie.

Dans le cadre de ce modèle, l'analyse a pour but de quantifier l'influence du débit de la crue centennale et des coefficients de rugosité du sol sur les hauteurs d'eau maximales simulées au droit de la zone d'étude.

L'étude de sensibilité a été établie pour 3 valeurs : la première étant la valeur de référence calculée, les 2 autres constituant les marges de sensibilité allant de - 10% à +10%.

Le taux de variation ( $T_s$ ) est alors calculé en pourcentage :

$$T_s = ((V_E - V_{E_{\text{réf}}}) / V_{E_{\text{réf}}}) \times 100$$

Où :  $V_{E_{\text{réf}}}$  : Valeur de référence de la variable analysée ;

$V_E$  : Valeur correspondant à une variation donnée de la variable analysée.

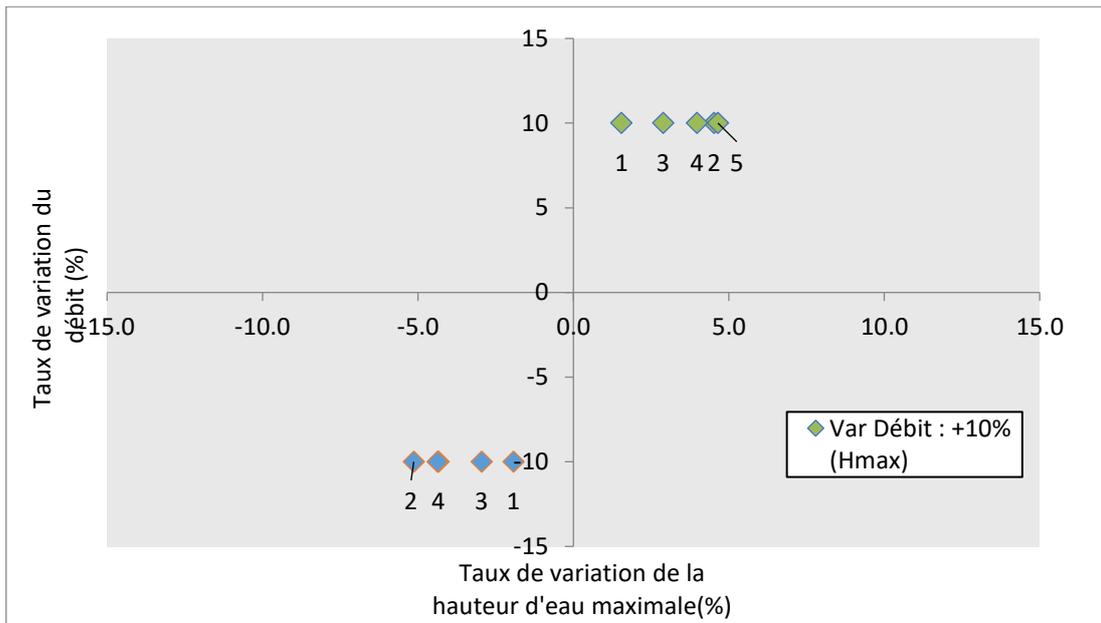
Le test de sensibilité est réalisé dans le cadre de la modélisation de la crue centennale en situation existante. L'analyse est réalisée en 5 points tels que localisés sur la carte suivante. Les points choisis ont pour objectif de s'étendre sur la zone inondée à proximité des zones d'intérêt. Le point n°1 est situé au droit du parking de l'école Le Petit Prince qui est une zone de stockage, le point n°2 se trouve également dans une zone de stockage au droit du parc Charles de Gaulle, le point n°3 est situé proche des commerces de la rue Maurice Clavel, le point n°4 est situé à proximité immédiate de la place du Mail et le point n°5 est placé au niveau du parking de la résidence Altaïr.



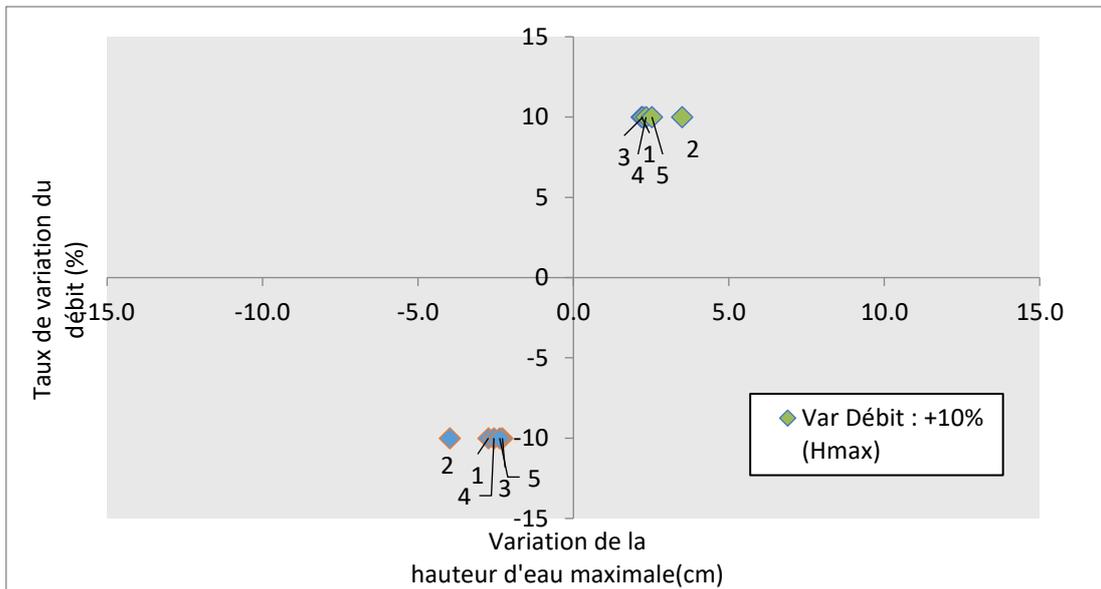
**Illustration 56 : Localisation des cinq points de l'analyse de sensibilité**

Les résultats présentés sur les figures des pages suivantes montrent que pour tous les points, les variations de hauteurs d'eau maximales sont inférieures à 5%, aussi bien pour la variation du débit que des coefficients de rugosité.

Une augmentation ou une diminution de 10% du débit induit des variations des hauteurs d'eau maximales d'au plus 4 cm.

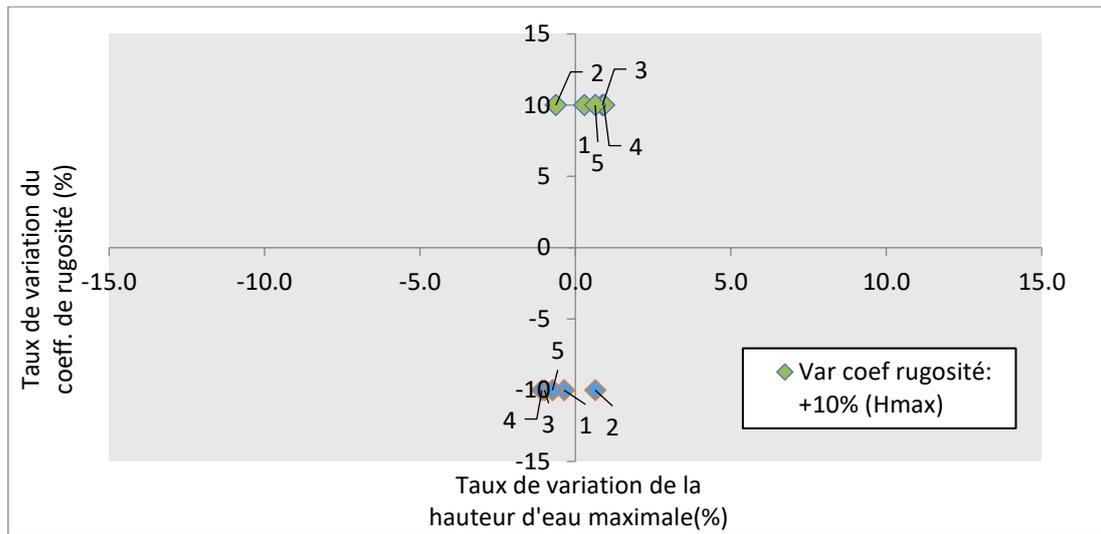


**Illustration 57 : Taux de variation de la hauteur d’eau modélisée en fonction de la variation des débits du modèle (pourcentage)**

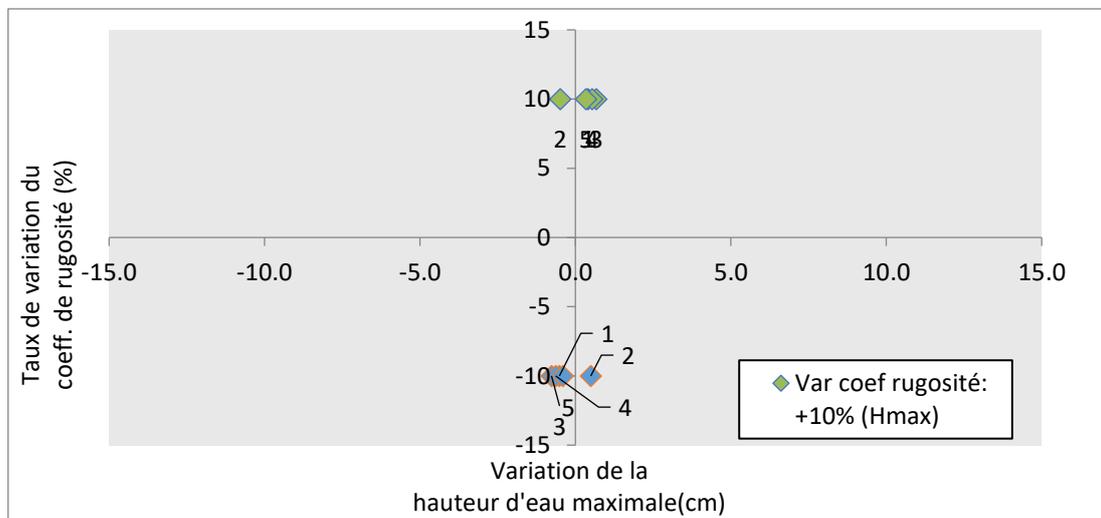


**Illustration 58 : Variation de la hauteur d’eau maximale modélisée en fonction de la variation des débits du modèle (centimètres)**

Une augmentation ou une diminution de 10% des coefficients de rugosité sur la zone d’étude induit des variations des hauteurs d’eau maximales d’au plus 1 cm.



**Illustration 59 : Taux de variation de la hauteur d'eau modélisée en fonction de la variation des coefficients de rugosité du modèle (pourcentage)**



**Illustration 60 : Variation de la hauteur d'eau maximale modélisée en fonction de la variation des coefficients de rugosité du modèle (centimètres)**

Le modèle est légèrement plus sensible lors des variations de débit que des variations de coefficient de rugosité. Cependant, l'analyse des variations de ces deux variables induisent peu de fluctuations en termes de hauteurs d'eau, ainsi **le modèle peut être considéré comme robuste**.

## 2.10 Résultats du modèle

### 2.10.1 Sens des écoulements au droit du Cœur de Station

Les données issues de la modélisation dynamique des écoulements sous HECRAS permettent la visualisation précise du sens des écoulements des eaux pluviales au droit du secteur d'étude. La carte présentée à la page suivante reprend schématiquement le résultat de cette analyse.

Globalement toutes les occurrences possèdent les mêmes dynamiques d'écoulements à l'échelle du quartier. Dans un premier temps au droit de la place du Mail, le réseau pluvial commence à déborder puis les écoulements provenant du bassin versant nord s'ajoutent à l'inondation. Le parc Charles de Gaulle est une zone isolée des autres bassins versants car elle ne capte que le ruissellement provenant du parc et les résurgences du réseau en son centre.



Illustration 61 : Principaux sens d'écoulements des eaux au droit du Cœur de Station

## 2.10.2 Modélisation des crues centennale et décennale en situation existante

Les résultats présentés ci-après se portent sur l'**évènement centennal**. Dans ce cas, **la zone d'étude est largement inondée**. Les illustrations suivantes indiquent les hauteurs d'eau pour un évènement centennal au droit du projet.

Une fois que l'eau s'est accumulée au centre du secteur, les écoulements rejoignent l'étang au droit d'un passage bas au niveau de la résidence Altaïr. Ce phénomène de jointure entre l'étang et la zone inondée au centre du secteur est observé pour les occurrences décennale et centennale.

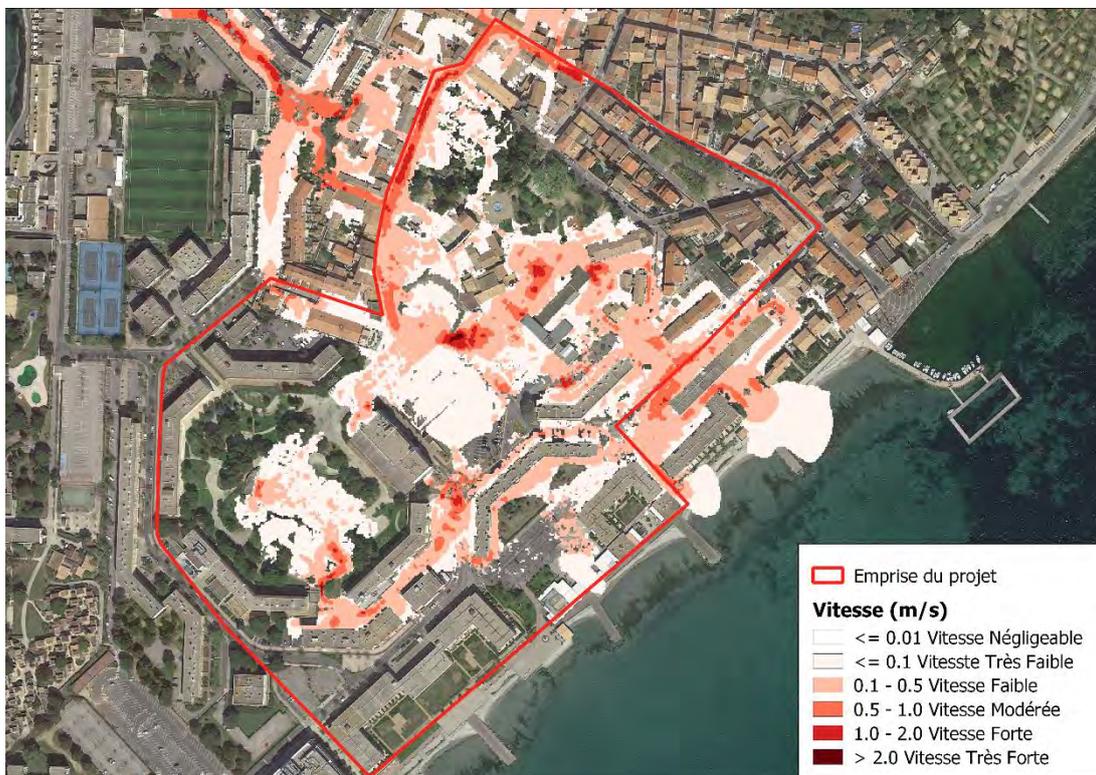


**Illustration 62 : Hauteurs d'eau maximales et sens des écoulements pour l'évènement centennal en situation existante au droit du projet**

Les zones 1 et 1bis regroupent les principales zones de stockage du Cœur de Station où les hauteurs d'eau sont élevées et les vitesses des écoulements sont faibles. Le niveau maximal d'eau observé est localisé dans la zone du parking de l'école Petit Prince (1bis) et s'élève à 1,5 m. Au droit du parc Charles de Gaulle (1), les hauteurs maximales atteignent 80 cm.

Le long de la rue Maurice Clavel, les hauteurs d'eau sont élevées et varient entre 25 et 80 cm selon la topographie de la rue. La cote d'inondation se situe à 2,05 mNGF.

Les vitesses les plus importantes sont observées le long de la rue Maurice Clavel où la vitesse maximale atteinte est de 0,9 m/s. Les vitesses sont également très fortes au niveau du passage entre la place du Mail et le parking de l'école le Petit Prince où elles dépassent 2 m/s. A cet endroit, la topographie comporte une pente de l'ordre de 5% qui accélère les écoulements. La rue du Mail est légèrement en remblais par rapport au parking de la place, ce qui crée un rétrécissement par lequel les écoulements passent plus rapidement.



**Illustration 63 : Vitesses des écoulements pour l'évènement centennal au droit du projet en situation existante**

Les différentes illustrations des hauteurs d'eau et des vitesses des écoulements sont visualisables sur des cartes en annexe.

*Voir annexe 1 – Cartes 1a et 1b*

La figure à la page suivante représente les hauteurs d'eau maximales au niveau des bâtiments. Elle permet de visualiser les bâtiments impactés par les inondations d'un point de vu sécuritaire, puisque l'on considère la hauteur d'eau maximale à proximité du bâtiment sans prendre en compte les points d'engouffrement ou le niveau du seuil du plancher.

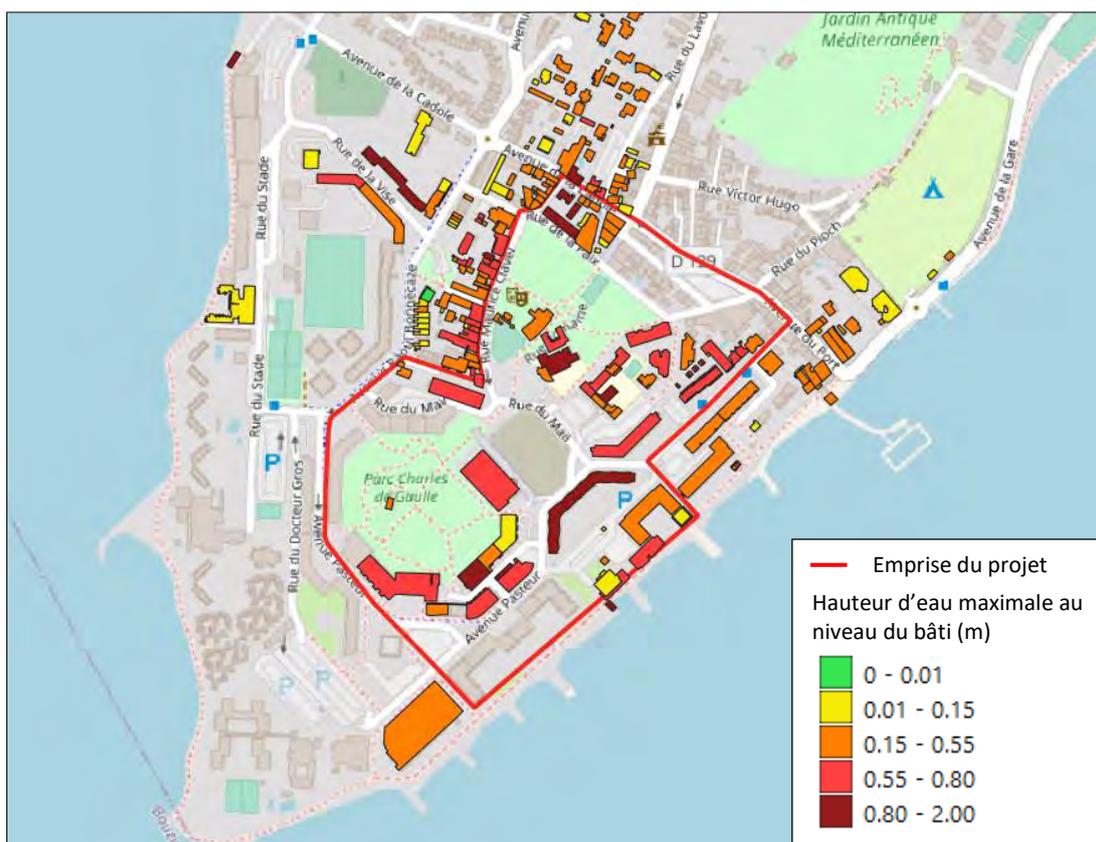


Illustration 64 : Hauteur d'eau à proximité du bâti en situation existante pour la crue centennale

Les résultats présentés ci-après se portent sur l'évènement décennal. Le fonctionnement hydraulique du secteur lors d'une crue décennale est similaire à la situation en crue centennale. Les écoulements de forte intensité arrivent du nord-est de la zone d'étude, puis se concentrent au niveau de la place du Mail avant de poursuivre leur cheminement par la zone de la résidence Altaïr pour enfin rejoindre l'étang de Thau.

Le niveau maximal d'eau observé est localisé dans la zone du parking de l'école Petit Prince et s'élève à 1,36 m. Le long de la rue Maurice Clavel les hauteurs d'eau sont élevées et varient entre 5 et 75 cm selon la topographie de la rue. La cote d'inondation se situe à 1,97 mNGF.

Au droit du parc Charles de Gaulle, les hauteurs maximales atteignent 45 cm.

Les illustrations suivantes indiquent les hauteurs d'eau pour un évènement décennal au droit du projet.

Les vitesses les plus importantes sont observées le long des voiries. Les vitesses au niveau du passage entre la place du Mail et le parking de l'école le Petit Prince dépassent 1 m/s.

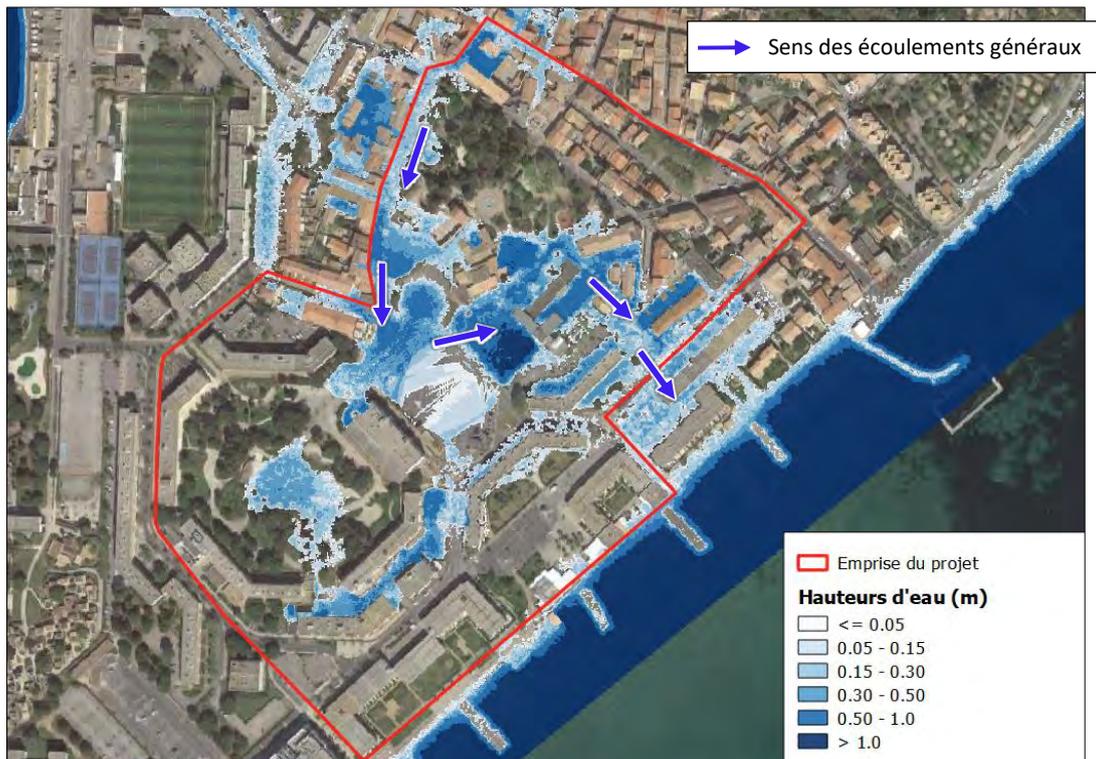


Illustration 65 : Hauteurs d'eau maximales et sens des écoulements pour l'évènement décennal en situation existante au droit du projet

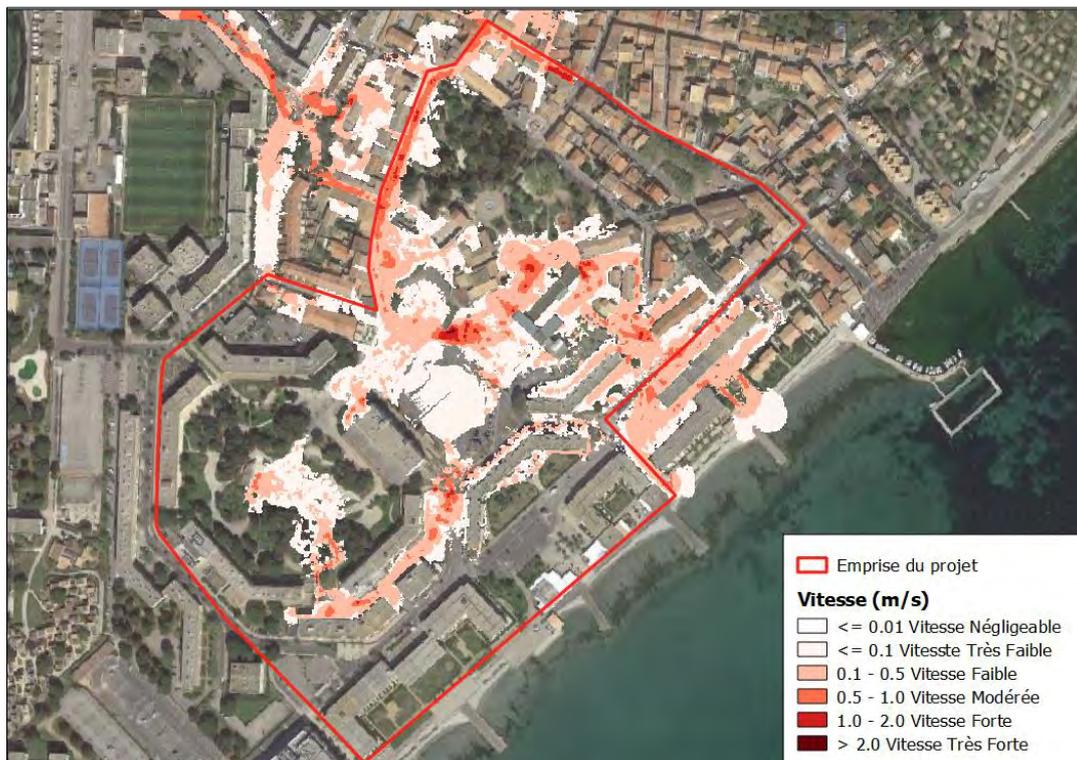


Illustration 66 : Vitesses des écoulements pour l'évènement décennal au droit du projet en situation existante

Les différentes illustrations des hauteurs d'eau et des vitesses des écoulements sont visualisables sur des cartes en annexe.

Voir annexe 1 – Cartes 2a et 2b

### 2.10.3 Modélisation des crues d'occurrences 5 et 2 ans en situation existante

Les résultats présentés ci-après se portent sur l'évènement quinquennal. Dans ce cas, la zone d'étude est inondée principalement au nord-est. Les illustrations suivantes indiquent les hauteurs d'eau pour un évènement quinquennal au droit du projet.

Les axes d'écoulements principaux sont similaires à ceux des simulations d'occurrences plus fortes, cependant les eaux ne rejoignent pas l'étang.

Le niveau maximal d'eau observé est localisé dans la zone du parking de l'école Petit Prince et s'élève à 1,26 m. Au droit du parc Charles de Gaulle, les hauteurs maximales atteignent 26 cm.

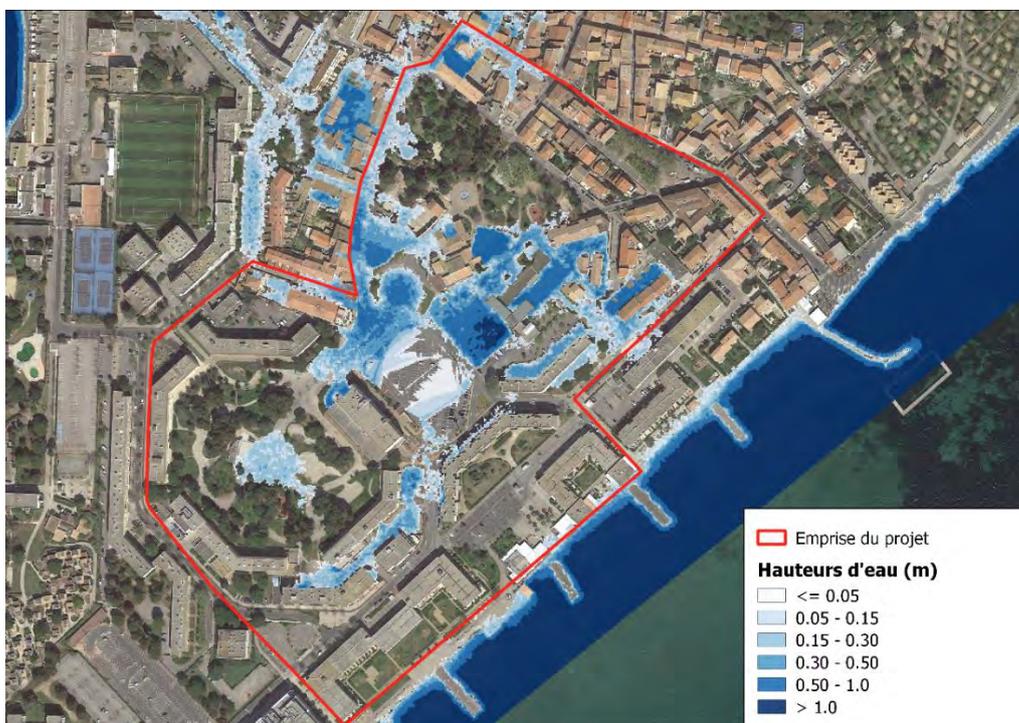
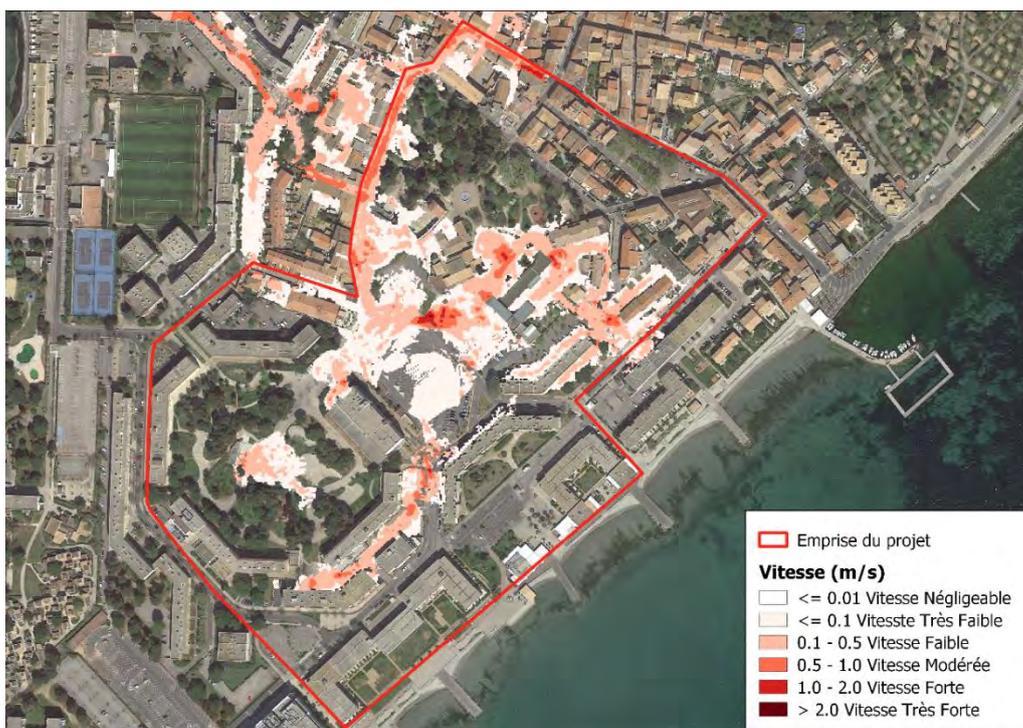


Illustration 67 : Hauteurs d'eau maximales et sens des écoulements pour l'évènement quinquennal en situation existante au droit du projet



**Illustration 68 : Vitesses des écoulements pour l'évènement quinquennal au droit du projet en situation existante**

Les différentes illustrations des hauteurs d'eau et des vitesses des écoulements sont visualisables sur des cartes en annexe.

*Voir annexe 1 – Cartes 3a et 3b*

Le fonctionnement hydraulique du secteur lors d'une crue biennale est similaire à la situation en crue quinquennale. Le niveau maximal d'eau observé est localisé dans la zone du parking de l'école Petit Prince et s'élève à 1,17 m. Au droit du parc Charles de Gaulle les hauteurs maximales atteignent 22 cm.

Lors de la crue biennale, l'influence du réseau est la source d'inondation la plus impactante au droit de la place du Mail. En effet, le débordement du réseau achemine les eaux dans les directions nord, vers la rue Maurice Clavel, et est en direction de la rue romaine (1).

Les différentes illustrations des hauteurs d'eau et des vitesses des écoulements sont visualisables sur des cartes en annexe.

*Voir annexe 1 – Cartes 4a et 4b*

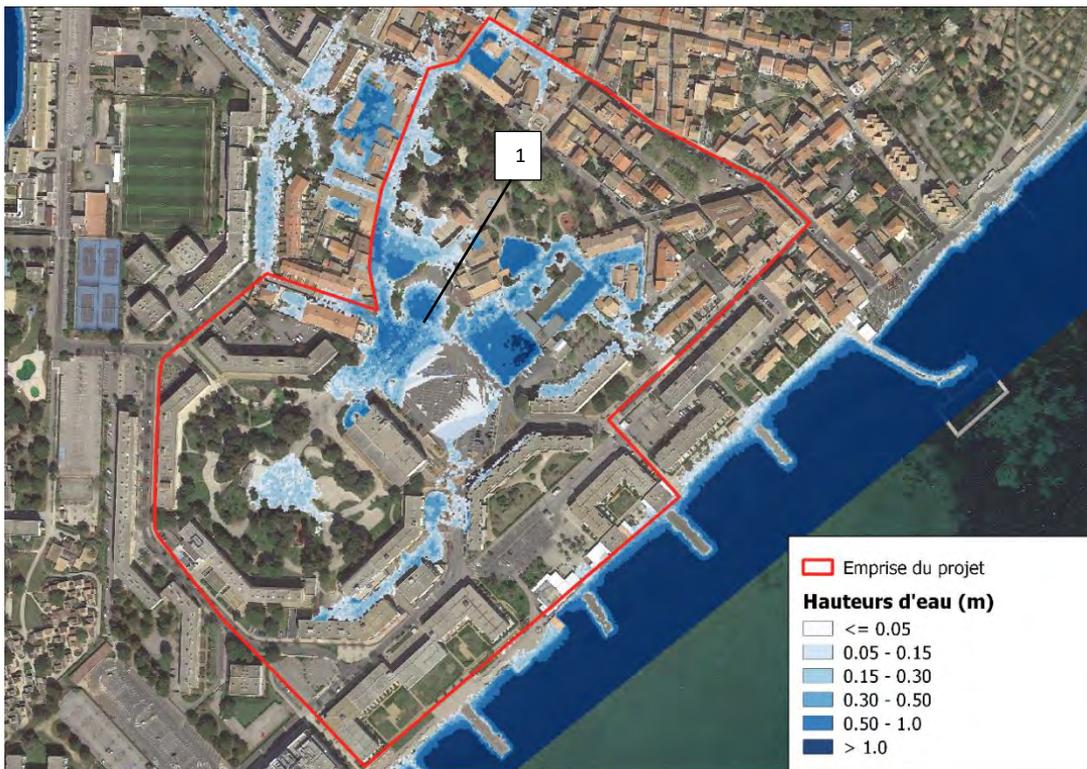


Illustration 69 : Hauteurs d'eau maximales et sens des écoulements pour l'évènement biennal en situation existante au droit du projet

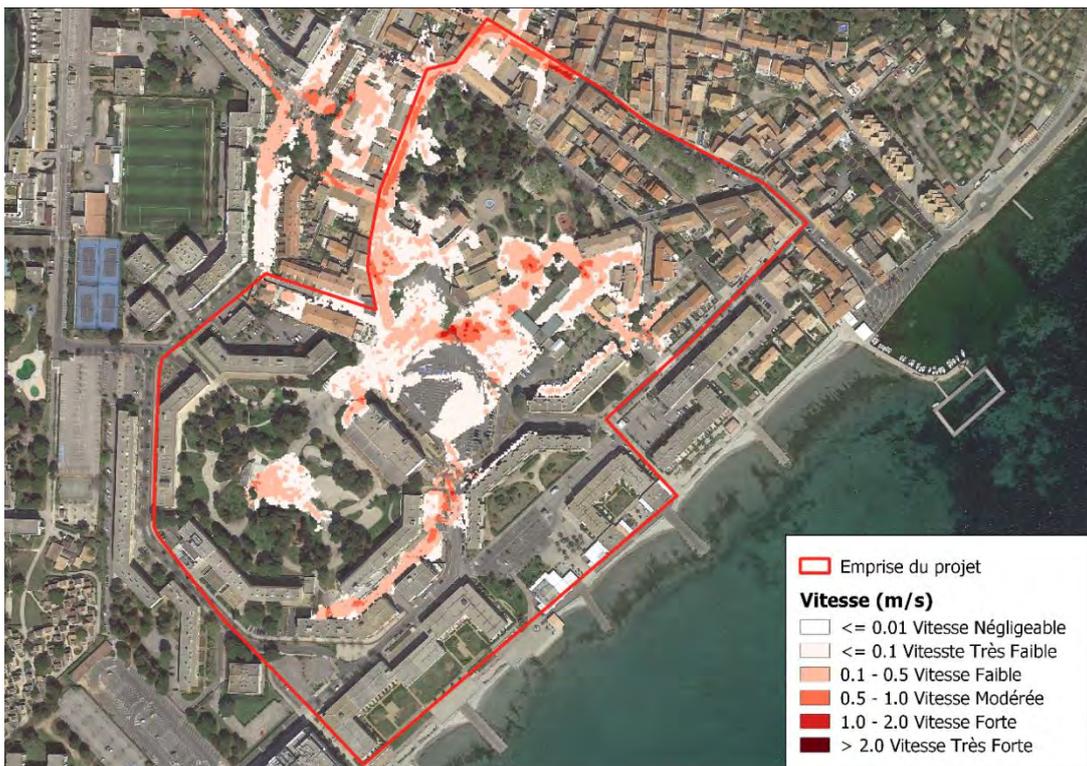


Illustration 70 : Vitesses des écoulements pour l'évènement biennal au droit du projet en situation existante



## **PARTIE 5**

## **CONCLUSION**

Dans le cadre du projet de l'aménagement urbain du Cœur de Station de la commune de Balaruc-Les-Bains (34), la phase 1 du diagnostic a été réalisée. Elle comprend l'étude des problématiques liées à la gestion des eaux pluviales et du risque inondation. De ce fait, la présente étude crée des bases de connaissances solides pour l'élaboration de scénarios urbains résilients vis-à-vis de la gestion des eaux pluviales du secteur de la Presqu'île.

Le quartier du Cœur de Station, d'une superficie d'environ 17 ha, est localisé au sud-est de la pointe de la commune de Balaruc-Les-Bains. Le projet se situe sur la Presqu'île de Balaruc-Les-Bains au bord de l'étang de Thau. La commune se situe dans une zone relativement plate où les pentes vont de 1 à 4%, et aucun cours d'eau significatif ne s'y trouve. La zone urbaine est reprise dans le zonage PPRI de la commune pour le risque de submersion marine, mais aussi dans l'emprise inondable par ruissellement portée à connaissance par les études de la Stratégie Locale de Gestion du Risque Inondation de Thau (SLGRI). Le Cœur de Station se trouve également en zone d'aléa pour le risque de débordement de nappes.

Le secteur fait face à diverses problématiques hydrauliques tel que la submersion marine, les inondations par ruissellement urbain et débordement de réseau, des zones de topographie basse, la pollution des eaux, le risque de remontée de nappe et le phénomène d'inversac.

L'objet de la présente notice est de faire un bilan du contexte réglementaire en termes d'hydraulique et de gestion de l'eau, de synthétiser les résultats issus des études antérieures et de caractériser l'état actuel de l'aléa inondation grâce à une modélisation hydraulique 2D.

Dans un premier temps, le cadre réglementaire concerne les exigences liées à la gestion des eaux au niveau du SDAGE RM, du SDGEP, du SLGRI, du PPRI, du PLU ainsi que des obligations éventuelles afférentes à la Loi sur l'Eau. Seule une rubrique relative à la Loi sur l'Eau est susceptible d'être concernée par le projet à ce stade : la 2.1.5.0, relative à la gestion des eaux pluviales de surfaces captant les écoulements d'un bassin versant de plus d'un hectare. Le PLU de la commune de Balaruc-Les-Bains indique également qu'en termes de gestion des eaux pluviales, le zonage du Schéma Directeur de Gestion des Eaux pluviales est à respecter. Le zonage d'assainissement pluvial décrit les dispositifs à prendre en termes de gestion quantitative et qualitative des eaux.

Dans un deuxième temps, les problématiques hydrauliques du Cœur de Station ont fait l'objet d'études hydrauliques depuis 2004. La plupart des études présentées ont été réalisées dans le but de réduire le risque inondation au droit de la Presqu'île. Malgré la multitude de solutions techniques proposées par le passé, peu ont pu être mises en œuvre sur le territoire de la Presqu'île. Les raisons principales ayant empêchées la réalisation des solutions projetées sont les contraintes financières, les contraintes foncières, l'impossibilité de réduire suffisamment le risque inondation et la faible pérennité des aménagements avec de fortes contraintes d'exploitation et d'entretien. Les zones régulièrement impactées par les inondations se situent au niveau du Parc Charles de Gaulle, des commerces de la rue Maurice Clavel, de la Place du Mail, de la cours de l'école Petit Prince et du parking des résidences privées Altaïr.

Finalement, une étude hydrologique a été réalisée. Cette étude a pour objectif de déterminer sur le secteur d'étude les débits associés à différentes occurrences de pluies : biennale, quinquennale, décennale et centennale.

Le risque inondation par ruissellement de surface au droit du projet en situation existante a ensuite pu être modélisé. Dans un premier temps, les hydrogrammes ont été déterminés pour les occurrences 2, 5, 10 et 100 ans. Dans un deuxième temps, le fonctionnement du collecteur principal du réseau pluvial a été modélisé sous SWMM afin de connaître les zones de débordement du réseau. Dans un troisième temps, une modélisation du ruissellement pluvial et du débordement du réseau a été réalisée pour modéliser les écoulements de surface.

Les observations au niveau du réseau montrent que 56% du tronçon modélisé est insuffisant pour la gestion des événements biennaux, et que le niveau de l'étang à lui seul est capable de causer des débordements au points bas du réseau.

La modélisation sous HEC-RAS met en évidence que de manière générale, toutes les occurrences possèdent les mêmes dynamiques d'écoulements à l'échelle du quartier. Dans un premier temps au droit de la place du Mail, le réseau pluvial commence à déborder puis les écoulements provenant du bassin versant nord s'ajoutent à l'inondation. Le parc Charles de Gaulle est une zone isolée des autres bassins versants, car elle ne capte que le ruissellement provenant du parc et les résurgences du réseau en son centre.

Dans le cas d'événements décennaux ou centennaux, la zone est plus largement inondée. Les vitesses les plus importantes sont observées le long de la rue Maurice Clavel et au niveau du passage entre la place du Mail et le parking de l'école le Petit Prince. Dans le cas d'événements biennaux ou quinquennaux, la zone d'étude est principalement inondée au nord-est.

La présente étude a pour objectif de modéliser les ruissellements de surface pour caractériser le risque inondation pour différentes occurrences, afin de pouvoir élaborer des scénarios urbains résilients vis-à-vis du risque inondation. La compréhension fine des écoulements permet d'identifier les solutions possibles et plus particulièrement les solutions de gestion des eaux pluviales alternatives. Les scénarios seront élaborés dans le cadre de la deuxième phase de l'étude.



## ANNEXE 1

# PIECES GRAPHIQUES

---



# Etude de programmation urbaine du Coeur de Station

## Phase 1 : Diagnostic de l'état initial

### Balaruc-Les-Bains

Hauteurs d'eau maximales modélisées pour la crue centennale

Situation existante

#### Légende

 Emprise du projet

Hauteurs d'eau (m)

 <= 0.05

 0.05 - 0.15

 0.15 - 0.30

 0.3 - 0.5

 0.50 - 1.0

 > 1.0



0 100 200 m



Ref : 21AGS144 - SR

Demandeur

Auteur d'étude

**BALARUC**  
LES BAINS

AQUA  
GEO SPHERE

Commune de Balaruc-  
Les-Bains

Ingénieurs conseils en  
gestion des eaux de  
surfaces et de  
l'environnement

Hôtel de Ville  
Avenue de Montpellier  
34 540 Balaruc-Les-Bains

[www.aquageosphere.com](http://www.aquageosphere.com)

juin 2022



# Etude de programmation urbaine du Coeur de Station

## Phase 1 : Diagnostic de l'état initial

### Balaruc-Les-Bains

Vitesses maximales modélisées pour la crue centennale

Situation existante

#### Légende

 Emprise du projet

Vitesses (m/s)

  $\leq 0.01$  Vitesse Négligeable

  $\leq 0.1$  Vitesse Très Faible

 0.1 - 0.5 Vitesse Faible

 0.5 - 1.0 Vitesse Modérée

 1.0 - 2.0 Vitesse Forte

  $> 2.0$  Vitesse Très Forte



0 100 200 m

Ref : 21AGS144 - SR

Demandeur

Auteur d'étude

**BALARUC**  
LES BAINS

AQUA  
GEO SPHERE

Commune de Balaruc-  
Les-Bains

Ingénieurs conseils en  
gestion des eaux de  
surfaces et de  
l'environnement

Hôtel de Ville  
Avenue de Montpellier  
34 540 Balaruc-Les-Bains

[www.aquageosphere.com](http://www.aquageosphere.com)

juin 2022



# Etude de programmation urbaine du Coeur de Station

## Phase 1 : Diagnostic de l'état initial

### Balaruc-Les-Bains

Hauteurs d'eau maximales modélisées pour la crue décennale

Situation existante

#### Légende

 Emprise du projet

Hauteurs d'eau (m)

 <= 0.05

 0.05 - 0.15

 0.15 - 0.30

 0.3 - 0.5

 0.50 - 1.0

 > 1.0



0 100 200 m



Ref : 21AGS144 - SR

Demandeur

Auteur d'étude

**BALARUC**  
LES BAINS

AQUA  
GEO SPHERE

Commune de Balaruc-  
Les-Bains

Ingénieurs conseils en  
gestion des eaux de  
surfaces et de  
l'environnement

Hôtel de Ville  
Avenue de Montpellier  
34 540 Balaruc-Les-Bains

[www.aquageosphere.com](http://www.aquageosphere.com)

juin 2022



**Etude de programmation  
urbaine du Coeur de Station**

**Phase 1 : Diagnostic de l'état  
initial**

**Balaruc-Les-Bains**

Vitesses maximales modélisées  
pour la crue décennale

Situation existante

**Légende**

 Emprise du projet

Vitesses (m/s)

  $\leq 0.01$  Vitesse Négligeable

  $\leq 0.1$  Vitesse Très Faible

 0.1 - 0.5 Vitesse Faible

 0.5 - 1.0 Vitesse Modérée

 1.0 - 2.0 Vitesse Forte

  $> 2.0$  Vitesse Très Forte



0 100 200 m

Ref : 21AGS144 - SR

Demandeur

Auteur d'étude

**BALARUC**  
LES BAINS

AQUA  
GEO SPHERE

Commune de Balaruc-  
Les-Bains

Ingénieurs conseils en  
gestion des eaux de  
surfaces et de  
l'environnement

Hôtel de Ville  
Avenue de Montpellier  
34 540 Balaruc-Les-Bains

[www.aquageosphere.com](http://www.aquageosphere.com)

juin 2022



# Etude de programmation urbaine du Coeur de Station

## Phase 1 : Diagnostic de l'état initial

### Balaruc-Les-Bains

Hauteurs d'eau maximales modélisées pour la crue quinquennale

Situation existante

#### Légende

 Emprise du projet

Hauteurs d'eau (m)

 <= 0.05

 0.05 - 0.15

 0.15 - 0.30

 0.3 - 0.5

 0.50 - 1.0

 > 1.0



0 100 200 m



Ref : 21AGS144 - SR

Demandeur

Auteur d'étude

**BALARUC**  
LES BAINS

AQUA  
GEO SPHERE

Commune de Balaruc-  
Les-Bains

Ingénieurs conseils en  
gestion des eaux de  
surfaces et de  
l'environnement

Hôtel de Ville  
Avenue de Montpellier  
34 540 Balaruc-Les-Bains

[www.aquageosphere.com](http://www.aquageosphere.com)

juin 2022



# Etude de programmation urbaine du Coeur de Station

## Phase 1 : Diagnostic de l'état initial

### Balaruc-Les-Bains

Vitesses maximales modélisées pour la crue quinquennale

Situation existante

#### Légende

 Emprise du projet

Vitesses (m/s)

  $\leq 0.01$  Vitesse Négligeable

  $\leq 0.1$  Vitesse Très Faible

 0.1 - 0.5 Vitesse Faible

 0.5 - 1.0 Vitesse Modérée

 1.0 - 2.0 Vitesse Forte

  $> 2.0$  Vitesse Très Forte



0 100 200 m

Ref : 21AGS144 - SR

Demandeur

Auteur d'étude

**BALARUC**  
LES BAINS

AQUA  
GEO SPHERE

Commune de Balaruc-  
Les-Bains

Ingénieurs conseils en  
gestion des eaux de  
surfaces et de  
l'environnement

Hôtel de Ville  
Avenue de Montpellier  
34 540 Balaruc-Les-Bains

[www.aquageosphere.com](http://www.aquageosphere.com)

juin 2022



# Etude de programmation urbaine du Coeur de Station

## Phase 1 : Diagnostic de l'état initial

### Balaruc-Les-Bains

Hauteurs d'eau maximales modélisées pour la crue biennale

Situation existante

#### Légende

 Emprise du projet

Hauteurs d'eau (m)

 <= 0.05

 0.05 - 0.15

 0.15 - 0.30

 0.3 - 0.5

 0.50 - 1.0

 > 1.0



0 100 200 m



Ref : 21AGS144 - SR

Demandeur

Auteur d'étude

**BALARUC**  
LES BAINS

AQUA  
GEO SPHERE

Commune de Balaruc-  
Les-Bains

Ingénieurs conseils en  
gestion des eaux de  
surfaces et de  
l'environnement

Hôtel de Ville  
Avenue de Montpellier  
34 540 Balaruc-Les-Bains

[www.aquageosphere.com](http://www.aquageosphere.com)

juin 2022



**Etude de programmation  
urbaine du Coeur de Station**

**Phase 1 : Diagnostic de l'état  
initial**

**Balaruc-Les-Bains**

Vitesses maximales modélisées  
pour la crue biennale

Situation existante

**Légende**

 Emprise du projet

Vitesses (m/s)

  $\leq 0.01$  Vitesse Négligeable

  $\leq 0.1$  Vitesse Très Faible

 0.1 - 0.5 Vitesse Faible

 0.5 - 1.0 Vitesse Modérée

 1.0 - 2.0 Vitesse Forte

  $> 2.0$  Vitesse Très Forte



0 100 200 m

Ref : 21AGS144 - SR

Demandeur

Auteur d'étude

**BALARUC**  
LES BAINS

AQUA  
GEO SPHERE

Commune de Balaruc-  
Les-Bains

Ingénieurs conseils en  
gestion des eaux de  
surfaces et de  
l'environnement

Hôtel de Ville  
Avenue de Montpellier  
34 540 Balaruc-Les-Bains

[www.aquageosphere.com](http://www.aquageosphere.com)

juin 2022



## ANNEXE 2

## CARACTERISTIQUES DES CONDUITES MODELISEES

Tronçons	Type	Nœud amont	Nœud aval	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Pente (m/m)	Rugosité (K)
0001	Circulaire	1489	1501	95,03	Φ 800	0,004	55
0002	Circulaire	1485	1489	28,96	Φ 800	0,000	55
0004	Circulaire	1529	1485	107,12	Φ 800	0,000	55
0005	Circulaire	1338	1529	95,66	Φ 800	0,002	55
0007	Circulaire	1334	1338	37,18	Φ 800	0,010	55
0008	Circulaire	2112	1334	25,65	Φ 800	0,004	55
0009	Circulaire	3050	2112	11,06	Φ 800	0,004	55
0010	Circulaire	1333	3050	45,26	Φ 600	0,004	55
0011	Circulaire	1300	1333	11,33	Φ 600	0,018	55
0012	Circulaire	1291	1300	18,60	Φ 500	0,008	75
0013	Circulaire	1294	1291	35,80	Φ 500	0,002	75
0014	Circulaire	2115	1294	36,42	Φ 500	0,006	75
0016	Circulaire	1329	3050	21,64	Φ 600	0,000	55
0017	Circulaire	1312	1329	11,28	Φ 600	-0,001	55
0018	Circulaire	1314	1312	19,36	Φ 600	0,006	55
0019	Circulaire	1317	1314	50,22	Φ 600	-0,002	55
0020	Circulaire	1160	1317	15,06	Φ 600	0,029	55
0021	Circulaire	1157	1160	21,09	Φ 600	-0,003	55
0022	Circulaire	1153	1157	29,03	Φ 600	0,006	55
0023	Circulaire	1150	1153	44,99	Φ 600	0,001	55
0024	Circulaire	1148	1150	29,73	Φ 600	0,014	55
0025	Circulaire	1124	1148	46,98	Φ 600	-0,005	55
0026	Circulaire	1123	1124	12,42	Φ 600	0,018	55
0027	Circulaire	1577	1123	41,11	Φ 500	0,004	75
0028	Circulaire	1114	1577	17,42	Φ 500	0,008	75
0029	Circulaire	1113	1114	12,96	Φ 500	-0,008	75
0030	Circulaire	1109	1113	34,98	Φ 500	0,010	75
0031	Circulaire	0962	1109	16,87	Φ 500	-0,002	75



## ANNEXE 3

**CARACTERISTIQUES DES NOEUDS MODELISES**

Noeud	Type	Côte TN (mNGF)	Côte f.e. (mNGF)
962	Regard de visite	3,32	1,39
1109	Regard de visite	3,14	1,42
1113	Regard de visite	2,68	1,08
1114	Regard de visite	2,69	1,19
1123	Regard de visite	2,44	0,87
1124	Regard de visite	2,55	0,65
1148	Regard de visite	2,59	0,87
1150	Regard de visite	2,26	0,46
1153	Regard de visite	2,38	0 ;43
1157	Regard de visite	2,58	0,25
1160	Regard de visite	2,56	0,31
1291	Regard de visite	1,38	-0,37
1294	Regard de visite	1,84	-0,31
1300	Regard de visite	1,24	-0,51
1312	Regard de visite	0,96	-0,14
1314	Regard de visite	1,28	-0,02
1317	Regard de visite	1,77	0,37
1329	Regard de visite	0,77	-0,13
1333	Regard de visite	1,14	-0,71
1334	Regard de visite	1,63	-0,27
1338	Regard de visite	0,86	-0,64
1485	Regard de visite	1,21	-1,01
1489	Regard de visite	1,10	-1,15
1501	Exutoire	-	-1,53
1529	Regard de visite	0,90	-0,85
1577	Regard de visite	2,43	1,05
2112	Regard de visite	1,17	-0,17
2115	Regard de visite	1,17	-0,10
3050	Regard de visite	1,60	0,35

