



Sujet:

ETUDE DE VOIRIE ET D'ASSAINISSEMENT DES ARTERES PRINCIPALES DE LA VILLE DE RHAFSAI

résumé :

Ce présent rapport présente en détail le travail qu'on a effectué au long de quatre mois de stage. Ce travail a pour objectif l'étude de voirie et d'assainissement des artères principales de la ville de Rhafsai ainsi que le dimensionnement des ouvrages de franchissement pour les cours d'eau qui la traverse.

Lors de l'étude de voirie on a été amené à :

- Elaborer le tracé en plan, profils en long et profils en travers.
- Dimensionner la structure de chaussée.
- Aménager deux carrefours giratoires.
- Dimensionner les ouvrages de franchissement.

Pour répondre aux objectifs d'assainissement fixés, à savoir l'évacuation des eaux pluviales de la plateforme, on a conçu un réseau d'assainissement qui permet un écoulement gravitaire, suivant les profils en long de la voirie déjà établies, des eaux pluviales vers l'Oued qui limite la ville.

En vue de la forte présence des talus en déblai dans certains tronçons de la voie principale, il a été nécessaire de concevoir un réseau de pied de talus afin de protéger la plateforme et les collecteurs du débit de ruissellement en provenance des surfaces de talus.

Réalisé par :

ASRI Achraf *3IVE*
FETHI Omar *3IVE*

Encadré par :

M. ASMLAL LMAHFOUD *EHTP*
M. BENNOUNA YASSINE *NOVEC*

Année universitaire : 2017- 2018



Organisme d'accueil : NOVEC

Adresse : Rocade de Rabat, Park Technopolis,
imm. Novec, Sala El Jadida SALE

Dédicace

A mes très chers parents qui n'ont économisé aucun effort pour que je puisse être ce que je suis aujourd'hui. Aucun mot, aucune dédicace ne saurait exprimer, ma profonde gratitude pour tout le soutien et les sacrifices que vous avez déployés pour moi. Trouvez en ce travail le fruit de votre dévouement et l'expression de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

A mes deux sœurs, aussi insupportables soient-elles. Pour vos encouragements subtils et votre soutien constant, pour vos blagues et votre joie de vivre, je ne trouverai les mots adéquats pour exprimer ma reconnaissance.

A toute ma famille, pour leurs encouragements continus et tout particulièrement à la petite famille de ma tante maternelle pour leurs soutiens tout au long de mon parcours à l'EHTP. Que le bon Dieu vous comble de ses bienfaits.

A mes amis, les confidents de mes tourments, les complices de mes fous rires et les alliés de mes combats.

À toute personne que j'aime, je dédie ce travail ...

Fethi Omar

Dédicace

A ma mère

Pour tes sacrifices, ta bienveillance, ton amour et ton dévouement dans mon éducation. Que ce mémoire soit la preuve de mon éternelle reconnaissance, amour et respect.

A mon père

Je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir.

A mon frère et ma sœur

Qui m'ont encouragé de leur propre manière. Merci d'être là.

A mes amis et ma famille

Pour leur soutien moral sans faille durant toute cette période.

A mes respectables professeurs

Depuis la maternelle, tous, sans exception pour avoir apporté tous chacun à sa manière une pierre à l'édifice de ma formation.

Asri Achraf

REMERCIEMENT :

Nous ne saurons commencer ce rapport sans remercier ALLAH le tout puissant, le tout miséricordieux, qui nous a donné grâce et bénédiction pour mener à terme ce projet.

Il nous est agréable de nous acquitter d'une dette de reconnaissance auprès de toutes les personnes, dont l'intervention au cours de ce projet, a favorisé son aboutissement.

Tout d'abord, nous tenons à remercier le corps de **NOVEC** qui nous a accueillis au sein de leur organisme et nous a permis d'effectuer notre stage de fin d'étude dans une atmosphère conviviale et chaleureuse.

Nous tenons tout particulièrement à exprimer notre gratitude envers **Monsieur Yassine Benouna**, notre encadrant et mentor, qui nous a été d'un appui incontestable dans notre démarche. Nous tenons tout particulièrement à le remercier pour son intérêt incessant et ses précieux conseils.

Nous tenons aussi à exprimer notre entière reconnaissance à toute personne rencontrée et côtoyée durant notre stage, tout particulièrement **Madame Amina Hattaoui**, qui ne s'est pas retenue à partager avec nous toute information aussi modeste soit-elle.

Nous remercions aussi vivement **Monsieur Lmahfoud ASEMLAL**, Professeur à l'EHTP et tuteur de ce projet pour nous avoir guidé pendant toute la durée du projet, d'avoir répondu présent et de nous avoir conseillés. Nous le remercions également pour ses orientations précieuses dont il nous a fait part et qui ont contribué amplement à la réalisation de ce projet.

Nos vifs remerciements vont finalement à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES :	6
LISTE DES TABLEAUX :	8
LISTE DES ABREVIATIONS :	10
RESUME	11
CHAPITRE I : Presentation de l'environnement du projet	12
I. Présentation de l'organisme d'accueil :	13
II. Cadre du projet :	15
II.1. Introduction :	15
II.2. Données générales :	16
CHAPITRE II : Etude géométrique de la voirie	22
I. Introduction :	23
II. Généralités sur la voirie :	23
II.1. Définition :	23
II.2. Eléments constitutifs de la voirie :	23
II.3. Normes utilisées :	26
II.4. Logiciels utilisés :	26
III. Etude théorique du projet :	28
III.1. Catégories de voies :	28
III.2. Paramètres géométriques :	28
IV. Application au projet :	35
CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE LA CHAUSSEE	39
I. Introduction	40
II. Généralités sur la chaussée :	40
II.1. Caractéristiques d'une structure routière :	40
II.2. Types de structures de chaussée :	41
II.3. Dimensionnement de la structure de chaussée neuve :	43
III. Etude empirique du projet :	48
Conclusion :	55
CHAPITRE IV : AMENAGEMENT DES GIRATOIRES	56
I. Introduction	57
II. Critères de la conception des giratoires :	57
II.1. Critère de choix des giratoires :	57
II.2. Critères d'homogénéité de l'aménagement :	58
III. Calage des giratoires :	58
V. Les caractéristiques géométriques	58
VI. Application au projet	63
CHAPITRE V : Dimensionnement des ouvrages de franchissement	67
I. Objectif de l'étude :	68
II. Etude hydrologique du projet :	68

II.1. Les bassins versants :	68
II.2. Estimation des débits de projet :	70
II.3. Résultat de l'étude hydrologique :	76
III. Etude hydraulique du projet :	77
III.1. Introduction :	77
III.2. Pré-dimensionnement des ouvrages hydrauliques :	77
III.3. Résultats de l'étude hydraulique :	79
CHAPITRE VI : Etude d'assainissement des eaux pluviales	80
I. Introduction :	81
II. Etude théorique du projet:	82
II.1. Les systèmes D'assainissement :	Error! Bookmark not defined.
II.2. Assainissement des eaux superficielles :	82
II.3. Evaluation du débit des eaux pluviales :	83
II.4. Dimensionnement des canalisations :	86
II.5. Dimensionnement des fossées :	88
III. Application au projet :	90
III.1. Présentation de la solution d'assainissement :	90
III.2. Conception du réseau des eaux pluviales :	92
III.3. Dimensionnement des fossés :	98
III.4. Estimation financière des travaux d'assainissement :	100
CONCLUSION.....	103
BIBLIOGRAPHIE :	104
ANNEXES :	105

LISTE DES FIGURES :

Figure 1: Chronologie de l'histoire de NOVEC	13
Figure 2: Organigramme de NOVEC	14
Figure 3: Positionnement Géographique de la région.....	16
Figure 4: Carte de situation de la province de Taounate.....	17
Figure 5: Plan de situation de la ville de Rhafsai.....	18
Figure 6: Aspect montagneux de la ville de Rhafsai - 1	19
Figure 7: Aspect montagneux de la ville de Rhafsai - 2	19
Figure 8: Topographie de la ville de Rhafsai	20
Figure 9: : Diagramme climatique de la ville de Rhafsai /Figure 10: Courbe climatique de la ville de Rhafsai.....	21
Figure 11: Eléments constitutifs de la voirie	26
Figure 12: Moteur de calcul Alizé	27
Figure 13: Interface du logiciel Alizé	27
Figure 14: Logo du logiciel COVADIS.....	27
Figure 15: Angle saillant et angle rentrant.....	31
Figure 16: Exemple de profil en long	31
Figure 17: Vitesses de référence pour chaque partie de la voie	35
Figure 18: Dimensions d'une bordure Americaine i2 / Figure 19: Dimensions d'une bordure préfabriquée T4	37
Figure 20: Exemple de profil en travers et cubatures.....	37
Figure 21: Superposition des couches d'une structure routière	41
Figure 22: Structure type d'une chaussée souple	41
Figure 23: Structure type d'une chaussée semi rigide	42
Figure 24: Structure type d'une chaussée rigide.....	42
Figure 25: Carte schématique des zones climatiques.....	43
Figure 26: Types de portances à long terme	45
Figure 27: Organigramme dimensionnement chaussée / Catalogue marocain des structures types de chaussées neuves.....	45
Figure 28: Démarche de vérification sur Alizé Lcpc	47
Figure 29: Structures de chaussées admises (Fiche 3).....	53
Figure 30: Définition de la structure.....	54
Figure 31: Résultats de calculs par le logiciel Alizé (et adm) Figure 32: Résultats de calculs par le logiciel Alizé	55
Figure 33: Déflexion sur giratoire	60
Figure 34: Construction des îlots séparateurs pour Rg>15m	61
Figure 35: Composantes du giratoire.....	62
Figure 36: Illustration du giratoire d'entrée	64
Figure 37: Illustration du giratoire du centre-ville.....	66
Figure 38: Délimitation des bassins versants.....	69
Figure 39: Solution de l'assainissement proposée.....	91
Figure 40: Emplacement des collecteurs- Cas avec TPC.....	92
Figure 41: Emplacement des collecteurs- Cas sans TPC	92
Figure 42: Angle de raccordement pour conduites de D>600 mm	93

Figure 43: Angle de raccordement pour conduites de $D \leq 600$ mm	93
Figure 44: Exemple de délimitation des bassins au niveau d'une intersection (Collecteur B).....	95
Figure 45: Emplacement des profils utilisés pour la voie E1	105
Figure 46: Profil en travers 30m - Hors agglomération	106
Figure 47: Profil de 30m dessiné par COVADIS- Hors agglomeration.....	106
Figure 48: Profil en travers 30m - En agglomération	107
Figure 49: Profil de 30m dessiné par COVADIS- En agglomeration	107
Figure 50: Profil en travers 25m - En agglomération	108
Figure 51: Profil de 25m dessiné par COVADIS- En agglomération	108
Figure 52: Profil en travers - Voies secondaires	109
Figure 53: Profil de 25m dessiné par COVADIS- Exemple de voie secondaire.....	109
Figure 54: Profil dessiné par COVADIS- Giratoire d'entrée de la ville.....	110
Figure 55: Profil dessiné par COVADIS- Giratoire Centre-ville.....	110

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1: Population des provinces	17
Tableau 2: Les altitudes dépassant 1600 m dans la province.....	20
Tableau 3: Différence entre mixité et séparation d'usages.....	25
Tableau 4: Typologie des voies rapides urbaines	28
Tableau 5: Valeurs limites des rayons de raccordement selon l'ICTAVRU	29
Tableau 6: Valeurs des déclivités maximales selon l'ICTAVRU	30
Tableau 7: Valeurs limites des rayons en angle saillant	30
Tableau 8: Valeurs limites des rayons en angle rentrant.....	30
Tableau 9: : Eléments constitutifs de l'accotement selon le type de la VRU	32
Tableau 10: Coûts des travaux de la voirie	38
Tableau 11: Classes du trafic	48
Tableau 12: Zonage climatique en fonction de la précipitation annuelle moyenne	48
Tableau 13: Echelle de portance Sti selon l'indice CBR imbibé.....	49
Tableau 14: Portances minimales Pj.....	49
Tableau 15: Epaisseur de la couche de forme.....	50
Tableau 16: Matériaux pour couche de fondation	50
Tableau 17: Matériaux pour couche de base.....	51
Tableau 18: Matériaux de couche de roulement	52
Tableau 19: Structure de chaussée.....	52
Tableau 20: Correspondance des matériaux sur Alizé Lcpc	53
Tableau 21: Données de dimensionnement par Alizé.....	54
Tableau 22: : Paramètres géométriques de l'îlot séparateur suivant les normes de SETRA.....	61
Tableau 23: Caractéristiques géométrique d'un giratoire suivant les normes de SETRA	62
Tableau 24: Résultats du l'aménagement du carrefour giratoire de l'entrée de la ville.....	63
Tableau 25: Résultats du l'aménagement des îlots séparateurs.	64
Tableau 26: Résultats de dimensionnement du giratoire du centre-ville	65
Tableau 27: Résultats du l'aménagement des îlots séparateurs	65
Tableau 28: Caractéristiques des bassins versants.....	69
Tableau 29: Valeurs des Coefficients de ruissèlement	70
Tableau 30: Méthode de calcul des débits d'apport	71
Tableau 31: Valeurs de K selon la nature du terrain.....	72
Tableau 32: Calcul du temps de concentration	75
Tableau 33: Coefficient a et b pour la région de Taounate.....	76
Tableau 34: Débits calculés (T=25 ans).....	76

Tableau 35: hauteurs de remblai maximales adoptées.....	78
Tableau 36: Résultats de l'étude hydraulique.....	79
Tableau 37: Relations d'assemblage	85
Tableau 38: Coefficients de Montana	96
Tableau 39: Coefficients K,u, v, w de Caquot.....	96
Tableau 40: Exemple de calcul du débit des eaux pluviales (Collecteur A).....	96
Tableau 41: Exemple de calcul de débit d'assemblage des eaux pluviales en série	97
Tableau 42: Exemple de calcul de débit d'assemblage des eaux pluviales en parallèle	97
Tableau 43: Exemple de calcul de section des canalisations des eaux pluviales	97
Tableau 44:Longueur totale des collecteurs des eaux pluviales	98
Tableau 45: Calcul des coûts de terrassement pour le réseau EP.....	100
Tableau 46: Cout total des travaux d'assainissement	102
Tableau 47: Variante économique de la chaussée n°1	115
Tableau 48: Variante économique de la chaussée n°2.....	115
Tableau 49: Variante économique de la chaussée n°3.....	115

LISTE DES ABREVIATIONS :

EB :	Enrobé bitumineux
GBB :	Grave bitume
GNA/GNB :	Grave non traitée type A et type B
GNF :	Grave non traitée pour couche de fondation
AC :	Anti contaminante
PF2 :	Plate-Forme de classe 2
GNT :	Grave non traitée
PL :	Poids lourds
SETRA :	Service d'Etude sur les Transports, les routes et leurs Aménagements
TPC :	Terre-Plein Centrale
VRU :	Voies Rapides Urbaines
EP :	Eaux pluviales
IDF :	Courbe Intensité, Durée, Fréquence
BV :	Bassin Versant
TR :	Trapézoïdale Revêtue
OH :	Ouvrage Hydraulique
TPL :	Trafic Poids Lourds
TR :	Trapézoïdale revêtue

RESUME

Ce présent rapport présente en détail le travail qu'on a effectué au long de quatre mois de stage. Ce travail a pour objectif l'étude de voirie et d'assainissement des artères principales de la ville de Rhafsai ainsi que le dimensionnement des ouvrages de franchissement pour les cours d'eau qui la traverse.

- **L'étude de voirie :**

Lors de cette partie on a été amené à :

- Elaborer le tracé en plan, profils en long et profils en travers.
- Dimensionner la structure de chaussée.
- Aménager deux carrefours giratoires.
- Dimensionner les ouvrages de franchissement.

- **L'étude d'assainissement :**

Pour répondre aux objectifs d'assainissement fixés, à savoir l'évacuation des eaux pluviales de la plateforme, on a conçu un réseau d'assainissement qui permet un écoulement gravitaire, suivant les profils en long de la voirie déjà établies, des eaux pluviales vers l'Oued qui limite la ville.

En vue de la forte présence des talus en déblai dans certains tronçons de la voie principale, il a été nécessaire de concevoir un réseau de pied de talus afin de protéger la plateforme et les collecteurs du débit de ruissellement en provenance des surfaces de talus.

CHAPITRE I :

PRESENTATION DE L'ENVIRONNEMENT DU PROJET

I. PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL :

I.1. Renseignements généraux :

NOVEC est la fusion entre les sociétés INGEMA et SCET-SCOM, dont CDG Développement est l'actionnaire de référence. Elle regroupe désormais les activités des deux bureaux d'études, dont il convient de rappeler les plus importantes :

- **SCET-SCOM** (fondée en 1958) : Bâtiment, Aménagements urbains, Génie rural, Alimentation en eau et Assainissement.
- **INGEMA** (fondée en 1973) : Grandes infrastructures (Barrages, Autoroutes, Ouvrages d'art, Ports, Tunnels), Ressources en eau, Energie et Environnement.

NOVEC, dont le siège social est à Rabat, est un acteur de premier ordre dans le domaine de l'ingénierie, ainsi elle opère également à l'international, où elle est appelée à devenir l'un des bureaux de référence, notamment en Afrique à travers sa filiale créée en Gabon.

A travers la création de NOVEC, le groupe CDG ambitionne de doter le pays d'une ingénierie d'excellence, offrant des services de haut niveau dans les métiers en rapport avec le développement territorial durable, tant à l'intérieur du Royaume qu'à l'international.

I.2. Historique :

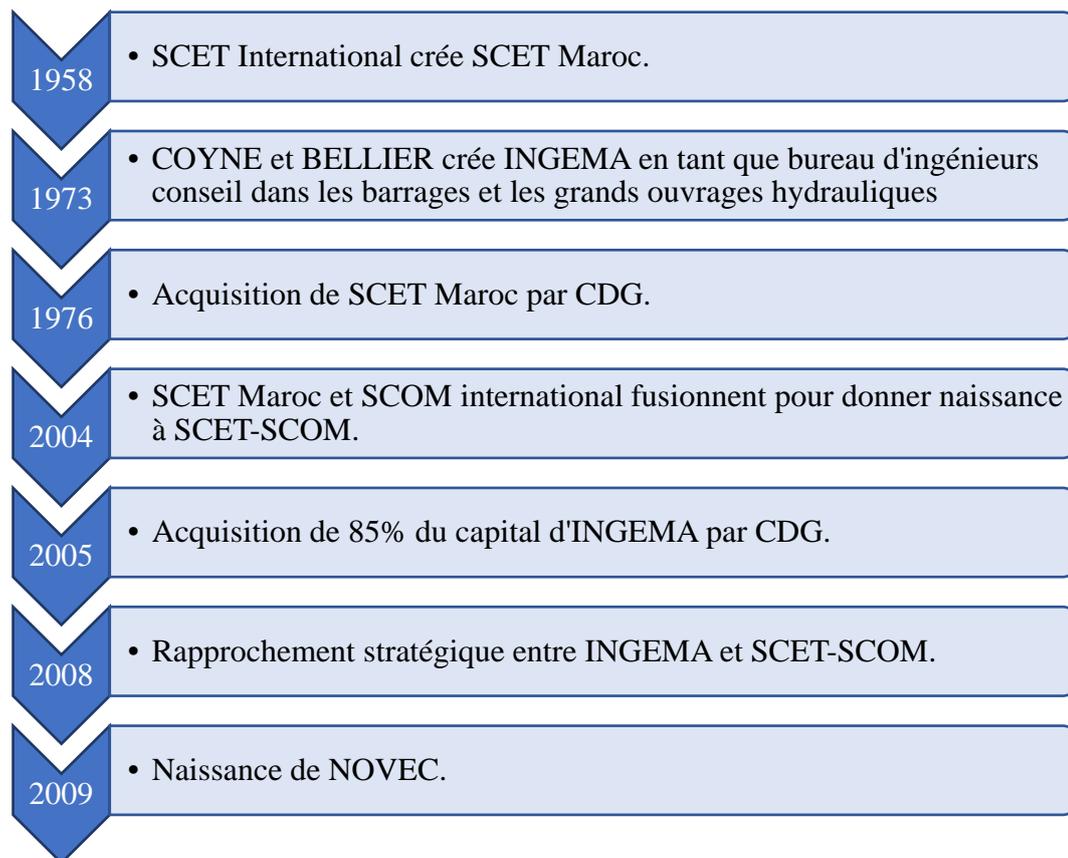


Figure 1: Chronologie de l'histoire de NOVEC

I.3. Organisation :

NOVEC est une entreprise à Conseil d'Administration, constituée d'une direction générale, de quatre pôles métier et un de support, de 12 départements et 8 services techniques. Il emploie une équipe multidisciplinaire de plus de 600 personnes, dont près de 200 ingénieurs qui couvrent l'essentiel des métiers de l'entreprise.

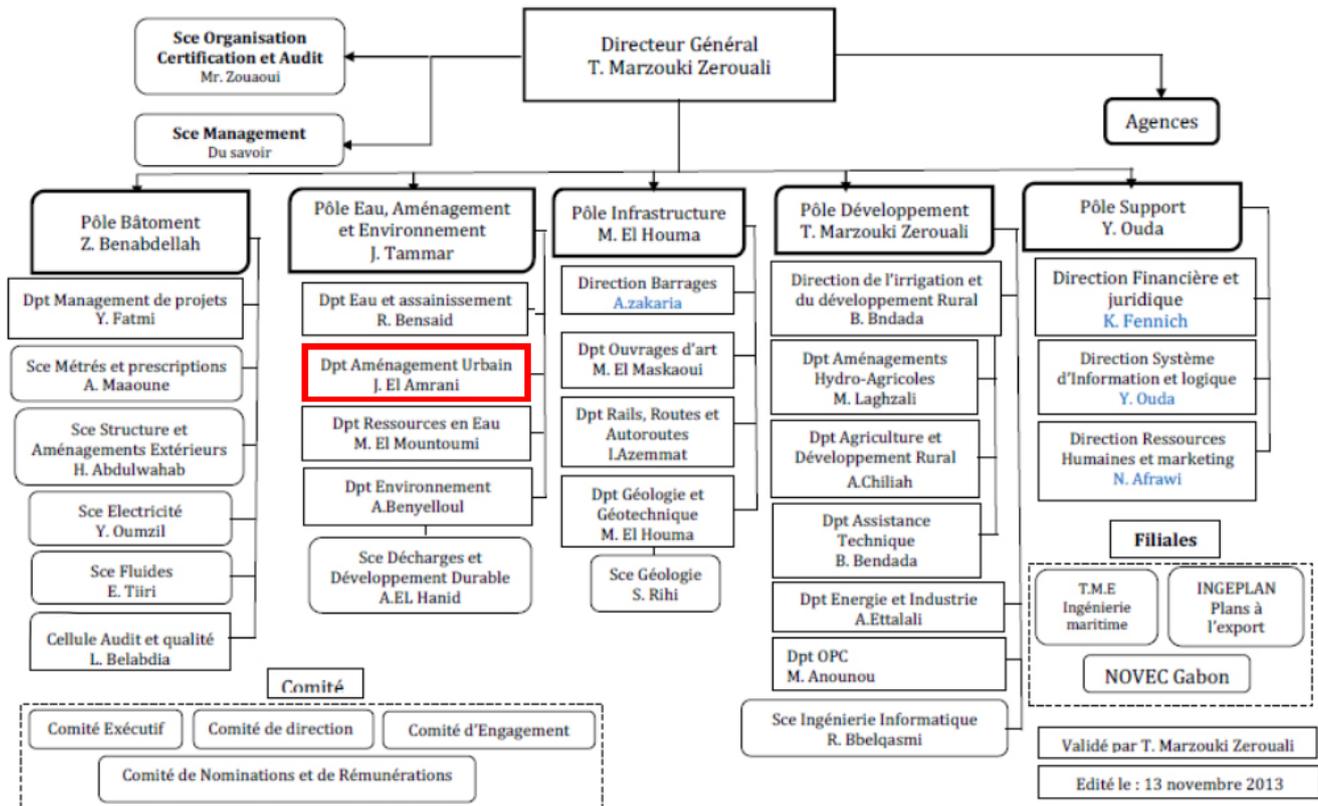


Figure 2: Organigramme de NOVEC

I.4. Les prestations :

NOVEC assure l'ensemble des processus des métiers de l'ingénierie, depuis les études de faisabilité jusqu'à l'assistance à la réalisation et à l'exploitation.

- Les études générales : plans et schémas directeurs, études stratégiques, évaluations environnementales...
- Les prestations de maîtrise d'œuvre : études de conception et de réalisation des ouvrages, suivi et contrôle des travaux...
- Les prestations d'assistance à maîtrise d'ouvrage : montage et définition des projets, organisation et gestion des projets et assistance technique.
- Ordonnancement, pilotage et coordination (OPC)
- Audit et conseil : audit environnemental, audit et évaluation techniques...
- Formation et accompagnement : diagnostic participatif, accompagnement des projets d'infrastructures...

I.5. Domaines d'activité :

- Grandes infrastructures (Barrages ; autoroutes, ouvrages d'art, Ports, Tunnels)
- Bâtiment
- OPC
- Aménagements Urbains
- Ressources en eau
- Agriculture et développement rural
- Alimentation en eau potable et assainissement
- Etudes environnementales
- Ingénierie énergétique et industrielle
- Ingénierie maritime

II. CADRE DU PROJET :

II.1. Introduction :

Les programmes de mise à niveau urbaine des villes et des centres urbains ont été lancés depuis l'année 2005 ; ils visent à améliorer l'attractivité des villes et renforcer les infrastructures socio-économiques des collectivités territoriales. Ils permettent de restructurer les actions de la collectivité en matière d'infrastructures et d'équipements communaux autour de programmes cohérents et intégrés, basés sur le partenariat et la contractualisation entre les différents acteurs.

Ces programmes couvrent les axes suivants :

- L'amélioration de l'attractivité des villes par la mise à niveau des infrastructures et des équipements urbains (voirie, assainissement, éclairage public, espaces et places publics, équipements collectifs ...)
- L'amélioration de la qualité des services rendus par les collectivités territoriales et des recettes générées par les équipements communaux (gares routières, abattoirs, marchés municipaux, marchés de gros, ...)
- Le renforcement des équipements sociaux de proximité (équipements sportifs, maisons de jeunes, foyers féminins, maisons de culture, ...)
- L'amélioration du cadre de vie par la restructuration et la mise à niveau des quartiers sous équipés ;
- La sauvegarde du patrimoine historique et culturel (anciennes médinas, kasbahs, murailles, ... etc.).

L'étude d'aménagement paysager des voies, parking, espaces verts et places dans la commune urbaine de RHAFSAI s'inscrit dans le cadre de ces programmes. Elle vise de promouvoir l'attractivité de la ville et d'améliorer le cadre de vie du citoyen.

Les prestations confiées au BET, relatif aux équipements de voiries et réseaux divers (VRD), sont scindées en trois missions :

- **Mission 1 : Travaux topographiques**
 - Etablissement d'un levé linéaire au 1/1000 ;
 - Etablissement d'un plan coté au 1/200 ou 1/500 ;
 - Balisage simple.
- **Mission 2 : Etude de tracé**
 - Etablissement de l'étude de définition (ED) ;
 - Etablissement de l'étude d'avant projet ;
 - Etablissement de l'étude d'exécution ;
 - Piquetage ;
 - Détermination détaillée des contraintes qui peuvent entraver l'exécution des travaux
 - Dossier de consultation des entreprises.
- **Mission 3 : Assistance technique et suivi des travaux.**

II.2. Données générales :

Dans l'ancienne régionalisation, la région Taza – Al Hoceima –Taounate est située au nord central du pays. Elle regroupe les quatre provinces suivantes : ALHOCEIMA: (le chef lieu de la Région), TAZA, TAOUNATE et GUERCIF. Cette Région s'étend sur une superficie de 23 548 Km², soit 3,3% de la superficie totale du Royaume et compte 2 041 000 habitants.



Figure 3: Positionnement Géographique de la région

	SUPERFICIE (Km2)	POPULATION EN MILLIERS
Al-Hoceima	3 555	412
Taounate	5 585	680
Taza	7 101	754
Guersif	7 307	195
TOTAL	23 548	2041

Tableau 1: Population des provinces

La province de Taounate a été créée en vertu du dahir N° 1.77.376 du 24 Choual 1397 (8 octobre 1977). Elle est située dans la partie septentrionale du royaume, au sein de la région Taza – Al Hoceima - Taounate.

Elle est limitée par :

- Les provinces d’El Hoceima et Chefchaouen au Nord ;
- La Wilaya de Fes au Sud ;
- La province de Taza à l’Est ;
- La province de Sidi Kacem et Ouezzane à l’Ouest.



Figure 4: Carte de situation de la province de Taounate

Elle s'étend sur une superficie de 5 616 Km² et sa population actuelle est de 668 232 habitants, dont 600 290 des ruraux. La densité de la population est de l'ordre de 119 hab/Km². Son habitat est dispersé à travers plus de 1600 douars. Son économie est basée essentiellement sur l'agriculture et l'élevage.

a) Situation :

La ville de Rhafsai est située dans la province de Taounate qui fait partie de la région de Fès-Meknès. Elle est limitée au nord par la province de Chefchaouen, à l'Est par la ville de Taounate, au sud par la préfecture de Fès et à l'ouest par la province d'Ouazzane.



Figure 5: Plan de situation de la ville de Rhafsai

b) Démographie :

Selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2014, la population de la ville de RHAFSAI s'élève à 6 361 habitants.

c) Relief :

La province de Taounate couvre la partie méridionale du Rif central qui est formée par un relief de basses et moyennes montagnes et la partie septentrionale du Pré-rif central qui se présente sous forme de collines molles. La vallée d'Ouerghra constitue la limite naturelle entre ces deux unités topographiques.

Située dans sa quasi – totalité dans le pré – Rif, la province de Taounate est constituée de deux parties bien distinctes :

La partie nord à relief montagneux, elle couvre environ 40 % de la superficie totale de la province, sa topographie est orientée vers le sud, c'est-à-dire vers l'oued Ourgha dont les quatre principaux affluents sont : Sra, Amzaz, Aoulay et Aoudour.

Les altitudes maximales culminent, de l'Est vers l'Ouest, de 1.730 m (Jbel Tajarfet à la région Taher souk) 820 m environ (Jbel Al Bibane à la région de Tafrante Ourgha).

Les altitudes minimales suivent dans le même sens le lit de l'Oued Ouerghaet varient de 300 m à 80 m.



Figure 6: Aspect montagneux de la ville de Rhafsai - 1



Figure 7: Aspect montagneux de la ville de Rhafsai - 2

La partie Sud à relief vallonné, elle couvre une superficie de 3300 Km² environ, soit environ 60 % de la superficie totale de la province. Il s'agit d'un doucle dorsal d'orientation est – ouest, la première, au nord, s'étale latéralement vers les Oueds Ourgha et Leben. La seconde plus au sud

vers les Oueds Leben et Inaouen. Les altitudes y varient entre 1000 m à jbel Zeddour e 150 m le long de l'Oued Inaouen.

Au sein de ce relief accidenté, il existe quelques petites plaines le long des principaux cours d'eau, qui abritent les centres de Khmiss Kissane, Ain Aicha, Galaz, Ain Mediouna, Tissa, Ourdzagh ... la province de Taounate dispose d'un important potentiel hydrique, avec les trois sous bassins des Oued Leben, Inaouen et Ourgha qui est le plus important.

L'altitude maximale dans la province est de 1827 m (Jbel Teirara, sud de Dhar Souk) et les minimales de 500m à 100m localisées le long de l'oued Ouergha. Les altitudes dépassant 1600 m dans la province sont présentées dans le tableau suivant :

NOM JBEL	ALTITUDE (m)	Localisation
Outka	1 600	Nord de Rhafsai
Tamchacht	1 615	Nord de Dhar Souk
Oulad Lahsen	1 600	Sud de Dhar Souk
Teirara	1 827	Sud de Dhar Souk
Guenfoud	1 614	Sud – Est de Dhar Souk

Tableau 2: Les altitudes dépassant 1600 m dans la province

La topographie de la zone d'étude est accidentée avec une dénivelée maximale de 290 m (entre 480 et 190mNGM)

La pente générale est d'environ 13% vers l'Est, 27% vers le Sud, et entre 15% et 20% vers le Nord et l'Ouest, avec une agglomération sur des pentes entre 2% et 20%.

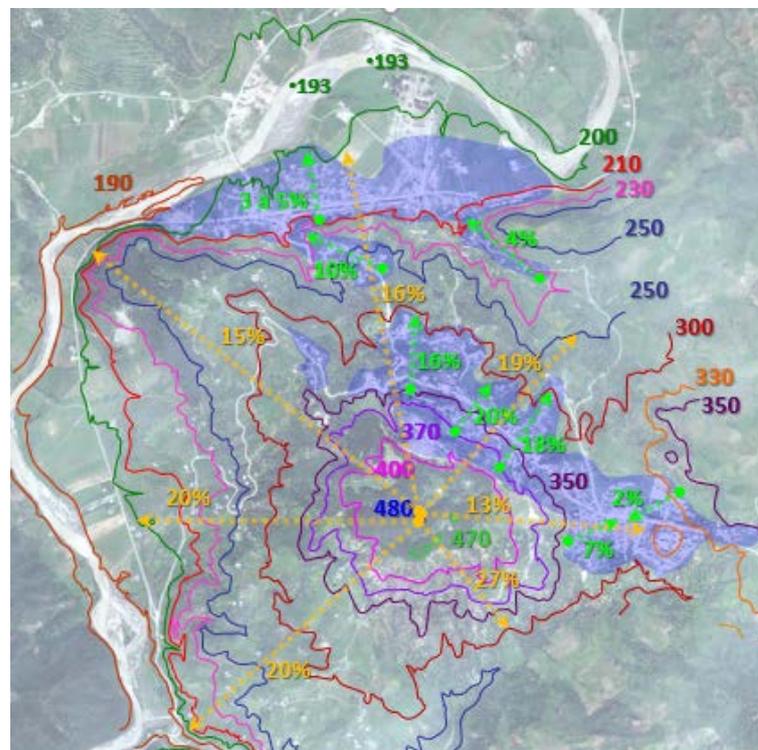


Figure 8: Topographie de la ville de Rhafsai

d) Géologie :

Sur le plan géologique, la partie nord de l'Ouergha appartient à l'unité géologique sub-rifaine qui est formée essentiellement de marnes et de schistes et de quelques barres gréseuses.

Au sud d'Ouergha, s'étend la zone pré-rifaine à prédominance marneuse ou marno-argileuse du Miocène très friables. Les crêtes et les reliefs sommitaux sont formés par des roches dures et résistantes telles les klippes gréseuses et les sols calcaires. Le long des faiblesses structurales émergent les argiles salifères du Trias (les diapirs). Les vallées alluviales sont formées d'une immense formation alluviale du Quaternaire.

La friabilité des terrains, l'agressivité pluviométrique et la forte pression anthropique rendent cet espace très vulnérable à l'érosion et à l'instabilité des terrains.

e) Climat :

Le climat de Rhafsai est chaud et tempéré. En hiver, les pluies sont bien plus importantes à Rhafsai qu'elles ne le sont en été. La carte climatique de Köppen-Geiger y classe le climat comme étant de type Csa. La température moyenne annuelle est de 18.4 °C à Ghafsai. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 735 mm.

Entre le plus sec et le plus humide des mois, l'amplitude des précipitations est de 126 mm. Une différence de 17.2 °C existe entre la température la plus basse et la plus élevée sur toute l'année. 27.6 °C font du mois de Juillet le plus chaud de l'année. Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de 10.4 °C.

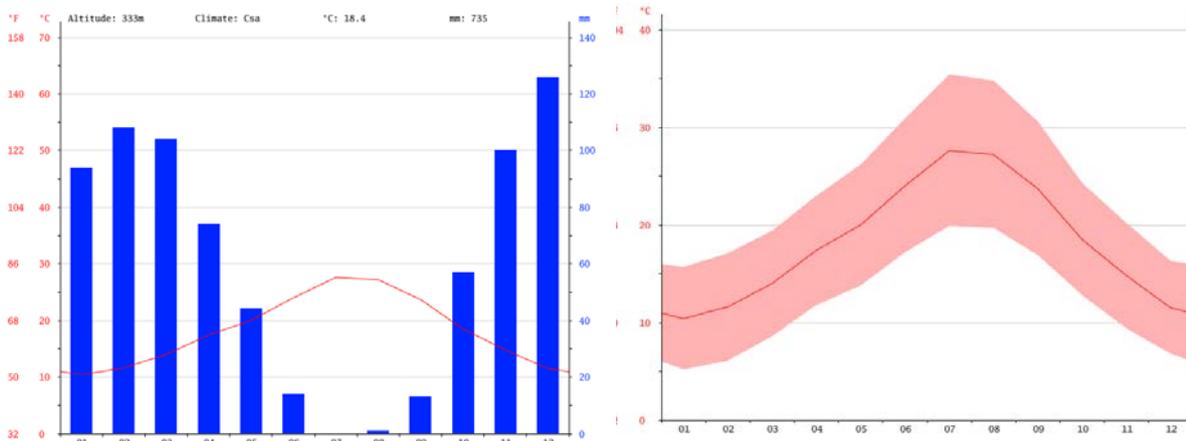


Figure 9: : Diagramme climatique de la ville de Rhafsai

Figure 10: Courbe climatique de la ville de Rhafsai

CHAPITRE II :

ETUDE GEOMETRIQUE DE LA VOIRIE

I. INTRODUCTION :

Ce chapitre traite l'étude géométrique de la voirie de la route provinciale n° 5313 de la ville de Rhafsaï ainsi que ses différentes intersections avec les autres voies (Voies inter-quartiers, entrées de la ville et traversées), depuis le choix de la catégorie de la route et ainsi qu'à l'instruction à appliquer jusqu'aux caractéristiques géométriques à respecter définies en trois dimensions représentées en :

- Tracé en plan ;
- Profil en long ;
- Profil en travers.

II. GENERALITES SUR LA VOIRIE :

II.1. Définition :

La voirie regroupe l'ensemble des ouvrages réservés à la circulation de tous les véhicules (véhicules légers, poids lourds, transports en commun), des deux roues et des piétons, ainsi qu'aux aires de stationnement.

La voirie a pour objectifs : le transit, la distribution, ou la desserte des zones urbaines, rurales, et industrielles, et doit être conçue et dimensionnée de manière à remplir pleinement et correctement ce rôle.

II.2. Eléments constitutifs de la voirie :

La voirie est un réseau constitué d'un ensemble de parties :

L'emprise : C'est la partie du terrain affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances, elle appartient à la collectivité et présente la limite du domaine public de l'état.

L'assiette : C'est la surface de terrain réellement occupée par la route.

La plateforme : C'est la surface de la route qui comprend la chaussée, les accotements et éventuellement les terres pleines centrale (TPC) et les pistes cyclables.

La chaussée : C'est la surface aménagée et revêtue de la route sur laquelle circulent les véhicules

Les accotements : Ce sont deux bandes latérales qui encadrent la chaussée, pouvant être au même niveau que la chaussée, ou bien surélevé par rapport à celle-ci. Leur rôle est d'assurer une butée aux couches constituant la chaussée.

Le dévers : C'est l'inclinaison transversale de la route en alignement droit. Il a pour rôle d'évacuer les eaux superficielles.

TPC : assure la séparation matérielle des deux sens de circulation. Sa largeur résulte de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

a) Bande dérasée de gauche (B.D.G.) :

Elle est destinée à permettre de légers écarts de trajectoire et à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité. Sa largeur est de 1,00 m

b) Bande médiane :

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux)

Sa largeur dépend, pour le minimum, des éléments qui y sont implantés :

- Si elle est inférieure ou égale à 3 m, elle est stabilisée et revêtue pour en faciliter l'entretien.
- Sinon, elle peut être engazonnée et plantée d'arbustes, à moins que sa largeur et la topographie du site ne permettent la conservation du terrain naturel et de la végétation.

❖ Avantages, inconvénients de la mixité et de la séparation spatiale :

Parmi les critères essentiels permettant d'apprécier les avantages et inconvénients des deux options de partage, il convient de retenir :

- la consommation d'espace, dans la mesure où les emprises sont forcément limitées ;
- la lisibilité de l'aménagement, qui a des impacts en termes de sécurité et d'attractivité ;
- les contraintes de gestion et d'entretien ;
- le paysage urbain qui participe à la perception du lieu.

Le tableau ci-dessous montre la différence entre les deux types d'usage :

	La mixité des usages	La séparation spatiale des usages (TPC)
Consommation d'espace	<p><u>Avantage :</u> Consommation d'espace réduite</p> <p><u>Inconvénients :</u> Implique dans certains cas un élargissement des espaces.</p>	<p><u>Avantages :</u> Meilleure maîtrise des flux et des espaces</p> <p><u>Inconvénients :</u> Plus importante du fait de l'affectation d'espaces réservés Risque de dimensionner les espaces au plus juste</p>
Lisibilité	<p><u>Avantages :</u> Compréhension globale de l'espace plus simple en transversal</p> <p><u>Inconvénients :</u> A priori moins bonne pour les usages longitudinaux Difficulté de repérage pour personnes aveugles et malvoyantes.</p>	<p><u>Avantages :</u> Meilleure lisibilité en longitudinal du fait de l'affectation et des séparateurs</p> <p><u>Inconvénients :</u> Complexité accrue des carrefours À relativiser pour usages transversaux.</p>
Exploitation et entretien	<p><u>Avantages :</u> A priori simplifiés par l'unicité de l'espace, accès facilité</p> <p><u>Inconvénients :</u> Espace plus difficile à neutraliser, gêne plus globale aux déplacements</p>	<p><u>Avantages :</u> Possibilité de maintenir certains usages en cas d'intervention lourde</p> <p><u>Inconvénients :</u> Entretien plus compliqué et plus onéreux (matériels spécifiques)</p>
Paysage urbain, ambiance des lieux	<p><u>Avantages :</u> Connotation routière moins affirmée</p> <p><u>Inconvénients :</u> Risque d'uniformité.</p>	<p><u>Avantages :</u> Diversité, palettes d'outils variés constituées par les séparateurs Organisation de l'espace Effets de perspective</p> <p><u>Inconvénients :</u> Découpage de l'espace, largeurs de chaussée, multiplicité des éléments Aspect fonctionnel plus marqué.</p>

Tableau 3: Différence entre mixité et séparation d'usages

La figure 11 schématise l'ensemble de ces parties constituant une voirie.

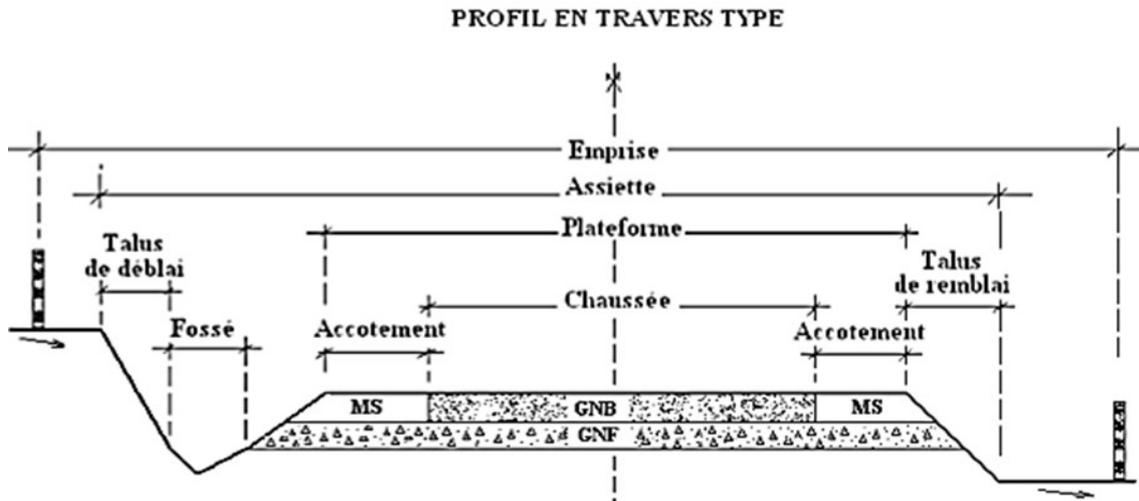


Figure 11: Eléments constitutifs de la voirie

II.3. Normes utilisées :

- ARP:** Aménagement des routes principales.
- ICTAAL:** Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison.
- ICTAVRU:** Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines.
- ICGRRC:** Instruction sur les Caractéristiques Géométriques des Routes en Rase Campagne.
- REFT:** Routes économiques à faible trafic.

II.4. Logiciels utilisés :

a) Alizé-Lcpc :

Le programme Alizé est très largement utilisé pour le dimensionnement et la vérification des structures de chaussées et de renforcement. Il permet de calculer les contraintes et les déformations induites dans les différentes couches de la chaussée choisie. La charge prise en compte est une charge unitaire correspondant à un demi-essieu de 13 tonnes représenté par une empreinte circulaire.

Les données à rentrer dans le modèle pour les différentes simulations sont :

- Les épaisseurs de chaque couche
- Les modules d'Young (E) et les coefficients de poisson (ν) de chaque couche y compris le sol support ;
- Les types d'interface entre les couches (conditions de collage).

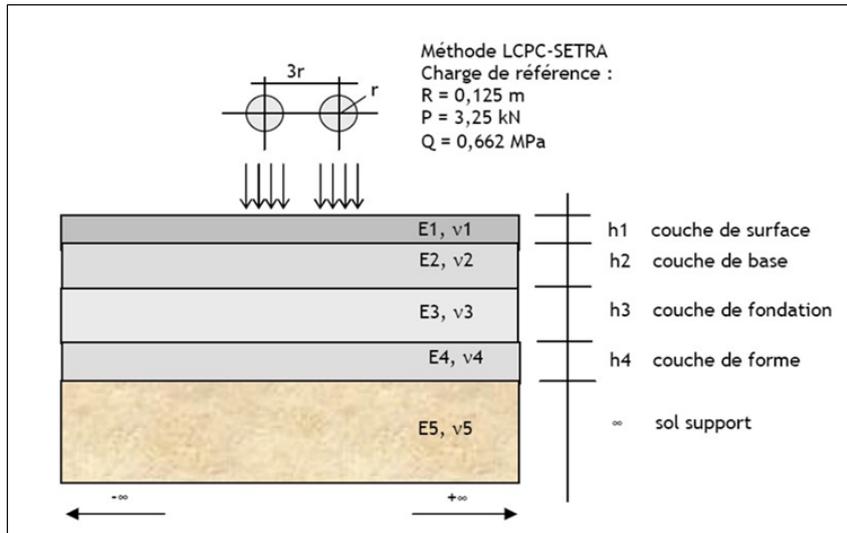


Figure 12: Moteur de calcul Alizé



Figure 13: Intérface du logiciel Alizé

b) Covadis :

Il regroupe, en un seul logiciel, l'ensemble des modules « métiers » : Topographie de terrain, dessin assisté, modélisation de terrain en 3D, terrassements multi plates-formes, projet linéaires, voiries urbaines, conception d'infrastructures routières, calculs hydrauliques, réseaux d'assainissement, réseaux divers souterrains, métrés et bordereaux VRD...



Figure 14: Logo du logiciel COVADIS

III. ETUDE THEORIQUE DU PROJET :

III.1. Catégories de voies :

L'ICTAVRU définit deux grandes familles de voie rapide urbaine ; le type A à caractéristiques autoroutières et le type U à caractéristiques non autoroutières. Pour chacun de ces types, on distingue deux catégories selon la vitesse de référence qui lui est associée.

Le tableau 4 explicite la différence entre ces deux types de voies rapides urbaines.

Type A		Type U	
Ce sont des voies dont les objectifs sont : -Un trafic de transit privilégié ; - Une faible interaction fonctionnelle entre la voie et le site. - Une forte proportion de trafics d'échange et local. - Une fréquence de points d'échange relativement importante.		Ce sont des voies dont les objectifs consistent en : -Relations fonctionnelles avec un site très urbanisé ou à devenir très urbanisé. -Trafics d'échanges et locaux prépondérants. -Points d'échanges fréquents assurant une bonne irrigation du tissu traversé.	
A 100	A 80	U 80	U 60
Offre un bon niveau de confort aux véhicules isolés circulant à 100 km/h	Offre un bon niveau de confort aux véhicules isolés circulant à 80 km/h	Offre un bon niveau de confort aux véhicules circulant à 80 km/h	Offre un bon niveau de confort aux véhicules circulant à 60 km/h

Tableau 4: Typologie des voies rapides urbaines

III.2. Paramètres géométriques :

a) **Tracé en plan:**

Le tracé en plan est une projection de la route sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée, qui assure le confort et la sécurité des usagers. Il fait figurer la succession des éléments suivants :

- Alignements droits;
- Courbures, caractérisées par leurs rayons et leurs angles de rotation ;
- Courbes de raccordements: clothoïdes.

Les règles du tracé en plan :

L'étude du tracé des voies prend en compte un certain nombre de paramètres dont :

- La topographie du terrain;
- La nature du sol déterminée par les études géotechniques et les aptitudes de portance qui en découlent

- Le trafic qu'elles doivent recevoir ;
- La sécurité des utilisateurs en dégagant une bonne visibilité, en signalant le passage et la circulation des piétons ou en séparant la circulation des différents usagers par la création d'aménagements paysagers en bordure des voies ;
- Le raccordement avec la voirie existante en tenant compte des possibilités de manœuvre des véhicules et du passage des autres utilisateurs.

❖ *Les rayons de raccordements:*

Les rayons du tracé en plan sont choisis pour que, dans les conditions conventionnelles retenues, le véhicule ne soit pas conduit à mobiliser plus des deux tiers du frottement transversal mobilisable.

Les valeurs limites du tracé en plan sont présentées dans le tableau 5.

Catégorie	A 100	A 80 et U 80	U 60
Rayon non déversé	800 m	400 m	200 m
Rayon minimal	425 m	240 m	120 m

Tableau 5: Valeurs limites des rayons de raccordement selon l'ICTAVRU

b) Profil en long:

Le profil en long correspond à la coupe longitudinale de la voie selon son axe, il indique les altitudes du terrain naturel de la voie projetée, les pentes, les distances et les points particulières.

Les règles du profil en long :

Pour établir le profil en long, nous devons répondre aux exigences suivantes :

- Respecter l'implantation des ouvrages d'art ;
- Minimiser les terrassements en veillant à équilibrer entre le volume de remblais et de déblais ;
- Assurer la visibilité et le confort des usagers

❖ Les déclivités :

Les valeurs de déclivité maximale préconisée par l'ICTAVRU sont présentées dans le tableau 6.

Catégorie	A 100	A 80 et U80	U 60
Déclivité maximale	5%	6%	6%

Tableau 6: Valeurs des déclivités maximales selon l'ICTAVRU

Quant aux déclivités minimales, bien qu'il n'existe généralement pas de valeur minimale pour les déclivités, il faut veiller que les profils en long des routes soient établis de manière à permettre l'écoulement des eaux pluviales et l'assainissement de la plateforme.

❖ Les rayons du profil en long :

Les rayons en angle saillant influent sur la visibilité et le confort, c'est pourquoi l'ICTAVRU fixe des valeurs limites. Le tableau 7 reprend les valeurs limites des rayons en angle saillant.

Catégorie	A 100	A 80 et U 80	U 60
Rayon normal en angle saillant	10 000 m	6000 m	2 500 m
Rayon minimal en angle saillant	6 000 m	3 000 m	1 500 m

Tableau 7: Valeurs limites des rayons en angle saillant

Les rayons en angle rentrant sont fixés principalement par des conditions de confort. De ce fait, l'ICTAVRU fixe les valeurs limites des rayons rentrants présentées dans le tableau 8.

Catégorie	A 100	A 80 et U 80	U 60
Rayon normal en angle rentrant	3 000 m	2 000 m	1 500 m
Rayon minimal en angle rentrant	1 500 m	1 000 m	800 m

Tableau 8: Valeurs limites des rayons en angle rentrant

Voici une figure qui montre la différence entre un angle saillant et un angle rentrant :

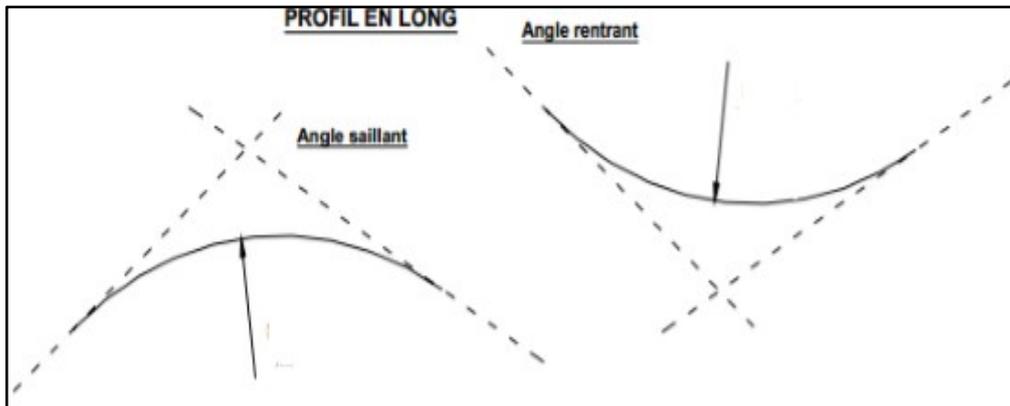


Figure 15: Angle saillant et angle rentrant

Voici un exemple d'un profil en long du deuxième tronçon de la voie principale tracé à l'aide du logiciel COVADIS.

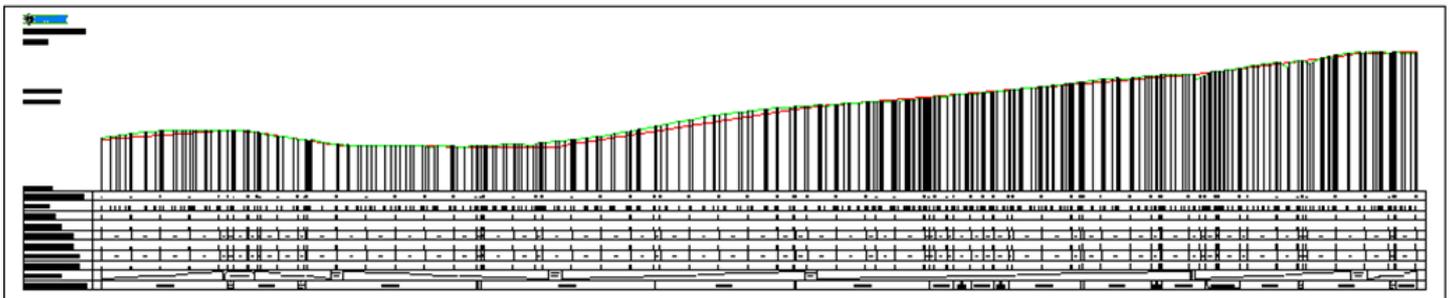


Figure 16: Exemple de profil en long sur COVADIS

c) Profil en travers:

Le profil en travers est une coupe transversale de l'ensemble d'une voirie, chaussée, accotements et talus de raccordement à l'intérieure de l'emprise. Cette coupe réalisée perpendiculairement à l'axe longitudinal du profil en long, dimensionne :

- Les largeurs de voie, d'accotement, de fossé et d'emprise ;
- Les pentes transversales de la chaussée nécessaires à l'écoulement des eaux de ruissellement ;
- Les raccordements aux voies adjacentes, au carrefour ;
- La pente des talus et les ouvrages de soutènement nécessaires à la stabilité de l'ouvrage.

Les différents types de profil en travers :

Dans une étude d'un projet de route l'ingénieur doit dessiner deux types de profil en travers.

- Profil en travers type :

Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblai, en déblai, en alignement et en courbe).

- Profil en travers courants :

Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat).

- **La largeur de la chaussée :**

Pour les routes supportant des trafics importants, la largeur de voie est de 3.50m. Cependant, il arrive que la largeur de la voie soit diminuée, pour différentes raisons :

- Routes à trafic moins important pour lesquelles la largeur de la voie peut varier jusqu'à 3m ;
- Traversées d'agglomération prenant en considération l'environnement urbain : réduction de la vitesse, trottoir, stationnement, etc ;
- Volonté de réduire la vitesse par diminution de la largeur de la chaussée ;
- Difficulté ou coût de réalisation dans des sites particulièrement difficiles : relief, ouvrages d'art, sol rocheux, etc ;

- **Les accotements :**

L'accotement comprend une partie dégagée de tout obstacle appelée bande dérasée, généralement bordée à l'extérieur d'une berme engazonnée. La bande dérasée située à l'extérieur de la chaussée (côté accotement). Sur l'accotement et au-delà, dans une « zone de sécurité », il est primordial d'exclure tout obstacle agressif, et d'éviter les fossés profonds.

La constitution de l'accotement contribue à caractériser le type de la voie rapide urbaine, comme le montre le tableau 9.

VRU de type A	VRU de type U
L'accotement est constitué : d'une bande d'arrêt d'urgence (BAU) ; d'une berme ou d'un trottoir de service.	L'accotement est constitué : d'un trottoir de service ou d'une berme.

Tableau 9: : Eléments constitutifs de l'accotement selon le type de la VRU

- **Les trottoirs :**

Le trottoir est l'équivalent d'un accotement en milieu urbain. Sa fonction est non seulement d'acheminer avec fluidité et sécurité les piétons, mais aussi de leur permettre d'apprécier l'environnement urbain aussi bien que d'abriter les diverses installations téléphoniques, et électriques.

Les normes ne préconisent que la largeur minimale selon laquelle un enfant et une voiture peuvent se croiser sans gêne est comme suit :

- 1,50m lorsque le trottoir ne comporte pas d'obstacle ;
- 2,00m lorsque le trottoir comporte des candélabres d'éclairages public ;
- 5 à 9m si l'aménagement du trottoir permet d'implanter un ou plusieurs rangées d'arbres.

Le trottoir est séparé physiquement de la chaussée par un élément préfabriqué en béton de dimensions normalisées posées sur une fondation en béton maigre appelé "Bordure"

- **Les bordures :**

Une bordure est un élément vertical ou incliné bordant les zones de circulation piétonnes ou véhicules, pouvant constituer une partie du dispositif d'écoulement des eaux pluviales.

Les bordures conviennent à tous les types d'ouvrages : accotements de routes ou d'autoroutes, bordures de stationnement, allées, terrains de sport ou voirie urbaine, contours d'îlots directionnels.

Elles sont généralement réparties selon trois types :

Les bordures de trottoir non franchissables : Les bordures de trottoir de type T sont plus spécialement destinées aux voiries urbaines. Il en existe quatre types T1, T2, T3 et T4 selon les dimensions désirées;

Les bordures franchissables : Les bordures de type A1 et A2 sont des bordures d'accotement franchissables ;

Les bordures inclinées ou arrondies : Les bordures P1, P2 et P3 sont utilisées pour délimiter des espaces de stationnement, des allées piétonnes, des espaces verts, des terrains de loisirs, de sports.

- **Les dévers :**

En section courante, le profil de la chaussée est en toit, la pente de chaque versant résulte d'un compromis entre la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluie et la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre. Pour la chaussée on adopte les pentes transversales suivantes :

- Chaussée en béton de ciment: 2,0 % ;
- Enduit superficiel ou enrobé : 2,5 % ;
- Chaussée non revêtue : 4,0 %.

En courbe, le profil ne comporte plus qu'un seul versant, dont la pente est le dévers évoqué précédemment, le passage d'une situation à l'autre nécessitant une zone de transition. Cette zone doit être très soigneusement étudiée, particulièrement pour les chaussées de grande largeur, pour éviter les accumulations d'eau génératrices d'aquaplanage.

d) Cubatures:

D'une manière générale on appelle travaux de terrassements toutes les opérations qui consistent à transformer la configuration du terrain naturel, soit en y apportant des terres, soit en le fouillant. Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers.

Le calcul des volumes de déblais et de remblais s'appelle (les cubatures des terrassements).

Cubatures de terrassement :

On désigne par cubatures de terrassement l'évolution des cubes de déblais et de remblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne du projet. Ils sont aussi nécessaires à l'estimation du coût de terrassement, pour choisir entre plusieurs variantes la moins chère et aussi prévoir les différents engins en vue de les réaliser (types et nombres d'engins).

IV. APPLICATION AU PROJET :

a) Catégorie de voies :

Il s'agit de l'artère principale de la ville de Rhafsai qui s'étend sur 5 km et relie la route provinciale N° 5313 au centre-ville. L'artère sera ainsi divisée en deux régions, (En agglomération/Hors agglomération), chacune définie par sa vitesse de référence.

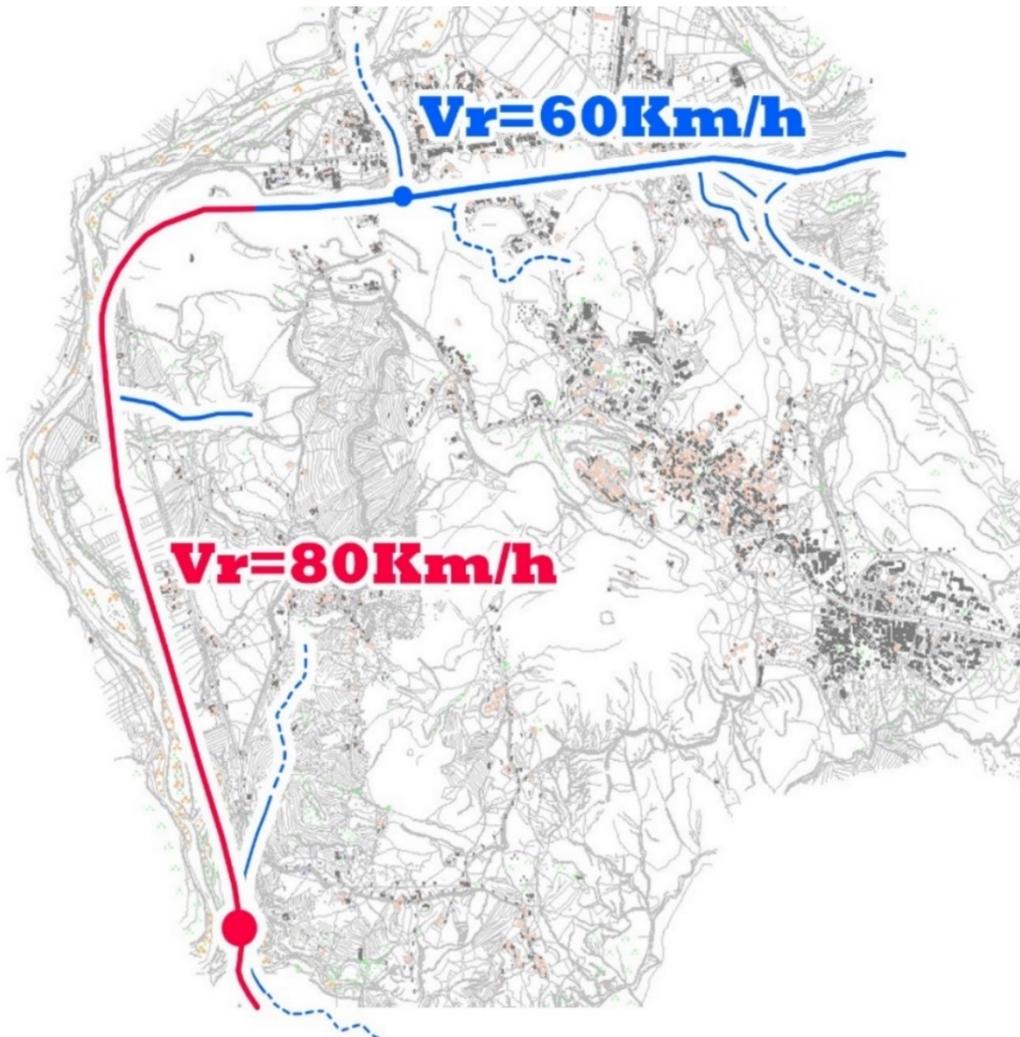


Figure 17: Vitesses de référence pour chaque partie de la voie

De ce fait, la partie de voie **hors agglomération** appartient à la catégorie des voies de type U 80.

La partie **en agglomération** ainsi que les différentes **voies secondaires** appartiennent à la catégorie de type U 60.

b) Tracé en plan

Le dessin de l'axe de la voie passe par plusieurs itérations, avant de figer le tracé. Ces différentes variantes du tracé permettent d'aboutir au tracé en plan optimal à la fois sur le plan technique, économique et environnemental. En effet, le choix de la variante du tracé doit respecter des

critères environnementaux et technico-économiques ; les critères environnementaux découlent des impacts du projet sur le milieu alors que les critères technico-économiques sont associés aux contraintes techniques qui peuvent nuire à la sécurité des installations routières et/ou faire augmenter les coûts de construction du projet.

Dans notre cas d'étude on a choisi un tracé qui parcourt un linéaire total d'environ 5 km, elle requiert la construction de 5 ouvrages hydrauliques pour le franchissement des « chaâbas ». Cette variante nécessite moins de terrassements et présente une pente maximale du terrain naturel de 9%.

c) Profil en long

Au cours de cette étude, le modèle numérique du terrain fût la première étape. Grâce aux données du levé topographique, ce modèle permet de générer des renseignements de tout point du terrain selon les trois dimensions. Une fois les coordonnées de tous les points définis et ainsi les pentes du terrain connues. Il est question de tabuler l'axe de la voirie avec un intervalle de 30 m pris entre deux piquets successifs. L'établissement du profil longitudinal du projet repose sur la coordination entre plusieurs paramètres : Les déclivités, les rayons du profil en long, et le volume de terrassement.

Pour les tronçons de voirie horizontaux, une déclivité minimale de 0.5% a été adoptée afin de permettre l'écoulement des eaux pluviales. Quant aux déclivités maximales, une déclivité maximale de 7% a été appliquée.

Les rayons du profil en long utilisées sont de l'ordre de 1000 m et 3000 m pour les angles saillants, et de l'ordre de 800 mm et 1500 pour les angles rentrants pour la catégorie U60 et U80 respectivement. Opter pour de tels rayons permet d'adoucir la succession des déclivités et ainsi offrir une meilleure lisibilité de l'itinéraire par l'utilisateur.

d) Profil en travers

L'artère principale est sollicitée par un fort trafic d'où le choix d'une chaussée bidirectionnelle de largeur de 15m. Suivant les recommandations de l'ICTAVRU, la pente transversale adoptée pour les chaussées revêtues d'un enrobé est de 2.5%.

Terre pleine centrale : On a adopté un TPC de largeur 2m avec une pente de 0%.

Les bordures : Elles sont de type T4, car plus longues, elles arrivent à résister le mieux aux chocs des poids lourds qui prennent cette voie. Les dimensions des bordures préfabriquées de type T4 sont illustrées sur la figure 12.

Au niveau des deux giratoires, on a opté pour des bordures Américaines de type i2.

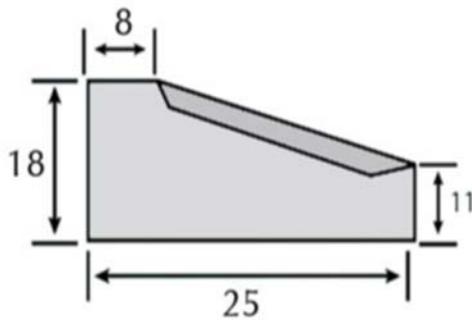


Figure 18: Dimensions d'une bordure Americaine de type i2

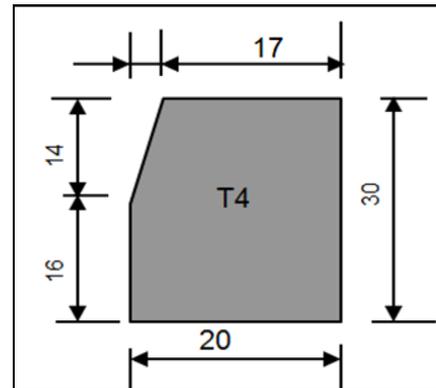


Figure 19: Dimensions d'une bordure préfabriquée de type T4

L'accotement : Il a été choisi comme étant des trottoirs de service de 2m de largeur déversée par une pente de 1,5%.

Talus : Le rapport géotechnique recommande pour les talus du projet :

1H /1V pour les talus en déblai

2H /3V pour les talus en remblai

Les profils en travers type, réalisés avec le logiciel COVADIS, pour les différents tronçons du projet sont présentés en ANNEXE I.

e) Cubatures :

Les volumes totaux de déblais et remblais sont calculés par le logiciel COVADIS.

Voici un exemple d'un profil en travers tracé à l'aide de COVADIS, qui regroupe les différents éléments constitutifs de notre emprise, ainsi que le calcul des cubatures.

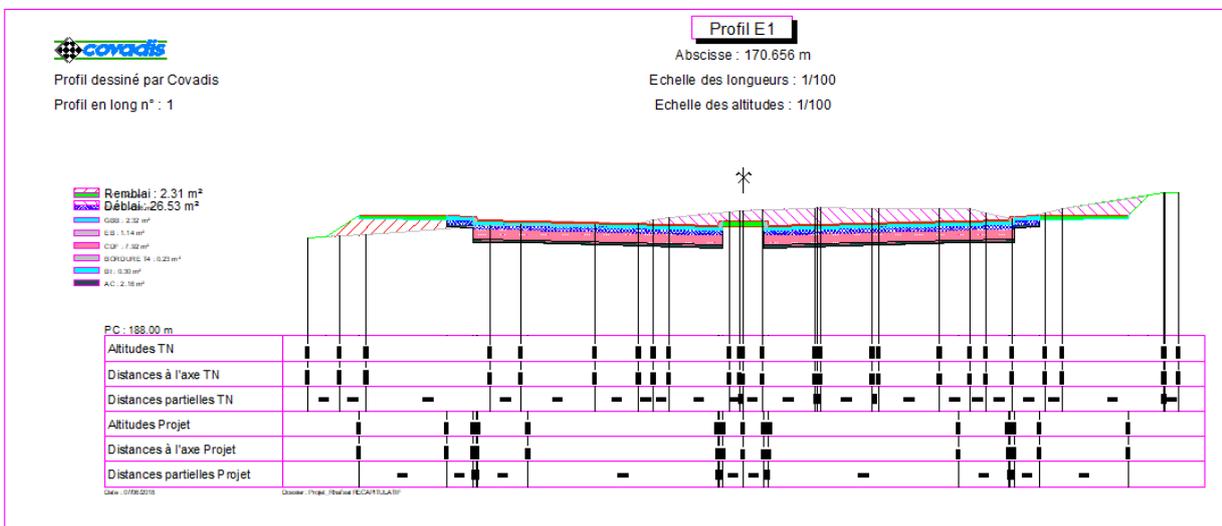


Figure 20: Exemple de profil en travers et cubatures

Le tableau ci-apres présente les coûts relatifs aux travaux de la voirie :

N° Prix	Désignation des prestations	U	Quantité	Prix Unitaire en DHs	Total
Série 300 : Voirie					
300.1	Terrassements				
300.1.1	Terrassements en déblais en terrain de toute nature	m ³	165 790	25.00	4 144 756.00
300.1.2	Remblais en matériaux de déblais	m ³	19 130	30.00	573 902.38
300.1.3	Remblais en matériaux d'emprunt	m ³	5 283	60.00	316 975.24
300.2	Corps de chaussée				
300.2.1	Couche anti-contaminante	m ³	11 427	90.00	1 028 442.60
300.2.2	Couche de forme	m ³	35 927	120.00	4 311 234.00
300.2.3	Couche de fondation en GNF1	m ³	22 861	170.00	3 886 329.20
300.2.5	Couche de base en GBB	m ³	9 548	1 250.00	11 934 987.50
300.3	Couche de roulement et matériaux traités au liant hydrocarboné				
300.3.2	Revêtement en enrobé bitumineux	m ³	5 247	1 500.00	7 870 440.00
300.4	Revêtements				
300.4.1	Revêtements en béton imprimé	m ²	2 583	165.00	426 166.95
300.5	Bordures				
300.5.1	Bordure type T4	ml	16 548	95.00	1 572 091.35
300.5.2	Bordures type I2	ml	185	120.00	22 200.00
Total Série 300					36 087 525.22

Tableau 10: Coûts des travaux de la voirie

Conclusion

Aboutir à de bonnes conditions de visibilité, de sécurité et de confort pour l'utilisateur imposent de veiller à une bonne coordination des éléments du tracé en plan, du profil en long et du profil en travers. C'est la combinaison de ces éléments qui conditionnent l'image offerte réellement à l'utilisateur et aussi une estimation de coût et le nombre des engins nécessaires.

CHAPITRE III :

DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE LA CHAUSSEE

I. INTRODUCTION

L'étude de voirie ne se limite pas à assurer de bonnes caractéristiques géométriques, mais il faut également assurer de bonnes caractéristiques mécaniques afin de permettre à la chaussée de résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitations pendant sa durée de vie.

Il existe plusieurs méthodes de dimensionnement de chaussées, basées sur des modèles mathématiques et/ou des considérations pratiques tirées de l'expérience. Dans ce chapitre, le dimensionnement de la chaussée se fera sur la base du catalogue des structures types des chaussées neuves suivi d'une vérification des déformations à l'aide du logiciel Alizé- Lcpc.

II. GENERALITES SUR LA CHAUSSEE :

II.1. Caractéristiques d'une structure routière :

Une structure routière est constituée d'un certain nombre d'assises superposées qui ont pour rôle essentiel de supporter les charges de trafic et d'assurer leur diffusion selon des niveaux de contraintes supportables par le sol d'infrastructure.

Une structure routière se compose en général des couches suivantes :

- **la couche de surface**
- **la couche de base**
- **la couche de fondation**
- **la sous-couche.**

Ces différentes couches peuvent ne pas exister simultanément dans une chaussée. S'il y a toujours une couche de base, il n'y a pas toujours de couche de surface ou de couche de fondation.

La couche de surface a pour objet essentiel de permettre l'absorption des efforts de cisaillement importants provoqués par la circulation dans la partie haute de la chaussée.

La couche de surface peut être simple ou multiple ; dans ce dernier cas, on appelle "couche de roulement" celle qui est en contact direct avec les roues l'autre ou les autres sont appelées "couches de liaison"

La couche de base et, si elle existe, la couche de fondation ont pour objet essentiel de résister aux charges verticales et de répartir convenablement sur le terrain les pressions qui en résultent l'ensemble de ces couches constitue le corps de chaussée.

Lorsque le corps de la chaussée doit être préservé contre certains effets, on interpose entre celui-ci et le terrain une couche supplémentaire appelée sous-couche. Le rôle de celle-ci peut être :

- Soit d'empêcher les remontées d'argile dans la chaussée (sous-couche anti-contaminante),
- Soit d'assurer le drainage de la fondation (sous-couche drainante),
- Soit de couper les remontées capillaires (sous-couche anti-capillaire),
- Soit de lutter contre le gel (sous-couche anti-gel).

Voici une figure qui illustre les différentes couche de chaussée :

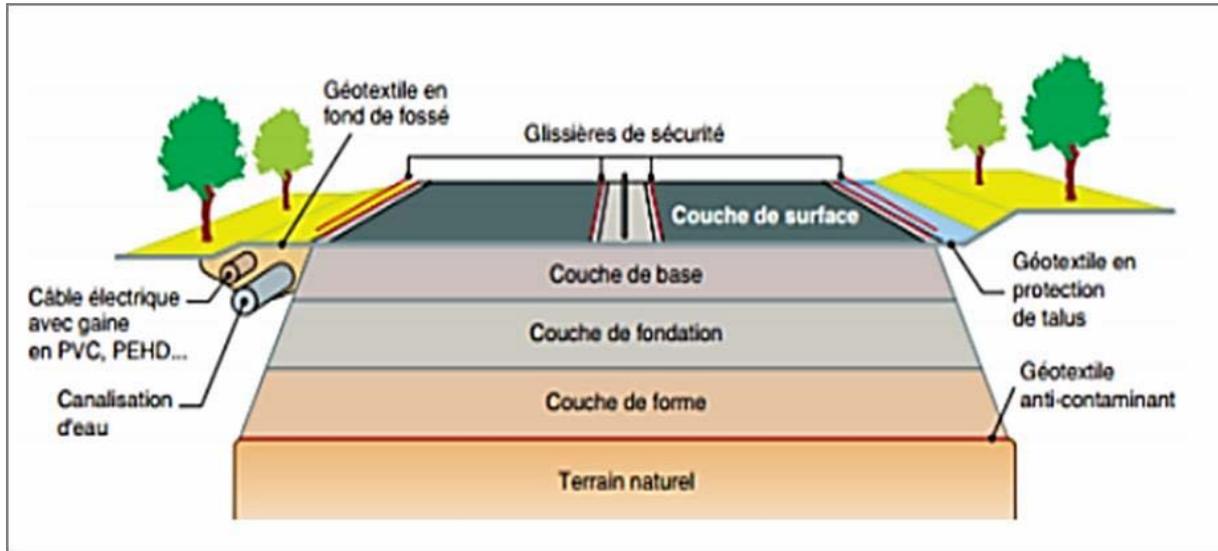


Figure 21: Superposition des couches d'une structure routière

II.2. Types de structures de chaussée :

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, nous distinguons généralement les trois types de structures suivants :

a) Les chaussées souples

Les chaussées souples admettent de légères déformations sous l'action des charges avant de reprendre leur aspect initial. Elles comportent des matériaux traités avec des liants hydrocarbonés. L'épaisseur des différentes couches assure une bonne répartition des efforts au niveau du sol support à condition de ne pas dépasser les contraintes admissibles.

La figure 22 illustre la structure type d'une chaussée souple.

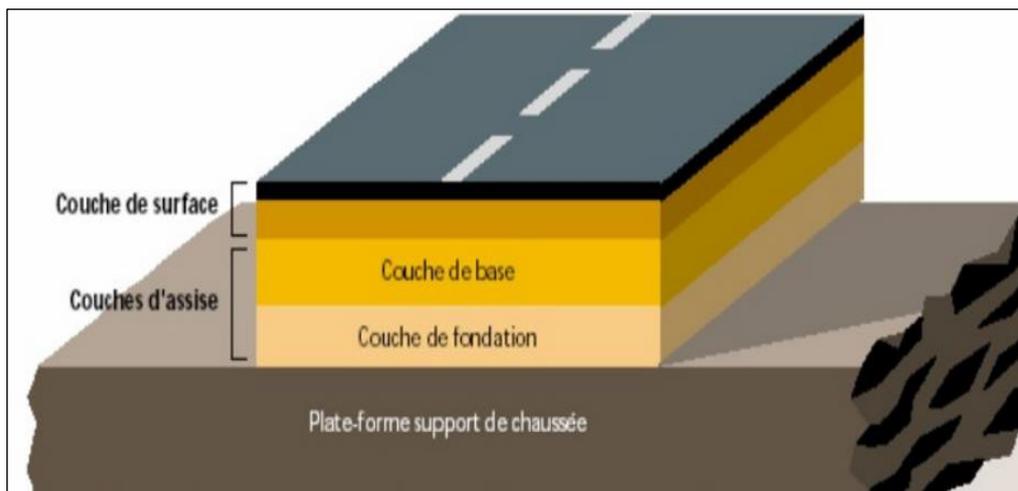


Figure 22: Structure type d'une chaussée souple

b) Les chaussées semi rigide

Elles ont une composition mixte. Les couches d'assise sont réalisées des matériaux traités aux liants hydrauliques, alors que les couches de surface sont traitées aux liants hydrocarbonés.

La figure 23 illustre la structure type d'une chaussée semi rigide.

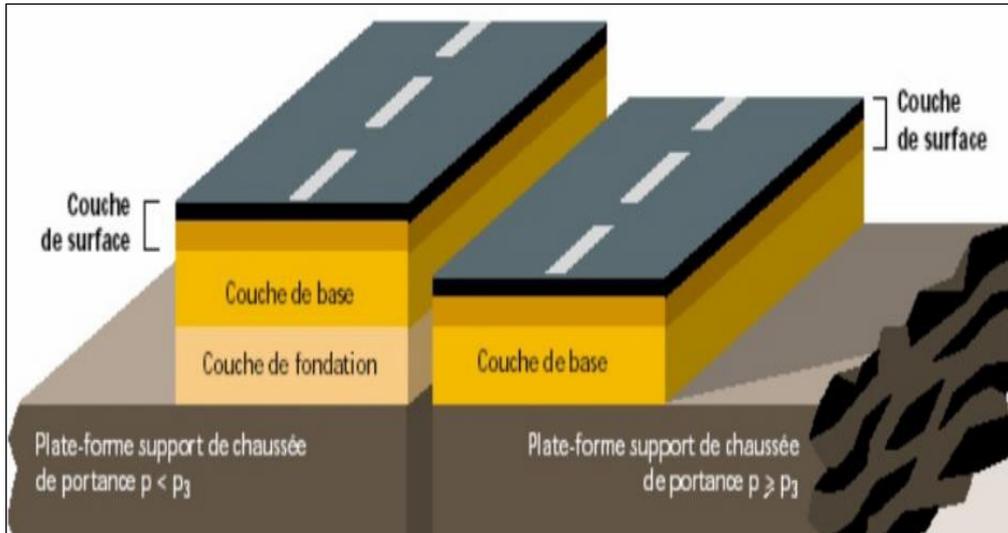


Figure 23: Structure type d'une chaussée semi rigide

c) Les chaussées rigides

Elles sont réalisées avec des matériaux à base de granulats et de ciment, c'est pourquoi elles présentent une grande rigidité, ce qui est permet d'intéresser une grande surface de chaussée sous l'action des charges et réduire les sollicitations au niveau du sol support.

La figure 24 illustre la structure type d'une chaussée rigide.

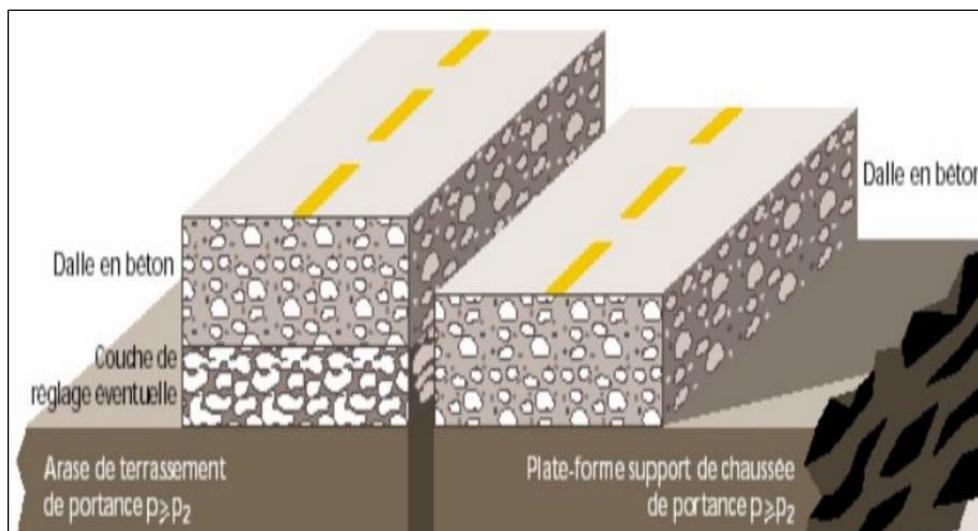


Figure 24: Structure type d'une chaussée rigide

II.3. Dimensionnement de la structure de chaussée neuve :

a) Dimensionnement par le catalogue marocain des structures types de chaussées neuves :

Le dimensionnement de la chaussée selon le catalogue marocain des structures types de chaussées neuves repose sur trois principaux paramètres d'entrées :

- Le trafic ;
- Le climat ;
- L'environnement géotechnique.

Le trafic :

Le trafic, par le biais de son agressivité, est un paramètre fondamental dans le calcul des structures de chaussées. Il est à noter que le dimensionnement d'une voie prend compte seul du trafic des poids lourds qui l'empreinte. Il s'agit de classer le trafic en fonction du nombre de poids lourds par jour et par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Le comptage est réalisé soit par des personnes postées à des carrefours, soit automatiquement au moyen d'appareils de mesure.

Le climat :

Quatre zones sont considérées en fonction de la précipitation annuelle moyenne exprimée en mm et déterminées sur une période de récurrence longue (30 ans environ).

La figure 25 schématise la délimitation de ces quatre zones.

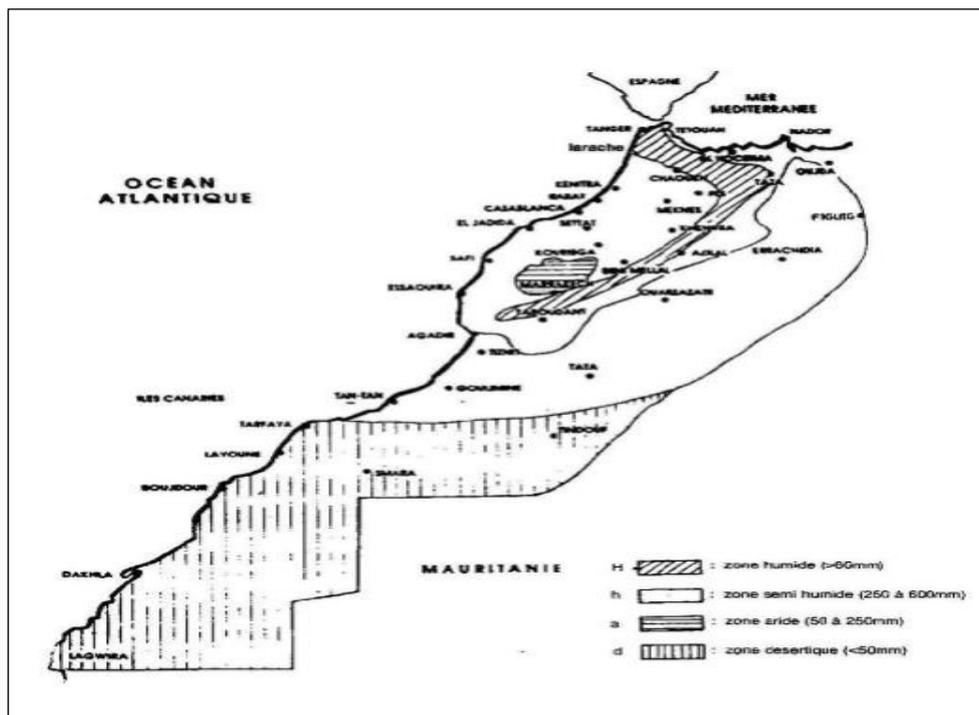


Figure 25: Carte schématique des zones climatiques

L'environnement géotechnique :

➤ *Stabilité*

Deux zones sont à considérées :

- **Zone 1** : Où les problèmes de stabilité de plateforme sont réglés ou ponctuels.
- **Zone 2** : Où les problèmes de stabilité de plate-forme ne permettent pas d'assurer un comportement sans risque majeur de structure de chaussée (fissuration, affaissement, etc.), c'est le cas des instabilités de versant et de remblai sur sol compressible.

➤ *Classification de sol*

La classification des sols utilisée est le classement RTR (recommandations pour les terrassements routiers), définissant:

- Les classes A, B, C, D pour les sols;
- La classe R pour les matériaux d'origine rocheuse;
- La classe F pour les sols organiques et sous-produits industriels;
- Les sols tireux TxA3 et TxA4;
- Les sols tuffacés faiblement carbonatés Tf ou fortement carbonatés Tc.

➤ *Portance du sol*

Pour le dimensionnement d'une structure de chaussée neuve, c'est la portance à long terme qui est prise en compte. Deux types de portances sont à définir :

- La portance au niveau 1, relative à la portance de la partie supérieure des terrassements ;
- La portance au niveau 2, relative à la portance au sommet de la couche de forme.

Ainsi, la portance à long terme St_i au niveau 1 est estimée à partir de la connaissance des sols, sur une hauteur h (0.5 m en remblai – 0.7 à 1.00 m en déblai) et en fonction des conditions de drainage et d'environnement.

Tandis que la portance à long terme P_j au niveau 2 est estimée à partir de la portance au niveau 1, de la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

La figure 26 explicite la différence entre ces deux types de portances :

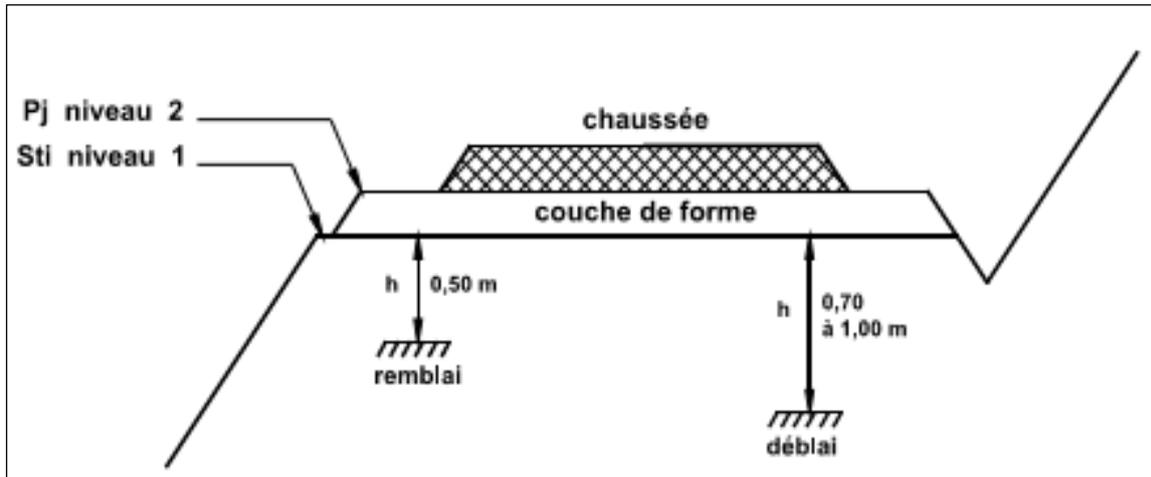


Figure 26: Types de portances à long terme

La figure 27 résume la démarche de dimensionnement du corps de chaussée suivant les règles du catalogue marocain des structures types de chaussées neuves.

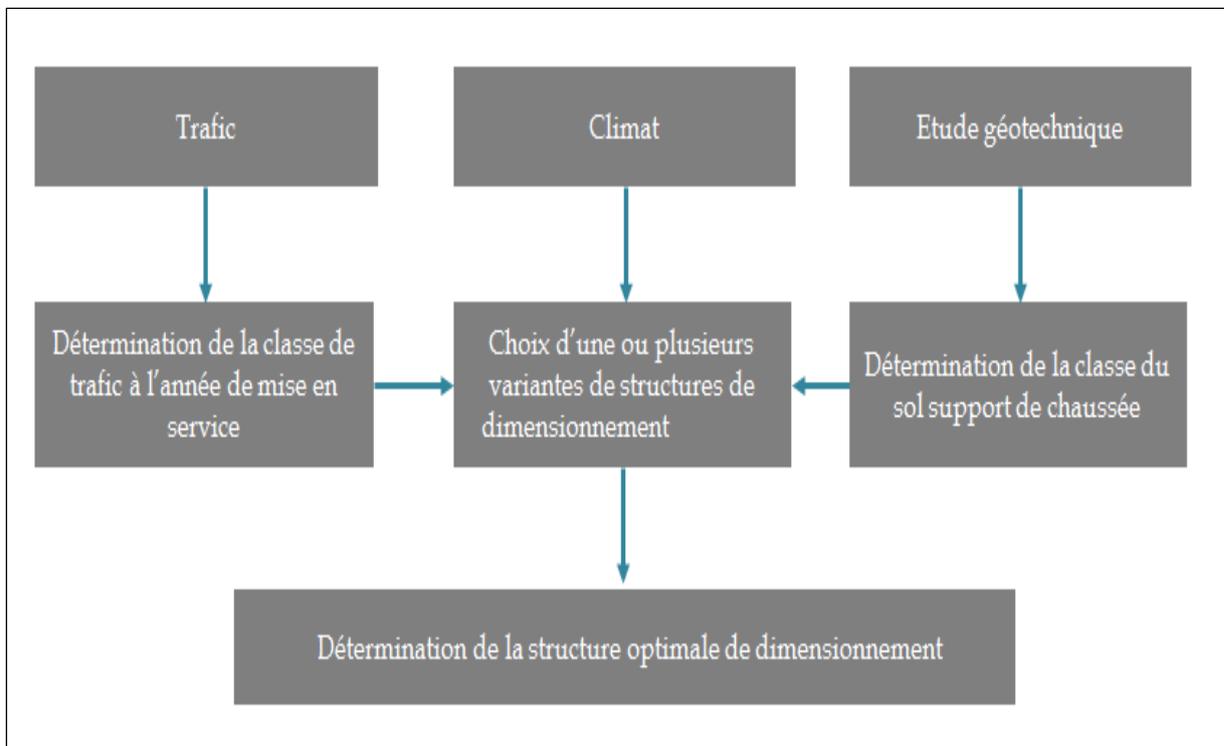


Figure 27: Organigramme de dimensionnement de corps de chaussée suivant le catalogue marocain des structures types de chaussées neuves.

b) Structure de la chaussée sur la base de la méthode analytique :

Le calcul des structures par la méthode analytique est réalisé suivant la méthode française exposée dans le guide technique du SETRA « Conception et dimensionnement des structures de chaussées », édition Décembre 1994.

Cette méthode est basée sur plusieurs concepts dont les principaux sont :

- Le caractère probabiliste du dimensionnement ; ceci tient à l'importance de la dispersion et du caractère aléatoire des divers facteurs ayant un effet significatif sur la tenue dans le temps de la chaussée ;
- La durée initiale et le risque de calcul ;
- Coefficient d'agressivité : Ce coefficient varie en fonction de chaque poids lourd (poids, essieu...). En absence de données qui définissent les caractéristiques des poids lourd qui empruntent le projet, on retiendra une valeur d'un CAM moyen de 0,5 équivalent à un PL de 19t à 2 essieux (cas du Poids Lourd prépondérant dans le réseau routier marocain)
- Les facteurs pris en compte pour le dimensionnement (trafic, environnement, PST, matériaux de chaussée, qualité de la réalisation) ;
- Détermination des sollicitations admissibles.

Les structures de chaussées seront modélisées et vérifiées avec le logiciel ALIZE-Lcpc.

La température est également un élément majeur pour le dimensionnement de la chaussée.

Critères retenus pour le dimensionnement par la méthode analytique :

Les chaussées souples sont vérifiées par le calcul vis-à-vis :

- De la rupture par fatigue à la base des couches bitumineuses ;
- De l'orniérage des couches non liées et du support.

Deux critères sont donc à vérifier :

- ❖ Que l'allongement ϵ_t réel à la base des couches bitumineuses est inférieur à une valeur ϵ_t admissible ;
- ❖ Que la déformation verticale ϵ_z réelle en haut des couches non liées et du sol support est inférieure à une valeur ϵ_z admissible.

Détermination de l'allongement ϵ_t , ϵ_{adm} admissible à la base des couches bitumineuses :

La valeur de ϵ_t , ϵ_{adm} est donnée par la relation :

$$\epsilon_t, \epsilon_{adm} = \epsilon_t (NE, 20^\circ) \times K_r \times K_c \times K_s.$$

Avec :

- **NE :** Nombre équivalent d'essieux de référence correspondant au trafic poids lourds cumulé sur la durée de calcul retenue ;
- **$\epsilon_t (NE, 20^\circ)$:** Déformation pour laquelle la rupture conventionnelle en flexion sur éprouvette est obtenue au bout de NE cycles avec une probabilité de 50% pour la température de 20° ;
- **K_r :** Coefficient qui ajuste la valeur de la déformation admissible au risque de calcul retenu en fonction des facteurs de dispersion sur l'épaisseur et sur les résultats des essais de fatigue ;

- **Kc** : Coefficient de calage destiné à ajuster les résultats du modèle de calcul au comportement observé de chaussées de même type ;
- **Ks** : Coefficient minorateur tenant compte de l'effet d'hétérogénéité locale de portance d'une couche de faible rigidité.

Détermination des déformations admissibles $\epsilon z, adm$ à la surface de la plate-forme :

La déformation admissible verticale à la surface de la plate-forme est donnée par la formule :

- Fort trafic ($NE > 250000$) : $\epsilon z adm = 0,012 \times (NE)^{-0,222}$
- Faible trafic ($NE < 250000$) : $\epsilon z adm = 0,016 \times (NE)^{-0,222}$

La figure 28 résume la démarche de vérification moyennant le logiciel Alizé Lcpc :

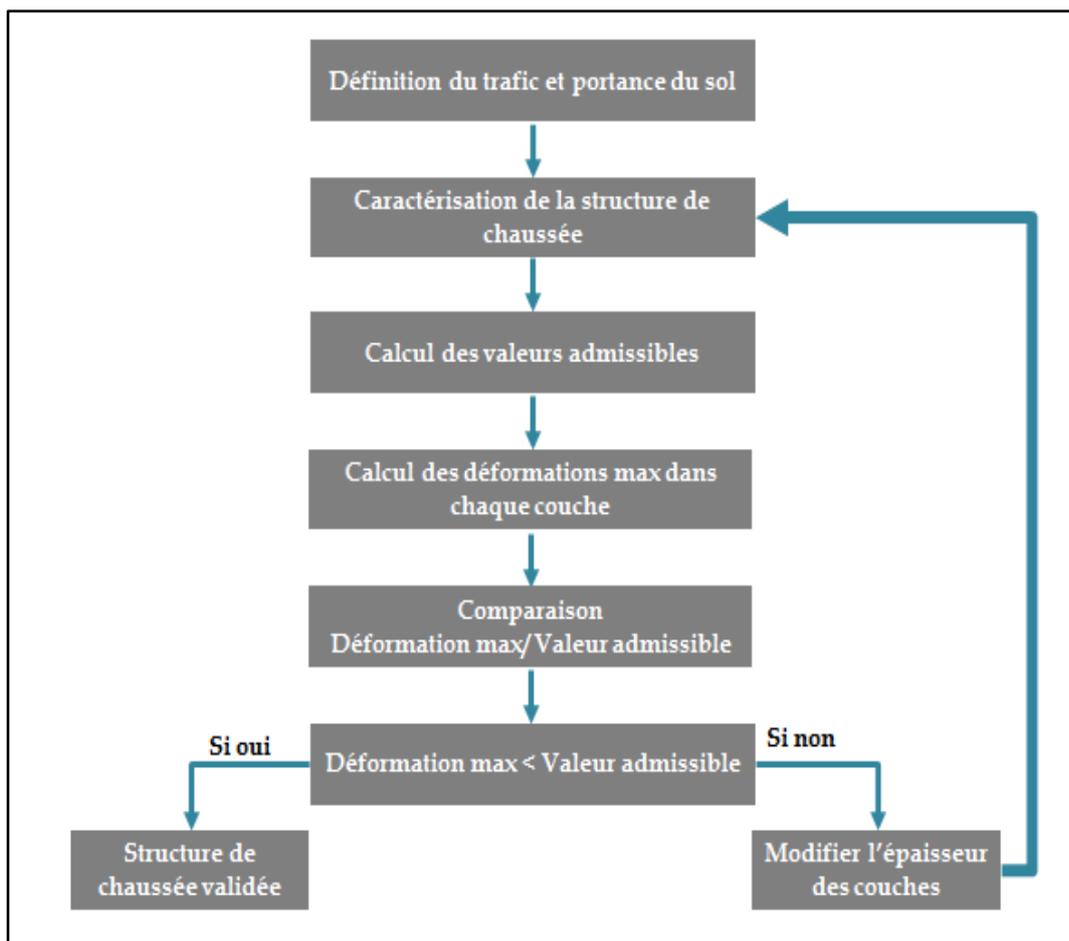


Figure 28: Démarche de vérification sur Alizé Lcpc

III. ETUDE EMPIRIQUE DU PROJET :

a) Dimensionnement par le catalogue marocain des structures types de chaussées neuves :

Le trafic :

Le trafic exprimé sur les 2 sens est supposé équilibré entre ces deux sens, avec un taux de croissance égal à 4%. Le nombre journalier de poids lourds recueilli par comptage est de 130 PL /j. D'après les données du trafic présentées dans le tableau 11, il s'agit d'un trafic élevé de classe TPL4.

Nombre journalier de PL>8T	0 à 5	5 à 50	50 à 125	125 à 250	250 à 325	325 à 450
Classe	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6

Tableau 11: Classes du trafic

Durée de vie :

Pour le catalogue marocain on prévoit une durée de vie courte (10 ans) pour les chaussées à fort trafic et une durée de vie longue (15 ans) pour les chaussées à faible trafic. On opte pour une durée de vie courte 10ans.

Le climat

La ville de Rhafsai connaît une pluviométrie moyenne interannuelle de près de 700 mm. D'après les données climatiques présentées dans le tableau 12, il s'agit d'un environnement humide.

Code	Dénomination	Précipitation (mm/an)
H	Humide	>600
H	Semi Humide	250 à 600
A	Aride	50 à 250
D	Désertique	<50

Tableau 12: Zonage climatique en fonction de la précipitation annuelle moyenne

L'environnement géotechnique :

Stabilité :

Le sol appartient à la **zone I** parce que les problèmes de stabilité de plate-forme sont réglés ou ponctuels.

Portance à long terme du sol :

Niveau 1 : portance St_i

St_i	St0	St1	St2	St3	St4
Indice CBR	≤ 4	≥ 6	≥ 10	≥ 15	≥ 25

Tableau 13: Echelle de portance St_i selon l'indice CBR imbibé

Niveau 2 : portance P_j

Pour une structure de type souple, sollicitée par un trafic de type TPL4. Le tableau 14 renvoie à une valeur de portance au niveau 2 de P2.

Type de structure	Trafic	Portance P_j minimale
Souple	TPL1 à TPL3	P1
	TPL4 à TPL6	P2
Semi-rigide	TPL3 à TPL4	P3
	TPL5 à TPL6	P2
Rigide	Tous trafics	P1

Tableau 14: Portances minimales P_j

Détermination des couches :

1) Détermination de la couche de forme :

Pour un trafic élevé de TPL4, le matériau utilisé est le matériau graveleux F1. D'après le tableau 15 ci-dessous, l'épaisseur de la couche de forme admise est :

10 cm AC + 40 cm F1.

Trafic	Nature des matériaux	Classe Sti	Epaisseur couche de forme	Pj
TPL1 TPL2 TPL3	F2	St0	10 AC + 30 F2= 40cm	P1
		St1	10 AC + 20 F2= 30cm	P2
		Sti (i > 1)	+ 30 cm F2	Pi+1
TPL4 à TPL6	F1	St0	10 AC + 40 F1= 50cm	P2
		St1	10 AC + 25 F1= 35cm	P2
		Sti (i > 1)	+ 40 cm F1	Pi+1
	MT	St0	40 cm	P2
		St1	25 cm	P2
		St1	+50 cm	P3

Tableau 15: Epaisseur de la couche de forme

2) Détermination de la couche de fondation ;

Pour une chaussée souple sollicitée par un trafic de TPL4, reposant sur un sol de la zone Le tableau 16 détermine les graves non traitées GNf1 comme matériau de couche de fondation

Trafic	Zone I						Zone II
	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	
Grave non traitée							
Blocage (sous P.C)			//////	////////	////////	////////	Idem
GNf3			//////	////////	////////	////////	Idem
GNf2					////////	////////	Idem
GNf1							Tous trafics
Grave traitée							
GBF (sous GBB)							Structure non prévue
GAC2 (sous BC)							
Graves drainante							
GD							
Béton maigre							
Bm (sous BC)							

Tableau 16: Matériaux pour couche de fondation

3) Détermination de la couche de base :

Le tableau 17 présente les différents matériaux de la couche de base possibles pour une chaussée sollicitée par un trafic de TPL4.

Il s'agit d'une chaussée souple, d'où le choix du grave bitumineux GBB comme matériau de couche de base.

Trafic		Zone I					Zone II	
		TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5		TPL6
Grave non traitée								
GN	Pierre cassée			//////	////////	////////	////////	Idem
	GND		exper	////////	////////	////////	////////	Idem
	GNC			exper	////////	////////	////////	Idem
	GNB				////////	////////	////////	Tous trafics
	GNA					////////	////////	
	GNR						////////	Idem
Graves stabilisées au ciment								
	GVC					////////	////////	////////
	GAC2						////////	////////
	GAC1							////////
Graves stabilisées au bitume								
	GE						////////	Tous trafics
	GBB							Structure non prévue
Béton de ciment								
	BC							Structure non prévue

Tableau 17: Matériaux pour couche de base

Légende :

	Matériau utilisable
	Matériau inutilisable en raison de ses caractéristiques insuffisantes.
	Matériau normalement inutilisable mais pour lequel une expérimentation mérite d'être tentée en vue d'un sur classement ultérieur.
	Matériau utilisable mais de caractéristiques nettement plus performantes que nécessaire, donc généralement anti-économique.

4) Détermination de la couche de roulement :

Pour une chaussée sollicitée par un trafic de TPL4, reposant sur un sol de la zone 1. Le tableau 18 détermine l'enrobé bitumineux EB comme matériau de couche de roulement.

Trafic	Zone I						Zone II
	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	Tous trafics
RS						//////////	
ECF	//////////				//////////	//////////	
EB ou mEB	//////////	//////////	//////////				//////////

Tableau 18: Matériaux de couche de roulement

Structure de la chaussée

Pour une chaussée souple composée d'une couche de fondation de type GNf, sur laquelle est superposée une couche de base de type GBB, revêtue d'une couche de roulement de type EB, et reposant sur un sol de la zone 1. Le tableau 19 réfère à la fiche numéro 3 du catalogue des structures types de chaussées neuves.

Zone	Type	Structures			Fiche n°	Trafic TPL					
		Revêtement	Couche de base	Couche de fondation		1	2	3	4	5	6
I	Souple	RS ou ECF	GN/GNC	GNf ou GVC	1						///
			P.C	Blocage	1			///	///	///	///
		ECF/EF	GNB	GNF1-2	1	///			///	///	///
		RS (ECF) ou EB/mEB	GE	GNf ou GVC	2	///					///
	RS (ECF) EB/mEB	GBB	GNf	3	///	///	///				
		GBB	GBf	3	///	///	///	///	///	///	
Semi-rigide	RS/ECF ou EB	GAC1.2	Eventuellement GAC1.2	4	///	///					
Rigide		BC	Bm ou GAC1.2 ou néant	5							
II	Souple	RS/ECF	GN	GNf	6						
		RS/ECF	GE	GNf	7	///	///	///			

Tableau 19: Structure de chaussée

En se référant à la fiche numéro 3 du catalogue marocain des structures types de chaussées neuves. Deux structures de chaussée souple sont suggérées. La figure 29 illustre ces deux solutions possibles :



Figure 29: Structures de chaussées admises (Fiche 3)

La solution retenue à partir du catalogue marocain des structures types de chaussées neuves est :

6 cm EB + 8 cm GBB + 20 cm GNF1+ 40cm F1 + 10cm AC.

b) Vérification par le logiciel Alizé-Lcpc :

- Définition de la structure :

Il s'agit d'affecter la caractérisation de la structure de chaussée dimensionnée par le catalogue des structures types de chaussées neuves sur le logiciel Alizé.

Afin de définir la structure sur le logiciel Alizé-Lcpc, il faut tout d'abord se référer au tableau 20.

	Module	Correspondant Alizé
GNF	400 (dépend du sol)	GNT2
EB	Dépend de la température : 25° ville à l'intérieur du Maroc 20° ville côtière.	BB
GBB	Dépend de la température : 25° ville à l'intérieur du Maroc 20° ville côtière.	GB1, GB2, GB3, GB4

Tableau 20: Correspondance des matériaux sur Alizé Lcpc

Les principales données de dimensionnement sont :

Trafic poids lourds journalier (MJA)	130
Méthode de dimensionnement	Méthode analytique
Taux de croissance du trafic annuel (τ)	4 %
Durée de vie	10 ans
Coefficient d'agressivité (CAM)	0.5 (Matériaux bitumineuses)
	1 (GNT et sol)
Température	La température moyenne annuelle retenue est de 20°C (ville côtière).
Risque	On retient un risque de 20% pour ce cas.
Plate-forme	Plate-forme de type PF2 = 50 MPA.

Tableau 21: Données de dimensionnement par Alizé

La figure 30 illustre la structure de la chaussée équivalente.

	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
collé	0.06	3600	0.35	bb
collé	0.08	6300	0.35	gb3
collé	0.2	400	0.35	gnt2
	infini	50	0.35	pf2

Figure 30: Définition de la structure sur Alizé

- Calcul des valeurs admissibles :

Le logiciel Alizé- Lcpc permet de calculer à la fois la déformation verticale admissible du sol support et la déformation en traction admissible pour le grave bitume. Les résultats de ces calculs sont détaillés respectivement dans les figures 31-32 ci-dessous :

Figure 31: Résultats de calculs par le logiciel Alizé (st adm)

Figure 32: Résultats de calculs par le logiciel Alizé (sz adm)

- Choix de la structure :

Le logiciel Alizé-Lcpc permet de calculer les déformations maximales de chaque couche. Un travail itératif reposant sur la modification des épaisseurs des couches de roulement et de base aboutit à l'obtention d'une structure dont la déformation maximale dans chaque couche est inférieure aux valeurs admissibles préalablement calculées. Pour ces trois variantes ont été vérifiées.

Les résultats des itérations pour chaque variante sont présentés en ANNEXE III, IV, V.

En effet, une étude économique aura lieu pour nous aider à choisir la variante la plus optimale entre les trois variantes retenues.

Conclusion :

Pour des des raisons de sécurité (Voie a fort trafic), il en résulte que la structure de chaussée vérifiée soit :

6 cm EB + 12cm GBB + 20 cm GNF1 + 40F1 + 10 AC

(Voir deuxième variante économique ANNEXE VI)

CHAPITRE IV :

AMENAGEMENT DES GIRATOIRES

I. INTRODUCTION

Le carrefour giratoire est un aménagement plan comportant un îlot central ceinturé par une chaussée circulaire. Parcouru en sens unique, il collecte les trafics des voies aboutissant à l'intersection et redistribue ces trafics entre ces mêmes voies. Les véhicules se retrouvent ainsi dans le même courant de circulation, quelle que soit leur provenance et leur destination.

Les conflits entre véhicules sont limités à ceux liés à l'insertion des entrants dans le courant commun, et à ceux liés à la séparation des sortants. Insertion et séparation s'effectuent l'une et l'autre par la droite. Ainsi, tout véhicule entrant sur un giratoire tourne deux fois à droite, y compris en cas de "tourne-à-gauche".

Tous les itinéraires sont ainsi interrompus, et tous les trafics qui aboutissent au carrefour perdent leur prépondérance, quelle qu'elle soit, au bénéfice du courant commun sur l'anneau, en application du régime de la priorité aux véhicules circulant sur la chaussée annulaire.

II. CRITERES DE LA CONCEPTION DES GIRATOIRES :

La conception du carrefour giratoire dépend de son implantation, de sa fonction principale et du trafic qui va y passer. Le terme trafic est employé au sens large et concerne autant la composition que la quantité de véhicules qui devront l'emprunter : les voitures bien sûres, mais aussi les poids lourds, les transports en commun, les deux-roues motorisés et les usagers vulnérables que sont les cyclistes et les piétons.

II.1. Critère de choix des giratoires :

La sécurité représente un défi de taille pour les responsables. Le carrefour giratoire est un concept d'aménagement routier dont quelques avantages sont énumérés ci-dessous :

Sécurité routière

Au niveau du giratoire, un différentiel de vitesse inférieur à 20 km/h entre les véhicules qui entrent et ceux qui circulent dans l'anneau sera assuré. Ce type d'aménagement contribue à diminuer le nombre d'accidents. La géométrie de l'approche, le rayon de l'entrée et sa largeur sont les éléments géométriques qui obligent les conducteurs à ralentir et qui les orientent dans l'anneau. Une fois qu'ils sont dans l'anneau, c'est le rayon de la chaussée annulaire qui contrôle leur vitesse. De même, la largeur et le rayon de la sortie permettent de contrôler la vitesse des véhicules quittant l'anneau.

Un giratoire supprime aussi les mouvements dangereux de tourne-à-gauche coupant la circulation en sens inverse et permet ainsi d'éviter les risques d'accident grave.

Fluidité de circulation

La présence d'un carrefour giratoire accroît grandement la fluidité de la circulation, les véhicules ayant rarement à y effectuer un arrêt complet pour céder le passage.

En outre, les ilots de guidage et la signalisation verticale et horizontale seront aménagés pour organiser l'accès et la circulation au niveau des carrefours giratoires projetés.

Environnement

Le carrefour giratoire contribue à réduire les nuisances sonores, tous les véhicules ayant moins souvent à effectuer un arrêt complet ou à recourir à l'utilisation du frein moteur. La consommation de carburant est également légèrement réduite et, conséquemment, la pollution atmosphérique.

D'autre part, la plantation de végétation dans l'îlot central.

II.2. Critères d'homogénéité de l'aménagement :

Pour la conception des giratoires, nous avons tenu compte des critères et données suivants :

- Les normes et réglementations de dimensionnement des giratoires urbains ;
- Le milieu d'insertion des carrefours est un milieu urbain ;
- La topographie des lieux est plate ;
- Une bonne visibilité sur la route ;
- Une part importante du trafic sera constituée par des véhicules légers.

III. CALAGE DES GIRATOIRES :

Une attention particulière doit être accordée au calage des giratoires, en plan et en altimétrie.

En effet, ce calage tient compte de quatre éléments principaux :

- L'emplacement du giratoire;
- L'allure des branches;
- Les cotes des branches déjà réalisées ou projetées.
- Le calage des branches est fait de manière à adoucir leur pente à l'approche du giratoire et de maintenir généralement une pente entre 1 et 2% dirigée soit à l'intérieur ou à l'extérieur de l'anneau central.

V. LES CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

Les principales caractéristiques géométriques d'un giratoire sont :

a) L'anneau

Sa largeur est unique tout autour de l'îlot central ; 6,5 m à 7,5 m sont suffisants si toutes les entrées sont à 1 voie. Dès qu'une entrée est prévue à deux voies, une largeur de 8 à 9 m est nécessaire. Une règle simple est que la largeur de l'anneau soit au moins de 20% supérieure à l'entrée la plus large.

Autour de l'îlot central, une bande franchissable de 1 à 2 m est indispensable lorsque le rayon extérieur est inférieur à 20 m et est souhaitable au-dessus. Cette bande peut être légèrement surélevée (2 à 3 cm), d'un matériau différent de celui de la chaussée annulaire et avoir une pente jusqu'à 6%. La bande franchissable ne doit pas être bordée d'une ligne continue.

Aucun marquage ne sépare les voies sur l'anneau. En interurbain, seule la bande périphérique est marquée.

b) Les entrées

Elles sont en général à une voie, de largeur comprise entre 3 et 4 m, en fonction de l'importance du trafic poids-lourds et de la taille générale du giratoire. Des dimensions inférieures sont acceptées pour des branches très secondaires, particulièrement en urbain.

Si l'étude de trafic et le calcul de capacité le justifient, une ou plusieurs entrées peuvent être prévues à 2 voies, en général de 7 m de large. En urbain, si la part de poids-lourds est faible, 6 m peuvent être suffisants pour deux voies.

En zone périurbaine à très fort trafic, il est envisageable de réaliser des entrées à 3 voies sur 9 m de large. La largeur d'anneau doit être alors prévue en conséquence.

c) Le rayon d'entrée

Est compris entre 10 et 15 m. Un rayon trop faible génère des pertes de contrôle en entrée, un trop grand rayon génère des pertes de contrôle sur l'anneau (avec renversements de poids-lourds par exemple).

d) Les sorties

Elles sont généralement à une voie. La largeur est de 4 à 4,5 m, mais peut être inférieure en zone urbaine dense.

Une sortie doit être portée obligatoirement à deux voies dès que le trafic horaire de pointe y dépasse 1200 UVP/h (unité de véhicule particulier par heure). Toutefois, il est recommandé de le faire dès que ce trafic dépasse 900 UVP/h. La largeur d'une sortie à deux voies est de 7 m.

e) Le rayon de sortie

Est d'au moins 15 m. Il n'y a pas de limite supérieure, mais il faut veiller à ne pas créer les conditions d'une reprise de vitesse trop tôt en cas de passage piéton à proximité.

f) Les branches

Un giratoire peut avoir de 3 à 8 branches en fonction de sa taille. L'axe de chaque branche doit être dirigé vers le centre de l'îlot central.

g) La déflexion

La déflexion des trajectoires à travers le giratoire est le facteur le plus important pour la sécurité de l'aménagement. Elle correspond au rayon de l'arc de cercle, qui passe à 1,5 m du bordurage de l'îlot central, et à 2 m des bordures droites des voies d'entrée et sortie opposées. Ce rayon doit toujours être inférieur à 100 m.

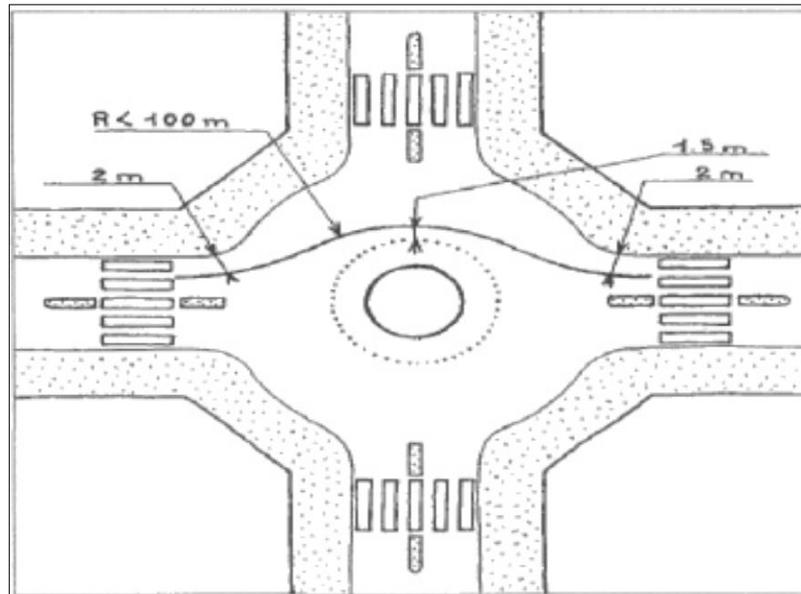


Figure 33: Déflexion sur giratoire

h) Les îlots séparateurs

Les îlots séparateurs favorisent la perception du carrefour en approche. Leur largeur influe sur la capacité en dissociant plus tôt les véhicules qui sortent de ceux qui tournent. Ils permettent également l'implantation de la signalisation de direction, l'évitement de collisions entre les deux sens de circulation, et les prises à contre sens de l'anneau.

Il est indispensable en agglomération afin que les piétons bénéficient d'un refuge pour traverser. Une largeur minimale de 2 m au niveau du passage est souhaitable toutefois si celle-ci n'est pas possible, il faut matérialiser l'îlot en dur sans descendre en dessous de 0,80 m.

L'îlot séparateur peut être évasé ou droit. Il ne doit pas provoquer un brusque rétrécissement de l'entrée.

Les paramètres de l'îlot séparateur sont calculés par les relations suivantes :

	Notation	Paramétrage	Valeurs courantes (en m)			
Rayon giratoire	Rg	—	Rg<15	Rg=15	Rg=20	Rg=25
Hauteur du triangle de construction	H	H=Rg	12 à 15	15	20	25
Base du triangle de construction	B	B=Rg/4	3 à 3.75	3.75	5.00	6.25
Départ de l'îlot sur l'axe	d	$d=(0.5+Rg/50)/2$ ou 0	0	0.40	0.45	0.50
Rayon de raccordement des bordures	r	$r=Rg/50$	0.25	0.30	0.40	0.50

Tableau 22: : Paramètres géométriques de l'îlot séparateur suivant les normes de SETRA

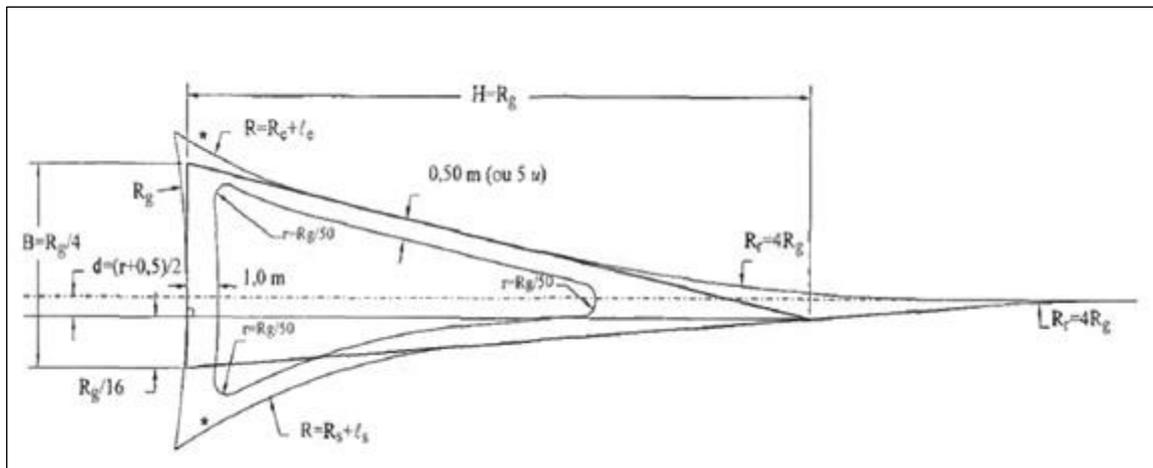


Figure 34: construction des îlots séparateurs pour $Rg > 15m$

La figure suivante présente les principales composantes d'un carrefour giratoire :

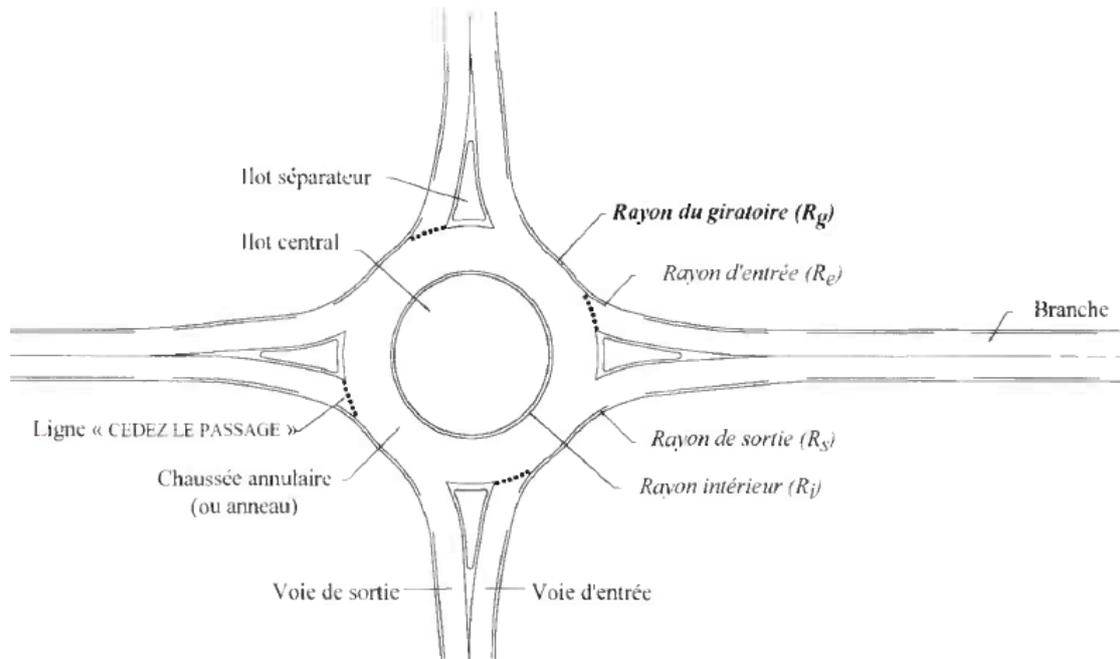


Figure 35: Composantes du giratoire

Le tableau ci-dessous montre les différentes normes préconisées par SETRA pour le dimensionnement d'un giratoire

	Notation	Paramétrage	Valeurs courantes (en m)			
			R _g =12	R _g =15	R _g =20	R _g =25
Rayon du giratoire	R _g	12m ≤ R _g ≤ 25m	R _g =12	R _g =15	R _g =20	R _g =25
Largeur de l'anneau	la	6m ≤ la ≤ 9m	7	7	7	8
Surlargeur franchissable	Slf	1.5m si R _g ≤ 15m	1.5	1.5	—	—
Rayon intérieur	R _i	R _g -la-slf	3.5	6.5	13	18
Rayon d'entrée	R _e	10 m ≤ R _e ≤ 15 m	12	15	15	15
Largeur de la voie entrante	Le	Le=4m	4	4	4	4
Rayon de sortie	R _s	15m ≤ R _s ≤ 30 m	15	20	20	20
Largeur de la voie sortante	ls	4 m ≤ ls ≤ 5m	4	4	4.5	5
Rayon de raccordement	R _r	R _r = 4 R _g	48	60	80	100

Tableau 23: Caractéristiques géométrique d'un giratoire suivant les normes de SETR

VI. APPLICATION AU PROJET

Le client, en la personne de la province de Taounate, a insisté sur la conception et l'aménagement d'un carrefour giratoire marquant l'entrée de la ville de Rhafsai.

Le deuxième giratoire située au centre-ville a été conçu pour réguler et gérer les conflits entre les deux trafics de l'artère principale et de l'entrée nord de la ville.

Pour réaliser ce projet, il s'est avéré nécessaire de tenir compte de nombreuses contraintes essentiellement liées à la fois à la particularité géologique de la zone du projet et au trafic échangé entre les branches.

Le calage des deux giratoire a été fait au niveau du rayon intérieur de giratoire, nécessitant ainsi le traçage de deux profils en travers à gauche (Partie Anneau central), et à droite (Partie chaussée)

Les profils travers types des deux giratoires sont présentés en ANNEXE I.

Il existe plusieurs types de carrefours plans dont le carrefour à feux, le carrefour sans feux et les giratoires. Dans la présente étude les deux carrefours plans seront aménagés en giratoire permettant les manœuvres entre les différentes branches. En effet, ce type d'aménagement offre le meilleur niveau de sécurité. D'ailleurs le taux annuel d'accidents graves au niveau des carrefours giratoires est pratiquement nul.

Les tableaux suivants résumant les résultats du l'aménagement du carrefour giratoire de l'entrée de la ville :

Carrefour	Valeurs projetés
Rayon de giration	25m
Rayon d'entrée	15m
Rayon de sortie	20m
Rayon intérieur	17m
Largeur de l'anneau	8m
Largeur de la voie entrante	7m
Largeur de la voie sortante	7m
Rayon de raccordement	100m

Tableau 24: Résultats du l'aménagement du carrefour giratoire de l'entrée de la ville

	Notation	Paramétrage	Valeurs projetés
Rayon giratoire	Rg	_____	Rg=25
Hauteur du triangle de construction	H	H=Rg	25
Base du triangle de construction	B	B=Rg/4	6.25
Départ de l'îlot sur l'axe	D	$d=(0.5+Rg/50)/2$ ou 0	0.50
Rayon de raccordement des bordures	R	$R=Rg/50$	0.50

Tableau 25: Résultats du l'aménagement des îlots séparateurs.

La figure ci-dessous montre la différence entre l'état actuel du giratoire de l'entrée de la ville et l'état projeté par l'étude :



Figure 36: Illustration du giratoire d'entrée

Les tableaux suivants résument les résultats de l'aménagement du carrefour giratoire du centre-ville:

Carrefour	Valeurs Projeté
Rayon de giration	15m
Rayon d'entrée	15m
Rayon de sortie	20m
Rayon intérieur	6.5m
Largeur de l'anneau	7m
Bande franchissable	1m
Largeur de la voie entrante	5m
Largeur de la voie sortante	6m
Rayon de raccordement	60m

Tableau 26: Résultats de dimensionnement du giratoire du centre-ville

	Notation	Paramétrage	Valeurs projetés
Rayon giratoire	Rg	_____	Rg=15
Hauteur du triangle de construction	H	$H=Rg$	15
Base du triangle de construction	B	$B=Rg/4$	3.75
Départ de l'ilot sur l'axe	D	$d=(0.5+Rg/50)/2$ ou 0	0.40
Rayon de raccordement des bordures	R	$R=Rg/50$	0.30

Tableau 27: Résultats du l'aménagement des ilots séparateurs

La figure ci-dessous montre la différence entre l'état actuel et l'état projeté par l'étude du giratoire situé au centre-ville :



Figure 37: Illustration du giratoire du centre-ville

CHAPITRE V :

DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT

I. OBJECTIF DE L'ETUDE :

La route peut constituer un obstacle préjudiciable à l'écoulement naturel et celui-ci réciproquement peut générer des dommages à la route, Pour limiter les risques d'inondation et de submersion ou de dégradation de la route dans des seuils admissibles et pour augmenter le niveau de service offert à l'utilisateur, les ouvrages hydrauliques de rétablissement des écoulements naturels, les dispositifs d'assainissement des plates formes et le réseau de drainage de la chaussée devront être correctement positionnés et bien dimensionnés.

L'étude hydrologique a pour but de déterminer les débits maximaux de ruissellement pour une période de retour à utiliser dans le dimensionnement des ouvrages d'interception, l'étude de la voirie prévoit le franchissement de certains cours d'eau naturels drainant des bassins versants de tailles et de configurations variables.

II. ETUDE HYDROLOGIQUE DU PROJET :

II.1. Les bassins versants :

a) Délimitation des Bassins versants :

Le bassin versant se définit en une section d'un cours d'eau et représente la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de telle façon que tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit traverser la section normale considérée, appelée exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval.

La délimitation d'un bassin versant par rapport à un point d'un cours d'eau est donc l'opération qui consiste à déterminer les surfaces qui contribuent à alimenter l'écoulement de ce cours d'eau.

On délimite les bassins versant topographiques par une ligne des partages des eaux reliant les points les plus élevés ou crêtes, On se base alors sur la variation du relief et sur la ramification du réseau hydrographique de drainage des eaux.

Ces lignes de crêtes peuvent facilement être tracées sur une carte à courbes de niveau, La précision du tracé dépend de l'échelle de la carte ou du plan.

Les paramètres recherchés sont les suivants :

A : Surface du bassin versant, exprimée en km^2 .

L : Longueur du talweg principal, qui est la longueur du trajet le plus long qu'une goutte d'eau est susceptible de parcourir entre son point de chute et sa sortie du BV. La sortie du BV correspond à l'emplacement de l'ouvrage au droit de la route.

P : Pente moyenne d'un BV.

On présente ci-après la délimitation des bassins versants qu'on a effectué sur le logiciel Global Mapper :

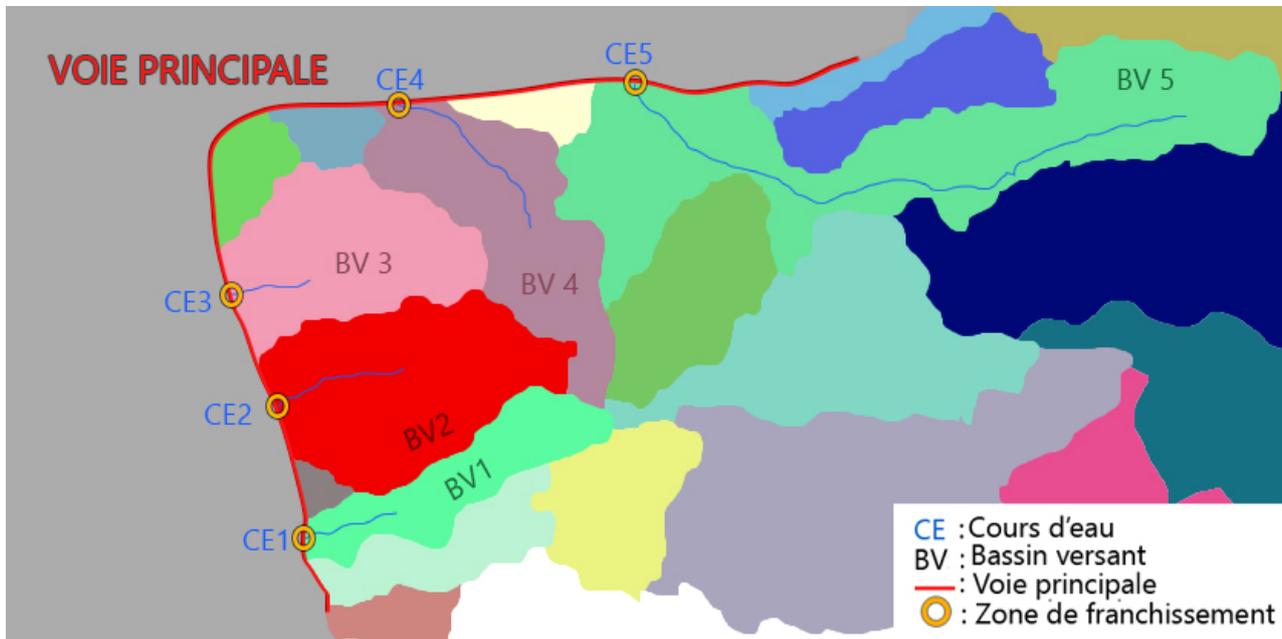


Figure 38: Délimitation des bassins versants

b) Caractéristiques des bassins versants :

Le tableau ci-après récapitule les caractéristiques des bassins versants :

n° BV	Surface Km ²	Surface Ha	Long Km	Cote max m	Cote min m	ΔZ m	Pente m/m	Pente mm/m
1	0.36	35.80	0.26	231.50	187.65	43.84	0.17	168.80
2	0.79	79.00	0.56	234.11	191.01	43.10	0.08	76.68
3	0.62	62.30	0.28	213.71	193.94	19.77	0.07	70.52
4	0.65	65.30	0.83	287.62	202.07	85.55	0.10	103.34
5	1.68	168.10	2.67	426.38	206.20	220.18	0.08	82.46

Tableau 28: Caractéristiques des bassins versants

c) Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement noté "C" est un indice très utilisé en hydrologie de surface, Il permet de quantifier la part de pluie qui s'est écoulée au niveau de l'exutoire par rapport à la pluie moyenne qui est reçue par le bassin, Ce coefficient constitue un facteur principal influençant directement les crues d'un bassin versant donné, Il s'agit ici du coefficient instantané au moment de

la crue et non d'une valeur moyenne déterminée par le bilan hydrique sur une période relativement longue.

Le coefficient de ruissellement dépend essentiellement des facteurs morphologiques (géologie, lithologie, topographie), du couvert végétal, de l'état de saturation du sol et de la taille du bassin versant.

Par ailleurs, le coefficient de ruissellement dépend fortement de la saison, L'évolution saisonnière du coefficient de ruissellement est à considérer en liaison avec l'état de saturation du sol, lui-même influencé par l'antécédent pluviométrique, Ce coefficient est généralement beaucoup plus élevé en période hivernale.

Quant à la taille du bassin versant, elle conditionne essentiellement la vitesse d'infiltration par la limitation du temps d'écoulement à des valeurs avoisinant le temps de concentration.

Couverture végétale	Morphologie	Pente %	Terrain sable	Terrain limoneux	Terrain argileux
Bois	Presque plat	$P < 5$	0,10	0,30	0,40
	Ondulé	$5 \leq p < 10$	0,25	0,35	0,50
	Montagneux	$10 \leq p < 30$	0,30	0,50	0,60
Pâturage	Presque plat	$P < 5$	0,10	0,30	0,40
	Ondulé	$5 \leq p < 10$	0,15	0,36	0,55
	Montagneux	$10 \leq p < 30$	0,22	0,42	0,60
Culture	Presque plat	$P < 5$	0,30	0,50	0,60
	Ondulé	$5 \leq p < 10$	0,40	0,60	0,70
	Montagneux	$10 \leq p < 30$	0,52	0,72	0,82

Tableau 29: Valeurs des Coefficients de ruissèlement

Remarque :

Le tracé traverse en majeure partie des terrains argileux de pâturage avec des pentes comprises entre 10 et 30 %, le coefficient de ruissellement est pris égal à 0,6.

II.2. Estimation des débits de projet :

Pour estimer le débit de projet nous avons utilisé des méthodes empiriques basées sur les caractéristiques de forme, de relief et de pente, et la formule rationnelle qui donne de bonnes estimations des débits pour les petits bassins.

Les limites de validité et domaine d'application des méthodes de calcul des valeurs des débits d'apport ont été ajustées en fonction des surfaces de bassins versants rencontrés.

Le tableau ci-après récapitule la méthode de calcul utilisée :

Formules	Surface < 1 km ²	1 < Surface < 10 km ²	10 < Surface < 25 km ²	Surface > 25 km ²
Mac-Math	Oui	-		-
Burkli-Ziegler	Oui	Oui		-
Rationnelle	Oui	Oui	Oui	-
Mallet- Gauthier	-	-	Oui	Oui
Fuller II	-	-	Oui	Oui
Hazan-Lazarevic	-	-	-	Oui
Débit retenu	Max	Moyenne	Moyenne	Moyenne

Tableau 30: Méthode de calcul des débits d'apport

S'agissant d'une route provinciale, les ouvrages sont dimensionnés pour la crue vingtennale (Période de retour T=25ans).

Les expressions de ces formules, ainsi que la description des paramètres auxquels elles font appel sont données dans le paragraphe suivant :

❖ Formules empiriques:

➤ Formule de Mac-Math:

$$Q = K \times H_{24h} \times A^{0.58} \times P^{0.42}$$

Avec :

- **Q** : Débit en m³/s correspondant à la période de retour T,
- **H_{24h}** : Hauteur de pluie maximale tombée en 24h sur le bassin versant en mm (égale à 105 mm).
- **A** : Surface du bassin versant en Km².
- **P** : Pente du bassin versant en m/m.
- **K** : Coefficient dépendant de la nature de la surface du bassin versant.

Nature de la surface du BV	K
- BV de grandes dimensions	0,11
- Superficies cultivées et terrains vagues des zones suburbaines	0,22
- Terrains non aménagés, non rocheux, de pente moyenne, zones peu densément peuplées	0,32
- Petites cités, terrains non aménagés, rocheux, à forte pente	0,43

Tableau 31: Valeurs de K selon la nature du terrain

➤ Formule de Burkli-Ziegler :

$$Q = 0,0039 \times C \times H_{1h} \times A^{0.75} \times P^{0.25}$$

Avec :

Q : Débit en m³/s correspondant à la période de retour T.

Cr : Coefficient de ruissellement.

H1h : Précipitation maximale en 1h en mm : H1h=35 mm.

A : Surface du bassin versant en Ha.

P : Pente du bassin versant en mm/m.

➤ Formule rationnelle :

Elle permet une bonne approche des débits, Elle calcule le débit d'apport d'un bassin versant en tenant compte de la couverture végétale, la forme, la pente et de la nature du terrain.

$$Q_T = \frac{C \times I_T \times A}{3,6}$$

Avec :

- **Q**: Débit en m³/s correspondant à la période de retour T.
- **Cr**: Coefficient de ruissellement.
- **I_T**: Intensité de pluie correspondant à la période de retour T en mm/h.
- **A**: Surface du bassin versant en Km².

a) Temps de concentration :

Le temps de concentration T_c est le temps nécessaire à l'eau pour s'écouler depuis le point le plus éloigné du bassin jusqu'à son exutoire ou le point de calcul.

On trouve dans la littérature plusieurs formules pour calculer le temps de concentration. Les formules indiquées ci-après, font intervenir la pente du thalweg principal, la longueur développée du bassin selon le cheminement le plus long et/ou la superficie du bassin.

Certaines formules portent les noms scientifiques, d'autres d'organismes spécialisés, et certaines ont un attribut de régions de tel ou tel pays. Ces dernières sont le fruit de recherches, d'expérimentation sur le terrain et d'adaptations à des conditions spécifiques. Ces formules, calées empiriquement, sont fortement liées aux régions pour lesquelles elles ont été établies. Elles ne reflètent pas donc réellement la valeur caractéristique du T_c , mais donnent un ordre de grandeur qu'il s'agit d'apprécier.

❖ Formule de Kirpich:

$$T_c = 19,47 \times 10^{-3} \times \frac{L^{0,77}}{I^{0,385}}$$

❖ Formule Espagnole :

$$T_c = 60 \times 0,3 \times \left(\frac{L}{I^{0,25}} \right)^{0,77}$$

❖ Formule Californienne :

$$T_c = 60 \times 0,1452 \times \left(\frac{L}{\sqrt{I}} \right)^{0,77}$$

❖ Formule de Turazza :

$$T_c = 60 \times 0,108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times I}}{\sqrt{I}}$$

❖ Formule d'US Corps :

$$T_c = 16,682 \times \left(\frac{L}{I^{0,25}} \right)^{0,77}$$

❖ Formule Van Te Chow :

$$T_c = 60 \times 0,123 \times \left(\frac{L}{\sqrt{I}} \right)^{0,64}$$

Avec :

- **T_c**: Temps de concentration en minutes.
- **L**: Longueur du cheminement hydraulique en Km, sauf pour Kirpich en m.
- **I**: Pente du cheminement hydraulique en m/m.
- **A**: Surface du bassin versant en Km².

Le tableau suivant récapitule les résultats de calcul du temps de concentration :

n° BV	Surface Km ²	Long Km	Pente m/m	Kirpich	Espagnole	Turraza Passini	Venture	Californienne	US Corps	Van Te Chow	Tc Moyenne (mn)
1	0.36	0.26	0.17	2.76	8.98	7.15	11.11	6.12	8.32	5.50	7.13
2	0.79	0.56	0.08	6.77	18.94	17.85	24.50	15.03	17.55	11.61	14.62
3	0.62	0.28	0.07	4.09	11.26	13.64	20.00	9.08	10.44	7.64	9.36
4	0.65	0.83	0.10	8.13	24.09	16.42	19.18	18.05	22.33	13.52	17.39
5	1.68	2.67	0.08	21.86	61.99	37.22	34.46	48.50	57.45	30.75	34.56

Tableau 32: Calcul du temps de concentration

b) Calcul d'intensité :

La formule de Montana est utilisée pour calculer les intensités de pluie pour le temps de retour considéré :

$$I_T = a \times t^{-b}$$

Avec :

- **I :** Intensité de pluie pour la période de retour T considérée en mm/mn,
- **Tc :** Temps de concentration en mn,

Les valeurs de a et b considérées sont déduites des courbes IDF (Intensité, Durée et Fréquence) de la station de Taouate pour un temps de retours 25 ans.

T	a	b
10 ans	6.886	0,59
25 ans	7.58	0,610

Tableau 33: Coefficient a et b pour la région de Taouate

II.3. Résultat de l'étude hydrologique :

Les débits calculés (T=25 ans) au niveau de chaque exutoire de bassin versant sont représentés sur le tableau ci-après :

BV N°	S (km ²)	L (km)	Pente (m/m)	Tc (min)	Mac Math Q(m ³ /s)	Rationnelle Q(m ³ /s)	Burkli Ziegler Q(m ³ /s)	Q retenu (m ³ /s)
1	0.36	0.26	0.17	7.13	2.31	8.18	4.32	8.18
2	0.79	0.56	0.08	14.62	2.62	11.66	6.42	11.66
3	0.62	0.28	0.07	9.36	2.21	12.07	5.26	12.07
4	0.65	0.83	0.10	17.39	2.66	8.67	6.00	8.67
5	1.68	2.67	0.08	34.56	4.19	14.68	11.52	14.68

Tableau 34: Débits calculés (T=25 ans)

III. ETUDE HYDRAULIQUE DU PROJET :

III.1. Introduction :

Un ouvrage hydraulique de rétablissement d'un écoulement naturel doit être correctement positionné et bien dimensionné pour limiter les risques d'inondation et de submersion ou de dégradation de la route dans des seuils admissibles.

La mise en œuvre d'un tel ouvrage exige de modifier le moins possible les conditions naturelles et de contrôler les niveaux d'eau, et ce au moindre coût.

La fonction principale d'un tel ouvrage de franchissement est de permettre le passage d'un cours d'eau sous un remblai et de supporter les charges mortes et vives qui le sollicitent. Sa conception implique donc des considérations hydrauliques et structurales.

Le principal critère qui influence la conception d'un tel ouvrage consiste dans le fait qu'il doit permettre le passage de l'eau sans occasionner des niveaux d'eau ou des conditions d'écoulement inadmissibles.

III.2. Pré-dimensionnement des ouvrages hydrauliques :

Dans cette phase d'étude, la méthode utilisée pour le pré-dimensionnement hydraulique de ces ouvrages de franchissement est celle de Delorme.

Deux types d'ouvrages seront utilisés :

- **Buses** : conduites circulaires en béton armé.
- **Dalots** : ouvrages de section carrée ou rectangulaire en béton armé.

Le choix entre le dalot et la buse se fait en fonction de plusieurs critères :

- Si le débit calculé excède le débit capable des trois buses, il est préférable de choisir le dalot.
- Le choix de la mise en place d'une buse est préférable à celui d'un dalot car l'exécution d'une buse est plus rapide (cas des ouvrages en déblai, insertion dans une route existante...).
- Le type et le nombre d'ouvrages hydrauliques tiennent compte de la nature des écoulements et de la largeur du lit naturel : pour des écoulements en nappe ; des ouvertures multiples avec des hauteurs faibles sont plus adaptées que des ouvertures réduites et des hauteurs plus importantes.
- Hauteur de remblai sur l'ouvrage hydraulique : Si la hauteur de remblai est insuffisante pour la mise en place du dalot, la buse est plus adaptée

Par ailleurs pour des hauteurs de remblais supérieures à 11m, le dalot est privilégié.

Le tableau suivant récapitule les hauteurs de remblai maximales adoptées suivant le type d'ouvrage :

Type de l'ouvrage	D (mm) ou W×H (m×m)	Hmax remblai (m)
Buse	800	5.5
	1000	7
	1200	9
	1400	10
	1600	11
Dalot	2.00 × 2.00	15 à 16
	2.50 × 2.50	
	3.00 × 3.00	
	3.5 × 3.5	

Tableau 35: hauteurs de remblai maximales adoptées

Le calcul de la capacité des ouvrages peut être effectué selon les formules de Delorme qui s'écrivent comme suit :

- Pour les buses :

$$Q_c = n \times 2,8 \times R \times H^{1,5} \times 0,88$$

- Pour les dalots :

$$Q_c = n \times 1,5 \times L \times H^{1,5}$$

Avec :

- **n:** Nombre d'ouvrage hydraulique.
- **L:** Ouverture du dalot en m (Largeur).
- **R:** Rayon de la buse en m et $D = 2R$.
- **H:** Hauteur sous dalles pour les dalots en (m) (Gabarit).

Cette formule calcule le débit capable de l'ouvrage hydraulique de traversée projeté (buse ou dalot) à comparer au débit d'apport du bassin versant naturel correspondant.

-En ce qui concerne notre cas, les ouvrages dimensionnés sont des dalots (2m x 1.5m) ou bien (2m x 2m), étant donné que les débits calculé excèdent largement le débit capable de trois buses.

- Des ouvertures multiples avec des hauteurs faibles sont favorisées par rapport à des ouvertures réduites et des hauteurs plus importantes.

III.3. Résultats de l'étude hydraulique :

N° du BV	Débit calculé (m ³ /s)	DALOTS				Ouvrages projetés
		Nb	Largeur	Gabarit	Débit Critique (m ³ /s)	
1	8.18	2	2.00	1.50	10.30	2 dalots (2m x 1.5m)
2	11.66	2	2.00	2.00	15.12	2 dalots (2m x 2m)
3	12.07	2	2.00	2.00	15.12	2 dalots (2m x 2m)
4	8.67	2	2.00	1.50	10.30	2 dalots (2m x 1.5m)
5	14.68	2	2.00	2.00	15.12	2 dalots (2m x 2m)

Tableau 36: Résultats de l'étude hydraulique

CHAPITRE VI :

ETUDE D'ASSAINISSEMENT DES EAUX PLUVIALES

I. INTRODUCTION :

Il est illusoire de penser qu'une chaussée sera exempte d'eau, néanmoins on peut prévoir un dispositif de drainage qui concentre et canalise ces venues d'eaux vers l'extérieur de la plateforme le plus rapidement possible.

Les eaux infiltrées dans une chaussée (absence de drainage ou défaut d'assainissement) provoquent une détérioration rapide des ouvrages ;

Les chaussées souples sont particulièrement vulnérables à la teneur en eau notamment celles traitées avec des GNT ;

Pour se prévenir contre les effets néfastes de l'eau de ruissellement et assurer la stabilité et la longévité de la route, il est nécessaire de l'aménager par un système de drainage bien adapté convenablement conçu et soigneusement dimensionné.

Ce chapitre concernera l'étude l'évacuation des eaux pluviales récupérées au niveau de l'emprise (talus inclus) de : la voie principale, des tronçons des voies secondaires intersectants avec cette dernière, vers des rejets qu'on va choisir à la base des résultats des différents calculs effectués dans la présente étude.

La partie théorique du projet traitera en général la démarche de l'étude à savoir :

- Choix du système d'assainissement
- Evaluation du débit des eaux pluviales
- Dimensionnement des canalisations
- Dimensionnement des fossés

La deuxième partie présentera la solution choisie pour l'assainissement, jugée plus adaptée au contexte de l'environnement du projet.

La partie technique et économique de l'étude (Calage, calculs hydrauliques, réseaux d'assainissement, réseaux divers souterrains, mètres et bordereaux) à été faite à l'aide du logiciel Covadis.

II. ETUDE THEORIQUE DU PROJET:

II.1. ASSAINISSEMENT DES EAUX SUPERFICIELLES :

Le réseau d'assainissement doit collecter les eaux de ruissellement provenant des bassins versants routiers et des talus pour les évacuer vers des exutoires. Son architecture se développe principalement tout le long de l'infrastructure suivant une logique hydraulique gravitaire par assemblage d'ouvrages élémentaires (le réseau de collecte longitudinal, les ouvrages transversaux, les ouvrages de raccordement, les exutoires)

Réseau d'assainissement des eaux superficielles :

Pour assurer la pérennité de l'infrastructure et la sécurité des usagers, des réseaux de collecte longitudinaux sont réalisés et dimensionnés pour une occurrence décennale. L'architecture de ces réseaux peut être décomposée en 4 parties comme suit :

➤ Réseau de pied de talus de déblai :

Ce réseau a pour fonction de collecter les eaux issues du ruissellement du talus de déblai, de la chaussée (selon le devers), de la bande d'arrêt d'urgence (ou accotement) et de la berme, ce réseau est constitué d'une cunette ou d'un fossé trapézoïdale.

➤ Réseau de crête de talus de déblai

Un réseau de crête de talus de déblai souvent constituée par un fossé trapézoïdale, prévu pour éviter l'érosion du talus de déblai et d'alimenter en écoulement le réseau de pied de talus,

➤ Réseau de pied de talus de remblai :

Cette partie du réseau longitudinal situé au niveau du terrain naturel, doit collecter toutes les eaux de l'impluvium routier, gravitairement pour les diriger vers l'exutoire sans préjudice pour les fonds inférieurs. Ce réseau intercepte également les eaux de ruissellement d'un bassin versant naturel pour les diriger vers des ouvrages de traversée.

➤ Réseau de crête de talus de remblai :

Le réseau de crête de talus de remblai a pour fonction de canaliser l'eau issue du ruissellement de la chaussée pour éviter son déversement en rive sur le talus de remblai, il permet donc de protéger le talus routier contre toute altération (ravinement, érosion, et en état limite la rupture). ce type d'ouvrage a été prévu dès que les hauteurs de remblai dépassant 3,00 m.

II.2. EVALUATION DU DEBIT DES EAUX PLUVIALES :

Diverses formules d'évaluation des débits d'eaux pluviales existent et ils reposent sur la modélisation des écoulements par la transformation pluie-débit. Parmi ces formules, deux modèles sont les plus répandues et utilisées actuellement, la méthode rationnelle développée aux Etats Unis à la fin du 19ème siècle, et la méthode superficielle de CAQUOT qui dérive de cette dernière.

Méthode rationnelle :

Cette méthode est fondée sur le concept du temps de concentration T_c du bassin versant en amont du point où s'effectue le calcul.

Elle admet les trois hypothèses suivantes :

- Le débit de pointe ne peut être observé que si l'averse a une durée au moins égale au temps de concentration. A ce moment-là, en effet, la totalité du bassin contribue à la formation de la pointe du débit ;
- Le débit de pointe est proportionnel à l'intensité moyenne maximale de l'averse déterminée avec un intervalle de temps égal au temps de concentration.
- Le débit de pointe a la même période de retour T que l'intensité i_M qui le provoque. Ceci suppose le coefficient de ruissellement C soit constant. Dans ces conditions, à l'exutoire d'un bassin versant de surface A , le débit de pointe Q_p s'écrit :

$$Q_p = C \cdot I \cdot A$$

Cette méthode est encore utilisée pour déterminer l'apport pluvial d'une plateforme routière.

❖ Choix de la période de retour :

Pour un bassin versant déterminé, les débits dont il convient de se préoccuper sont ceux engendrés par les événements pluvieux contre lesquels on désire se protéger. Une protection totale contre les inondations causées par la pluie serait excessive, compte tenu des investissements lourds qu'il faudrait consentir pour satisfaire des besoins de caractère exceptionnel. On est donc amené à admettre des insuffisances de réseaux pour des événements pluvieux présentant une fréquence de dépassement ou une période de retour T déterminée. Le degré de protection à assurer résultera d'un nécessaire compromis entre l'aspiration à une protection efficace et le souci de limiter tant le coût d'investissement que les charges d'exploitation. En bonne doctrine économique, un accroissement du coût global du projet ne serait justifié que s'il était inférieur au montant des dommages qu'il permet d'éviter. Il est souvent admis qu'il est de bonne gestion de se protéger du risque de fréquence décennale pour les collecteurs principaux et quinquennale pour les collecteurs secondaires et tertiaires. Pour l'étude du réseau in-site, on adopte la période de retour de 10 ans recommandée par le Schème Directeur National d'Assainissement Liquide.

Méthode superficielle de Caquot :

Selon que l'on est dans un bassin versant urbain ou extérieur, les lois qui régissent l'estimation des débits sont légèrement différentes.

Dans notre cas, zone urbaine, le calcul des débits de ruissellement résultant d'une averse en un point d'un bassin versant sera réalisé par la formule de Caquot qui se base essentiellement sur les résultats des études statistiques des pluies. Elle permet, à partir d'hypothèses sur le stockage d'une certaine quantité d'eau dans le réseau ainsi que sur les écoulements en conduites, d'aboutir à une formule simple ne contenant que trois paramètres morphologiques du bassin considéré, à savoir la superficie (A), la pente (I) et le coefficient de ruissellement (C).

Outre les paramètres morphologiques, la méthode de Caquot utilise les coefficients a(T) et b(T) de la formule de Montana « $i(t,T) = a(T).tb(T)$ », obtenus à partir des courbes **IDF (intensités- durée - fréquence)**, pour aboutir à la formule applicable au niveau de chaque zone.

Le modèle de Caquot reste le plus réaliste et le plus utilisé :

$$Q_b = K^{1/u} \cdot C^{1/u} \cdot I^{v/u} \cdot A^{w/u}$$

$$Q_c = Q_b \times m$$

Q_b : Débit brut d'eaux pluviales pour une période de retour de 10 ans en m³ /s ;

Q_c : Débit corrigés en m³ /s ;

I : Pente du bassin versant en m/m ;

A : Superficie du bassin en ha ;

C : Coefficient de ruissellement ;

L : Longueur du plus long cheminement hydraulique en hm ;

m : Le coefficient correcteur $m = [M / 2]^{(0,84b / 1 + 0,287b)}$;

M : le coefficient d'allongement $M = L / \sqrt{A}$

K, u, v, w, sont des coefficients avec :

$$K = \frac{a \times (0,5)^b}{6,6}, \quad u = 1 + 0,287b, \quad w = 0,95 + 0,507b, \quad v = -0,41b$$

a, b : coefficient de Montana selon la période de retour ;

[NB : le débit est corrigé si M est différent de 2.]

Le caractère aléatoire des précipitations est exprimé en période de retour de défaillance. Ainsi, le dimensionnement d'un collecteur pour une intensité maximale de précipitation de période de retour de 10 ans, revient à admettre une défaillance probable de ce collecteur une fois tous les 10 ans environ.

❖ Validité de la formule de Caquot :

Les formules de calcul du débit ne sont valables que dans les conditions suivantes :

- La limite supérieure de la surface du bassin ou du groupement de bassins est fixée à 200ha.
- La valeur de la pente doit rester comprise entre 0,2 % et 5%.
- La valeur du coefficient de ruissellement C, doit rester comprise entre 0,2 et 1.
- Le coefficient d'allongement : $M \geq 0,8$. Sinon le débit sera corrigé par le coefficient correcteur :

$$m = \left(\frac{4A}{L^2}\right)^{-t} \text{ avec } t = 0,42 \times \frac{b}{1+0,287 \times b}$$

❖ Evaluation des paramètres équivalents d'un groupement de bassins :

Les paramètres I, C, A, M sont calculés pour les bassins assemblés comme suit :

Désignation	Bassins en parallèle	Bassins en série
Superficie équivalente (A _{éq})	$\sum A_j$	$\sum A_j$
Coefficient de ruissellement équivalent (C _{éq})	$\sum C_j A_j / \sum A_j$	$\sum C_j A_j / \sum A_j$
Pente équivalente (I _{éq})	$\sum I_j Q_{pj} / \sum Q_{pj}$	$\left\{ \sum L_j / \sum (L_j / I_j) \right\}^2$
Allongement équivalent (M _{éq})	$L(Qp_{max}) / \sum A_j$	$\sum L_j / \sum A_j$

Tableau 37: Relations d'assemblage

II.3. DIMENSIONNEMENT DES CANALISATIONS :

La formule de Chézy (Ecoulement uniforme) :

La formule de base utilisée pour le calcul des diamètres théoriques des collecteurs est la formule de Chézy :

$$V = C\sqrt{R \times I}$$

Avec :

V : Vitesse d'écoulement en m/s

R : Rayon hydraulique

S : section mouillée en m²

P : périmètre mouille en m

I : Pente de l'ouvrage en m/m

C : Coefficient pour lequel on adopte celui donné par la formule de Bazin

Pour les canalisations des eaux pluviales, il convient de tenir compte que des dépôts sont susceptibles de se former, ce qui conduit à admettre un écoulement sur des parois semi-rugueuses. Le coefficient de Bazin γ peut être pris à **0,46**.

(**C** : peut donc être représenté approximativement par l'expression : $C = 60 \times R^{\frac{1}{4}}$)

On obtient donc : $V = 60 \times R^{\frac{3}{4}} \times I^{\frac{1}{2}}$

Et le débit capable de l'ouvrage : $Q_{EP} = V \times S = 60 \times R^{\frac{3}{4}} \times I^{\frac{1}{2}} \times S$

La formule de Manning-Strickler :

$$Q = K \times R^{\frac{3}{4}} \times I^{\frac{1}{2}} \times S$$

K = Coefficient de Manning-Strickler

S = Section mouillée de l'ouvrage au m²

P = Périmètre mouille de l'ouvrage en m

R = Rayon hydraulique de l'ouvrage S/P en m

I = Pente longitudinale de l'ouvrage en m/m

V = Vitesse de l'eau dans l'ouvrage en m/s

Q = Débit capable de l'ouvrage en m³/s

Contraintes de calage des réseaux :

La conception du réseau d'assainissement a été optimisée de façon à respecter les contraintes de tracé et de calage. Parmi celles-ci, on cite :

- Pour des considérations d'exploitation et pour éviter les risques d'obstruction, les limites inférieures des diamètres étant fixées à DN 400 mm pour les eaux pluviales.
- Respecter une pente minimale de 0,3 % afin de répondre aux conditions d'autocurage des réseaux d'assainissement, et une pente maximale de 3% pour éviter les vitesses importantes dans les canalisations.
- Opter pour des pentes qui épousent la forme des voies et ce pour minimiser les surprofondeurs.
- Minimiser les variations de la pente dans le même collecteur pour réduire les changements de section.
- Assurer une transition des pentes intermédiaires lors du passage d'une pente forte à une faible pente, et ce pour éviter l'accumulation des dépôts dans les zones de faibles pentes.
- Couverture minimale de la canalisation : 1 m En dessous de cette valeur, la canalisation sera protégée par une dalle de répartition en béton pour éviter son écrasement sous les charges roulantes.
- Regard de visite tous les 80 m au maximum pour permettre un hydrocurage des réseaux ou une visite par camera. distance standard: 50m
- Regard à chaque changement de pente ou de direction
- Afin d'éviter les dépôts des matériaux solides d'une part et d'éviter la dégradation des joints et l'abrasion des canalisations d'autre part, les vitesses devront être comprises entre les valeurs limites suivantes : $0.7 \text{ m/s} \leq V \leq 4\text{m/s}$

Il est donc important de vérifier la vitesse de l'eau dans les canalisations pour le débit de pointe à évacuer.

❖ Condition d'autocurage :

- Pour 1/10 du débit a pleine section : $V \geq 0,60 \text{ m/s}$
(Quand $r_Q = Q/Q_{PS} = 0,1$; $r_V = V/V_{PS} = 0.55$, donc on vérifiera que $V_{PS} \geq 1 \text{ m/s}$)
- Pour 1/100 du débit a pleine section : $V \geq 0,30 \text{ m/s}$

Ces limites sont respectées avec des vitesses a pleine section supérieures à 1 m/s dans les canalisations circulaires.

II.4. SECTION ECONOMIQUE D'UN CANAL TRAPEZOÏDAL :

Il s'agit de déterminer la section optimale à donner au canal pour évacuer un débit donné. La pente du fond demeure souvent imposée par la topographie du terrain naturel dans lequel le canal doit être creusé.

En général, le canal aura une forme trapézoïdale nécessitant donc la détermination de la largeur au fond B , la pente des berges m , la profondeur y et la rugosité des parois n . Les valeurs de n et m sont pratiquement fixées en fonction de la nature du revêtement et du sol dans lequel sera creusé le canal, reste donc à déterminer B et y .

L'une des équations classiques du régime uniforme (Chézy, Manning, etc...) nous permet d'avoir une relation entre B et y . Cependant il est nécessaire de connaître au moins une deuxième relation pour lever l'indétermination.

Cette deuxième est celle qui permet de choisir la section optimale. Dans le cas de parois revêtues (non-érodibles), le concepteur cherche à minimiser le coût en concevant la section la plus économique nécessitant une surface minimale de revêtement.

Par contre, dans le cas de canaux non revêtus (érodibles), on peut utiliser une condition restrictive sur la vitesse moyenne de l'écoulement qui doit rester inférieure à une vitesse limite ou une condition restrictive sur la contrainte de cisaillement qui ne doit pas excéder une valeur critique pour éviter l'érosion des parois et assurer-ainsi la stabilité du canal.

Parois revêtues : Section économique

Dans ce cas, le critère de dimensionnement de la section transversale est l'économie réalisable sur le revêtement. Il s'agit donc de minimiser pour une surface mouillée donnée le périmètre mouillé pour réduire la surface à revêtir. En outre, il peut y avoir un critère de vitesse minimale à observer pour éviter le dépôt de sédiments sur le fond et le développement de la végétation ($V > 0,6$ m/s à $0,8$ m/s).

Partons donc de l'équation du régime uniforme, par exemple celle de Manning :

$$Q = VA = \frac{\sqrt{I}}{n} AR^{\frac{2}{3}}$$

n , Q et I sont données et il s'agit de déterminer la section optimale.

La surface des parois à revêtir est proportionnelle au périmètre P de la section. La section demi-circulaire est l'optimum mais celle-ci ne peut être utilisée que pour les petits débits.

La deuxième relation qui permet de déterminer la surface mouillée pour un trapèze est donc obtenue en écrivant :

$$\frac{dP}{dy} = 0$$

Pour cette forme de section largement utilisée, nous pouvons écrire :

$$A = (B + my)y$$

$$P = B + 2y\sqrt{m^2 + 1}$$

Pour une surface mouillée A donnée on a :

$$B = \frac{A}{y} - my$$

$$P = \frac{A}{y} - my + 2\sqrt{m^2 + 1}$$

Le périmètre est minimal lorsque :

$$\frac{dP}{dy} = -\frac{A}{y^2} - m + 2\sqrt{m^2 + 1}$$

$$\frac{dP}{dy} = \frac{-A}{y^2} - m + 2\sqrt{m^2 + 1} = 0$$

Les valeurs de B et y correspondant à ce minimum seront donc liées par la relation :

$$B + 2my = 2y\sqrt{m^2 + 1}$$

On peut vérifier que dans le cas où le rayon hydraulique vaut la moitié de la profondeur ($R=y/2$). Ainsi la section rectangulaire ($m=0$) optimale sera telle que $B=2y$.

III. APPLICATION AU PROJET :

III.1. PRESENTATION DE LA SOLUTION D'ASSAINISSEMENT :

La solution d'assainissement proposée consiste :

- A faire évacuer les eaux de ruissellement en provenance de l'emprise de la route (chaussée, accotements,) à l'aide des ouvrages de collecte implantées le long du réseau (Canalisations, regards, et branchements.)
- A faire évacuer les eaux de ruissellement collecté au niveau des talus vers les exutoires naturels par l'intermédiaire des ouvrages linéaires (fossés de type pied de talus en déblai)

La situation topographique du terrain, et l'aménagement de la voirie indique la possibilité d'un écoulement gravitaire des eaux assainies vers les trois exutoires choisis.

L'existence de l'Oued qui entoure la ville, nous a permis d'opter pour la mise en place de trois collecteurs le long de la voie E1, transportant les eaux pluviales soit par des ouvrages de rejets vers les chaabas, ou directement vers l'Oued (Cas du Collecteur C), un choix technique basée sur une analyse globale de la topographie du terrain, qu'on a estimé être la plus optimale en matière de :

- Respect des contraintes du calage
- Eloignement des points de rejets des zones d'agglomération
- Economisation des coûts liés à l'instauration et la maintenance des installations et accessoires hydrauliques (Pompes, regards doubles...)

La figure ci-dessous illustre la solution d'assainissement proposée

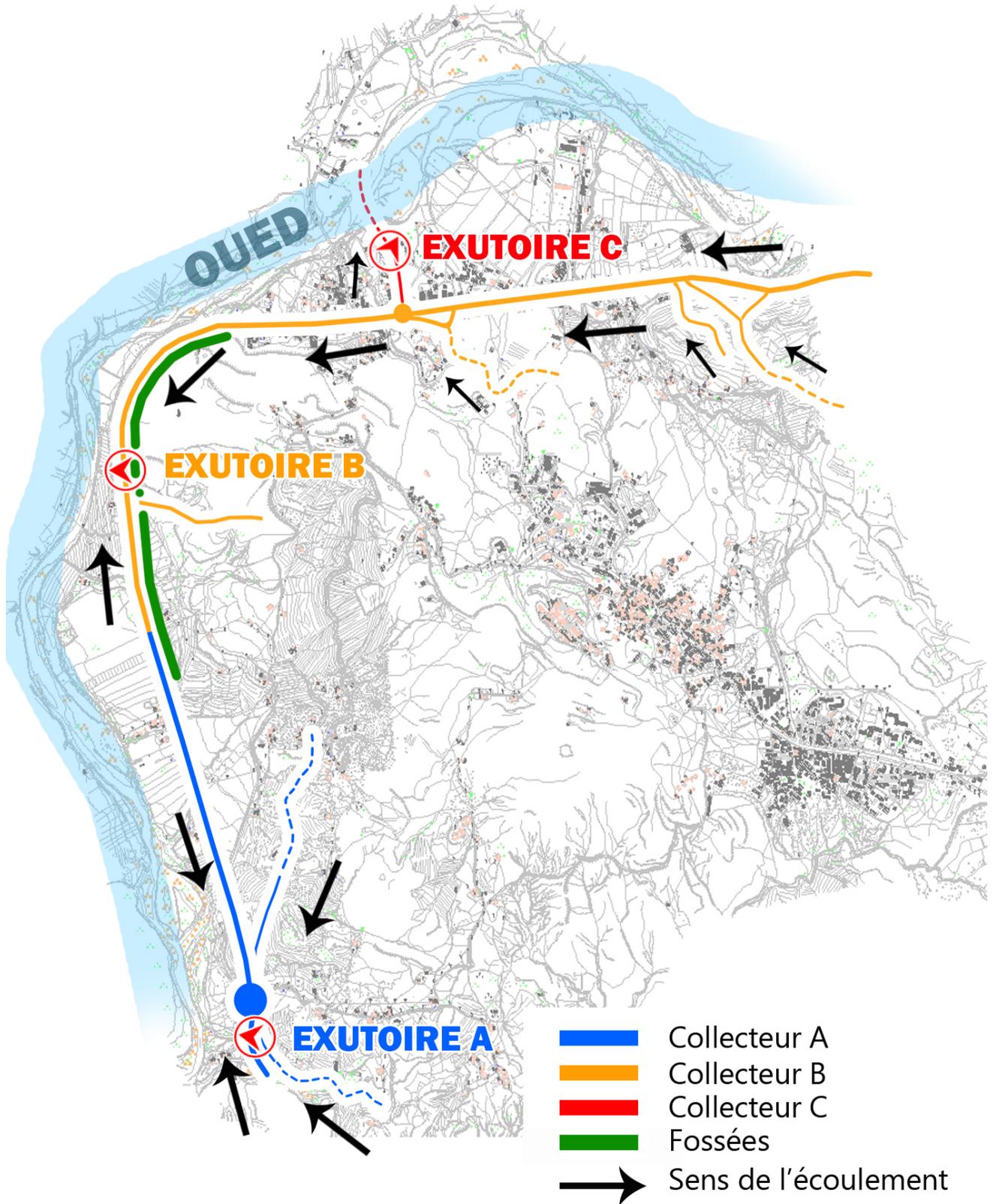


Figure 39: Solution de l'assainissement proposée

L'emplacement des collecteurs suivant le type de devers de la voie a été défini comme suit :

➤ **Cas des voies avec TPC :**

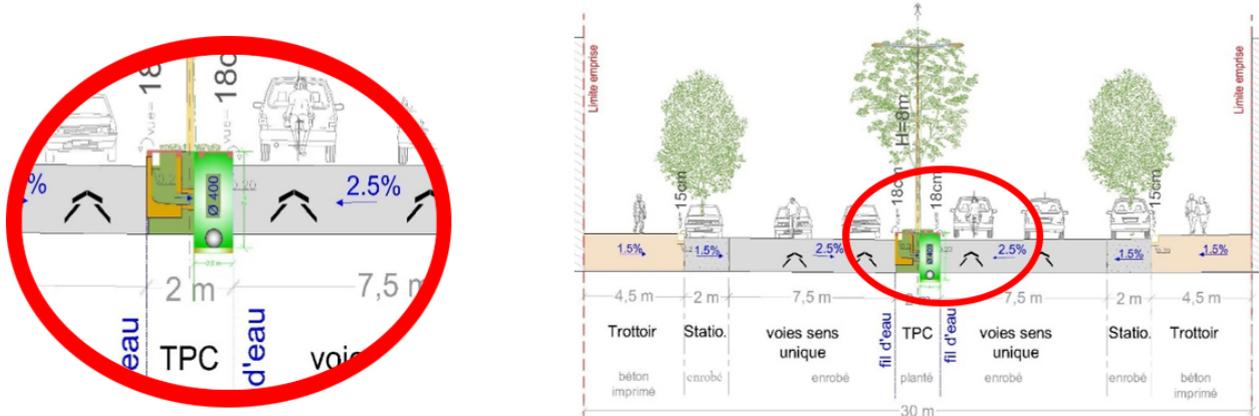


Figure 40: Emplacement des collecteurs- Cas avec TPC

➤ **Cas des voies sans TPC :**

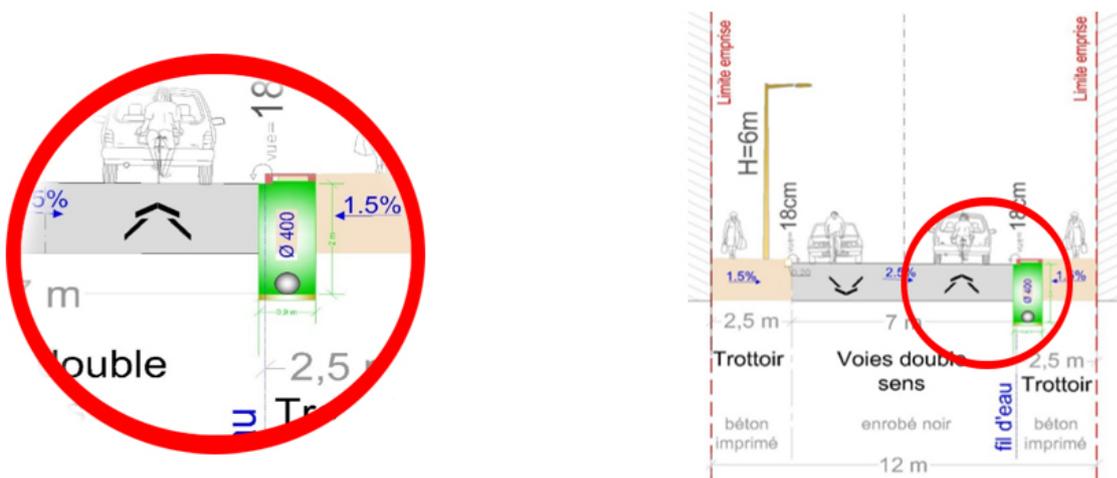


Figure 41: Emplacement des collecteurs- Cas sans TPC

III.2. CONCEPTION DU RESEAU DES EAUX PLUVIALES :

a) Le tracé du réseau des eaux pluviales :

Le tracé en plan du réseau que ce soit eaux est une étape primordiale de l'étude d'assainissement, pour tracer la vue en plan du réseau, on doit avoir un plan de masse pour définir les cheminements à emprunter par les collecteurs, et un plan côté qui nous renseigne sur la topographie de la zone considérée.

Le tracé en plan des collecteurs d'assainissement des eaux pluviales doit respecter les dispositions suivantes :

- Afin d'éviter les points de perturbation hydraulique qui ralentissent l'écoulement, l'angle de raccordement de deux collecteurs doit être inférieur à 60°

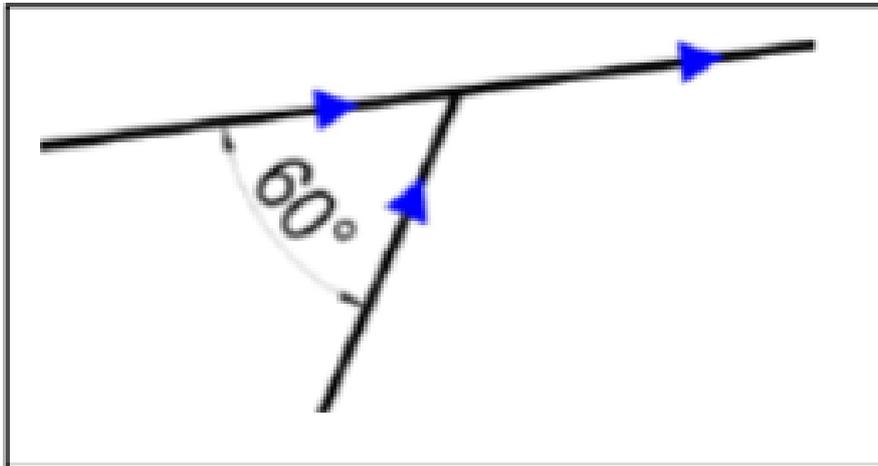


Figure 42: Angle de raccordement pour conduites de $D > 600$ mm

- Pour les conduites de diamètre inférieur ou égal à 600 mm, le raccordement à 90° est toléré, sous réserve, de construire une cunette directionnelle au niveau du radier du regard de visite (Cf. schéma d'illustration ci-après) ;

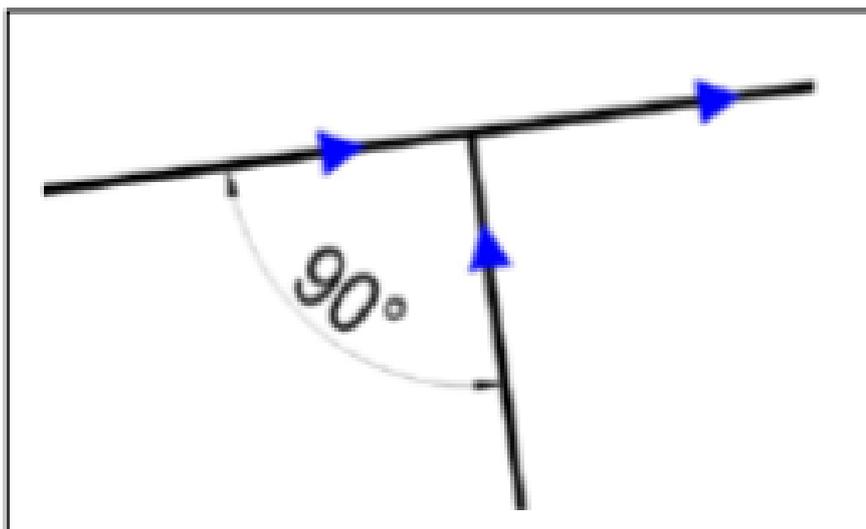


Figure 43: Angle de raccordement pour conduites de $D \leq 600$ mm

- Les réseaux d'assainissement ne doivent pas être implantés sous des habitations ou sous des plantations ;
- Implantation des collecteurs d'assainissement des eaux pluviales le long du fil d'eau de la voirie (entre la chaussée et le trottoir) ;

b) Délimitation des bassins versants :

Le bassin versant se définit comme l'aire de collecte qui recueille les eaux de ruissellement, il les concentre vers le point de sortie appelé exutoire. La délimitation des sous-bassins est tributaire à la topographie du site, nous avons utilisé le logiciel Covadis pour le calcul des débits de ruissellement à travers ces bassins. Les caractéristiques des bassins versants élémentaires, des bassins d'assemblages sont représentés dans les annexes.

c) Coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement d'une surface donnée est le rapport du volume d'eau, qui ruisselle de cette surface, au volume d'eau tombée sur elle. Ce coefficient est assimilé au taux d'imperméabilisation du site. Il est défini comme étant le rapport de la surface totale des parties imperméables à la surface totale du bassin.

Il est calculé comme suit :

$$C = \frac{\sum A_i C_i}{\sum A_i}$$

A_i : la surface du bassin élémentaire i ;

C_i : le coefficient de ruissellement du bassin.

En pratique, pour chaque bassin versant, on calcule la surface imperméabilisée.

Dans notre cas d'étude, il s'agit d'un assainissement routier ayant pour but d'évacuer les eaux de surfaces récupérées au niveau de l'emprise.

Les bassins versants sont donc essentiellement constitués de surfaces imperméabilisées (**Chaussée et Accotements**), caractérisés par un coefficient de ruissellement pris égal à **90%**.

La figure ci-après illustre la délimitation des bassins au niveau d'une intersection :

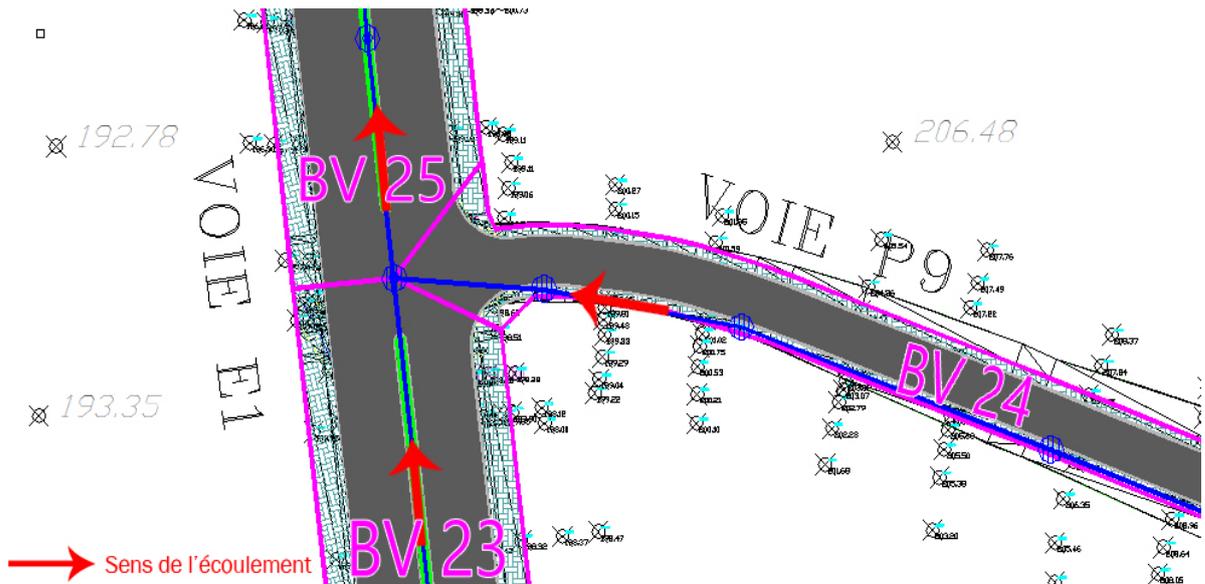


Figure 44: Exemple de délimitation des bassins au niveau d'une intersection (Collecteur B)

d) Evaluation des débits des eaux pluviales :

Dans la présente étude, l'évaluation des débits d'eaux à l'exutoire d'un bassin versant est basée sur la méthode superficielle de CAQUOT. Le principe de base de la méthode repose sur la conservation des volumes mis en jeu dans le ruissellement durant l'intervalle de temps séparant le début de l'averse et l'instant où l'on observe le débit maximal à l'exutoire du bassin d'où elle porte le nom de la formule superficielle, elle s'écrit d'une façon générale :

$$Q_b = K^{1/u} \cdot C^{1/u} \cdot I^{v/u} \cdot A^{w/u}$$

$$Q_c = Q_b \cdot m$$

Q_b : Débit brut d'eaux pluviales pour une période de retour de 10 ans en m³/s ;

Q_c : Débit corrigés en m³/s ;

[NB : le débit est corrigé si M est différent de 2.]

K, u, v, w sont des paramètres qui sont en relation avec intensité d'une averse et sa durée, la formule de l'intensité de la pluie est sous cette forme :

$$i(t, F) = a(F) \cdot t^{b(F)}$$

$i(t, F)$: l'intensité de l'averse ayant une fréquence donnée de retour en mm/mn ;

t : la durée de cette averse en mn.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs des coefficients de Montana pour la région de Rhafsai :

Periode de retour	RHAFSAI	
	a	b
Coefficients de Montana	6.886	-0.590

Tableau 38: Coefficients de Montana

On peut donc déduire les coefficients **K, u, v, w** de Caquot :

$K^{1/u}$	v/u	$1/u$	w/u
1.720	0.291	1.204	0.784

Tableau 39: Coefficients K,u, v, w de Caquot

Donc la formule de Caquot avec laquelle on va travailler s'écrit :

$$Q_b = 1,720 \times I^{0,291} \times C^{1,204} \times A^{0,784}$$

➤ Exemple de calcul des débits des bassins versants :

Nom	A (ha)	C (%)	I (%)	L (m)	M	m	Q brute (m ³ /s)	Q corrigé (m ³ /s)
BV1	0,19	90	2.23	66.9	1.53	1.16	0.134	0.156
BV2	0.09	90	4.82	90.8	3.02	0.79	0.104	0.082
BV3	0,67	90	0.35	226.5	2.76	0.82	0.213	0.175

Tableau 40: Exemple de calcul du débit des eaux pluviales (Collecteur A)

➤ Récapitulatif des résultats :

La note de calcul présentée en annexe regroupe les données de bases, ainsi que les résultats de calcul des débits des eaux pluviales. (Annexe VII, VIII, IX)

e) Débit d'assemblage des bassins versants :

La formule de Caquot est appliquée pour un bassin versant élémentaire de caractéristiques physiques homogènes. C'est pourquoi, l'étude hydraulique d'un bassin versant présentant une forte hétérogénéité en caractéristiques physiques, nécessite le découpage en sous bassins homogènes (**A_i, C_i, I_i, L_i**).

Les sous bassins seront assemblés selon le réseau d'écoulement proposé en vue de suivre l'évolution du débit dans les collecteurs de l'amont vers l'aval.

➤ **Exemple de calcul des débits d'assemblage :**

- En série :

Nom	A (ha)	C (%)	I (%)	L (m)	Q corrigé (m ³ /s)
BV3	0.67	90	0.35	226.5	0.175
BV4	0.74	90	0.35	254.5	0.183
S2=BV3+BV4	1.41	90	0.35	481	0.251

Tableau 41: Exemple de calcul de débit d'assemblage des eaux pluviales en série

- En parallèle :

Nom	A (ha)	C (%)	I (%)	L (m)	Q corrigé (m ³ /s)
BV1	0.52	90	1.07	211.2	0.195
BV2	0.14	90	1.47	137.3	0.067
P1=BV1//BV2	0.66	90	1.17	211.2	0.262

Tableau 42: Exemple de calcul de débit d'assemblage des eaux pluviales en parallèle

➤ **Recapitulatif des résultats**

La note de calcul présentée en annexe regroupe les résultats de calcul des débits d'eaux pluviales assemblés (ANNEXE X, XI, XII).

f) Calcul des sections des collecteurs :

On détermine les diamètres des canalisations à partir de la formule suivante :

$$D = \left[4^{\frac{7}{4}} \times \frac{Q_{\text{calculé}}}{\pi \times \sqrt{I} \times K_s} \right]^{\frac{4}{11}}$$

Afin d'illustrer le calcul, voici un tableau de calculs pour deux tronçons :

Tronçon	Q calculé (m ³ /s)	Pente (%)	Diam, théo (mm)	Collecteur	Diamètre choisi
R9 – R10	0.251	0.50	460	135A-600	600
R10 – R11	0.251	0.50	460	135A-600	600

Tableau 43: Exemple de calcul de section des canalisations des eaux pluviales

La note de calcul présentée en annexe regroupe les résultats de calcul des sections des collecteurs des eaux pluviales (Annexes XIII, XIV, XV).

g) Résultats du dimensionnement du réseau des eaux pluviales :

Le réseau est composé de 3 collecteurs principaux sur lesquels sont raccordés des collecteurs secondaires.

Le linéaire des conduites principales est de **5.64 km**, et les collecteurs utilisés ont des diamètres qui varient entre **Ø400** et **Ø800** :

Tuyau	Longueur totale(m)
CR8-0400	1 639,64
135A-600	2531,33
135A-800	1389,12

Tableau 44:Longueur totale des collecteurs des eaux pluviales

III.3. DIMENSIONNEMENT DES FOSSES :

Dans le cas de notre projet il s'agit de dimensionner des fossés trapézoïdales pour le réseau de pied de déblai

a) Calcul du débit d'apport externe du talus :

Le calcul de dimensionnement est effectué avec un pas de 20m, Les calculs se font de l'amont vers l'aval du réseau.

Ainsi, au profil de calcul, Pi, on considère :

- Les éléments pluviométriques (courbes Intensité-Durée-Fréquence)
- La surface active de bassin versant Ai à prendre en compte entre P0 et Pi
- La pente et les caractéristiques de l'ouvrage au profil i,
- Le temps de concentration calculé au profil Pi-1,
- La vitesse au profil Pi-1.

On calcule alors :

- Une estimation du temps de concentration :

$$t_{ci} = t_{ci-1} + \frac{d(P_i, P_{i-1})}{0,85 \times 60 \times V}$$

V = Vitesse à section pleine de l'ouvrage en m/s projeté, au point de calcul, 0,85 est un coefficient minorant de V pour tenir compte de l'inégal remplissage de l'ouvrage.

Au point P0, il faut considérer un temps de concentration initial, correspondant au temps que met une goutte d'eau depuis l'instant où elle tombe sur le bassin versant naturel jusqu'à celui où elle arrive dans l'ouvrage de collecte. Ce temps est pris égal à 5 minutes.

- L'intensité de pluie :

$$I_i = a \times t_{ci}^{-b}$$

- Le débit d'apport de ruissellement du talus, c'est le débit Q_{ev} à évacuer par l'ouvrage, est calculé à partir de la formule rationnelle :

$$Q_i = \frac{C_i \times I_i \times A}{3,6}$$

Avec :

- Q_i** : Débits d'apport externe du talus au profil P_i en m³/s.
- C_i** : Coefficient de ruissellement (C=0,7 pour le talus)
- I_i** : Intensité de pluie au profil P_i (en mm/h),
- A_i** : Surface active du talus entre profil P_i et P_{i+1} en km².

b) Calcul du débit capable de l'ouvrage d'assainissement :

Les ouvrages concernés sont les fossés trapézoïdaux revêtus du type : **TR (0.5m x 0.5m x 1.5m)**

Pour le calcul du débit capable d'un ouvrage, on utilise la formule de Manning- Strickler :

$$Q_{cap} = K \times S \times R h^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{P}$$

- Q_{cap}** : Débit capable pour les périodes de retour de calcul en m³/s.
- K** : Coefficient de rugosité de Manning-Strickler (K=83.33 pour des canaux revêtus de béton)
- Rh** : Rayon hydraulique en m,
- P** : Pente de l'ouvrage en m/m,
- S** : Section mouillée en m².

c) **Méthodologie de calcul :**

On compare la capacité des différents ouvrages d'assainissement à la somme des débits d'apport externe du talus au profil Pi.

Si $Q_{cap} > Q_{ev}$, on vérifie que la vitesse réelle, qui correspond à la hauteur d'eau calculé pour une section économique, est dans les normes des vitesses admissibles par l'ouvrage.

La hauteur d'eau est calculée par la formule suivante ($m=1$) :

$$y = \left(\frac{0,012Q_{ev}}{\sqrt{I}(2\sqrt{2}-1)} \right)^{3/8}$$

Sinon, on recalcule avec un ouvrage de capacité différente.

Avec :

V_{max} pour un ouvrage revêtu de type TR est de 6 m/s, et V_{min} est de 0.5 m/s pour le même ouvrage.

d) **Résultats des calculs :**

Les résultats de calcul pour les différents tronçons ainsi que les vérifications réalisées seront présentés en ANNEXE XVI.

III.4. ESTIMATION FINANCIERE DES TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT :

a) **Travaux de terrassement :**

Le volume des terrassements est calculé tronçon par tronçon.

Largeur : Largeur de la tranchée en m ($l = 0,5 + D_{ext} + E_b$ si le diamètre intérieur de la conduite circulaire est inférieur à 600 mm, sinon $l = 0,6 + D_{ext} + E_b$) ;

Avec :

D_{ext} : Diamètre extérieur de la conduite

E_b : Epaisseur de blindage

Voici un exemple des calculs établi :

Tronçon		Longueur de fouille	Largeur de fouille	Profondeur de tranchée				Fouille (m ³)	Lit de pose (m ³)	Remblai primaire (m ³)	Remblai secondaire (m ³)
Amont	Aval			Amont	Aval	Maxi	Moyenne				
R1	R2	60.89	1.40	1.62	2.29	2.29	1.89	149.76	8.52	38.32	98.62
R3	R4	50.39	1.50	1.62	1.75	1.75	1.69	119.85	7.56	39.02	66.95

Tableau 45: Calcul des coûts de terrassement pour le réseau EP

b) Les regards :

Calculé par la formule suivante :

$$CRV = Curv1. Nrv1 + Curv2. (Pv2 - (25 * Nrv2))$$

Avec :

CRV : Coût des regards de visite en MAD ;

Curv1 : Coût unitaire des regards de visite (MAD/Unité) ;

Nrv1 : Nombre de regards de visite ;

Curv2 : Coût unitaire des plus-values pour les regards de visite dont les profondeurs sont supérieures à **2,5 m** (MAD/dm) ;

Nrv2 : Nombre de regards de visite dont les profondeurs sont supérieures à **2,5m** ;

Pv2 : La somme des profondeurs des regards de visite (**profondeur >2,5**) en dm.

c) Les canalisations :

Calculé par la formule suivante :

$$CC = \sum Li . Cui$$

Avec :

Cc : Coût des collecteurs en MAD ;

Li : Longueur total de chaque classe en mètre linéaire (ML) ;

Cui : Coût unitaire de chaque classe en MAD/ml

d) Equipements de fermeture des ouvrages :

Calculé par la formule suivante :

$$CT = CuT. Nrv$$

Avec :

CT : Coût de tampon de fermeture en MAD ;

CuT : Coût unitaire de tampon en MAD/Unité ;

Nrv : Nombre des regards de visite.

e) Coût des fossés :

Les fossés utilisées sont de type trapézoïdales de dimensions minimales (**0,5×0,5×1,5**)

La relation utilisée pour le calcul est la suivante :

$$CF = Cu \times L$$

Avec:

CF : Cout des fossées bétonnées en MAD ;

Cu : Coût unitaire pour les dimensions choisies en MAD/ml

L : Longueur total de chaque classe en mètre linéaire (ml) ;

f) Cout total du projet :

Le tableau suivant présente l'estimation du coût total des travaux d'assainissement :

N° Prix	Désignation des prestations	U	Quantité	Prix Unitaire enDHs	Total
Série 500 : Assainissement					
500.1 Terrassements en déblai					
500.1.1	Déblai en tranchée en terrain de toute nature	m ³	22 080	45.00	993 613.95
500.1.2	Sur-plus en terrain rocheux	m ³	6 500	120.00	780 037.20
500.2 Terrassements en remblais de tranchée					
500.2.1	Remblai primaire en terre tamisée	m ³	7 467	60.00	447 999.60
500.2.4	Remblais secondaires	m ³	17 454	30.00	523 612.80
500.2.5	Lit de pose en sable	m ³	1 386	155.00	214 836.20
500.2.6	Lit de pose en gravette	m ³	130	156.00	20 280.00
500.4 Fossé bétonné					
500.4.1	Fossé bétonné de dimensions minimales (h=0.5m) x (b=0.5m) x (B=1.5m)	ml	1 914	400.00	765 684.00
500.10 Canalisations circulaires					
500.10.2	Canalisation en PEHD ou PP de classe CR8 DN300 mm	ml	45	250.00	11 250.00
500.10.3	Canalisation en PEHD ou PP de classe CR8 DN400 mm	ml	1 640	360.00	590 270.40
500.10.5	Canalisation en béton armé de classe 135A DN600 mm	ml	2 531	510.00	1 290 978.30
500.10.6	Canalisation en béton armé de classe 135A DN800 mm	ml	1 389	850.00	1 180 752.00
500.11 Ouvrages et équipements pour réseau d'assainissement des eaux pluviales					
500.11.1 Regard de visite en béton armé coulé sur place					
500.11.1.1	Regard de visite sur canalisation circulaire	U	131	4 000.00	524 000.00
500.11.1.2	Regard de visite puisard	U	3	3 800.00	11 400.00
500.11.1.3	Bouche d'égout à grille ou à avaloir	U	101	2 800.00	282 800.00
500.1.1.3	plus-value >2,5	dm	515	230.00	118 560.40
500.11.2 Equipements de fermeture des ouvrages					
500.11.2.1	Cadre et tampon de classe D400	U	227	1 900.00	431 300.00
Total Série 500					8 187 374.85

Tableau 46: Cout total des travaux d'assainissement

Le calcul détaillé du métré est disponible en Annexe (XVII→XXII)

CONCLUSION

Tout au long de la phase d'étude, les contraintes et les normes reconnus à l'échelle internationale, à savoir, le confort, la sécurité des usagers, l'économie et les impacts éventuels des travaux sur l'environnement, ont été pris en compte.

Cette étude nous a permis également de chercher les solutions aux problèmes techniques rencontrés lors de notre conception routière. Il était pour nous d'une part l'occasion de tirer profit de l'expérience du personnel de NOVEC et d'autre part d'apprendre la méthodologie la plus rationnelle à suivre pour élaborer tout projet des travaux publics.

En ce qui concerne l'étude de voirie, la plateforme a été réalisée avec un budget optimal. Le cout estimé pour les travaux de voirie est de 36.09 MDH. Ces couts sont raisonnables pour des voies de telles étendues.

Concernant l'assainissement, on peut dire qu'on a atteint les objectifs fixés par le client.

Nous avons conçu un réseau qui permet une évacuation complète des eaux intercepté par la plateforme soit à travers des collecteurs enterrés ou bien des canaux superficiels. Le cout estimé du réseau d'assainissement des eaux pluviales est de 8.19 MDH.

Le cout total estimé du projet est donc d'environ 53.13 MDH TTC qui est tout à fait à la portée de la commune urbaine de Rhafsai concernée par notre étude.

Enfin ce projet de fin d'études fut une expérience très enrichissante puisqu'il nous a permis le transfert de nos connaissances d'un domaine théorique à un champ pratique, et une occasion pour approfondir nos connaissances informatiques et mieux maîtriser les outils informatiques en vigueur en l'occurrence les logiciels de Covadis, Autocad, Alize et Global Mapper.

BIBLIOGRAPHIE :

- Instruction - 2009 - CERTU - (ICTAVRU) Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines.
- Guide SETRA – Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales.
- Recommandations techniques – CERTU – Giratoires en ville.
- Référence - 2009 - CERTU - Le profil en travers, outil du partage des voiries urbaines.
- Guide pratique des VRD et aménagements extérieurs.
- Cours Voirie et Réseaux Divers – Mr ASMLAL (EHTP)
- Catalogue Marocain des structures types de chaussées neuves.
- Guide technique du SETRA « Conception et dimensionnement des structures de chaussées » Edition Décembre 1994.
- Cours Hydrologie – Mme AHATTAB (EHTP)
- Hydrologie et hydraulique urbaine en réseau d'assainissement (Formation d'ingénieur ENGEES)
- Guide technique - SETRA - Assainissement routier
- Cours Assainissement – Mr ASMLAL (EHTP)
- Cours Hydraulique à Surface Libre – Mr KENFAOUI (EHTP)
- <http://srtm.csi.cgiar.org/> The CGIAR Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI)
- <http://fr.climate-data.org/location/670385>

ANNEXES :

ANNEXE I : PROFILS EN TRAVERS DU PROJET

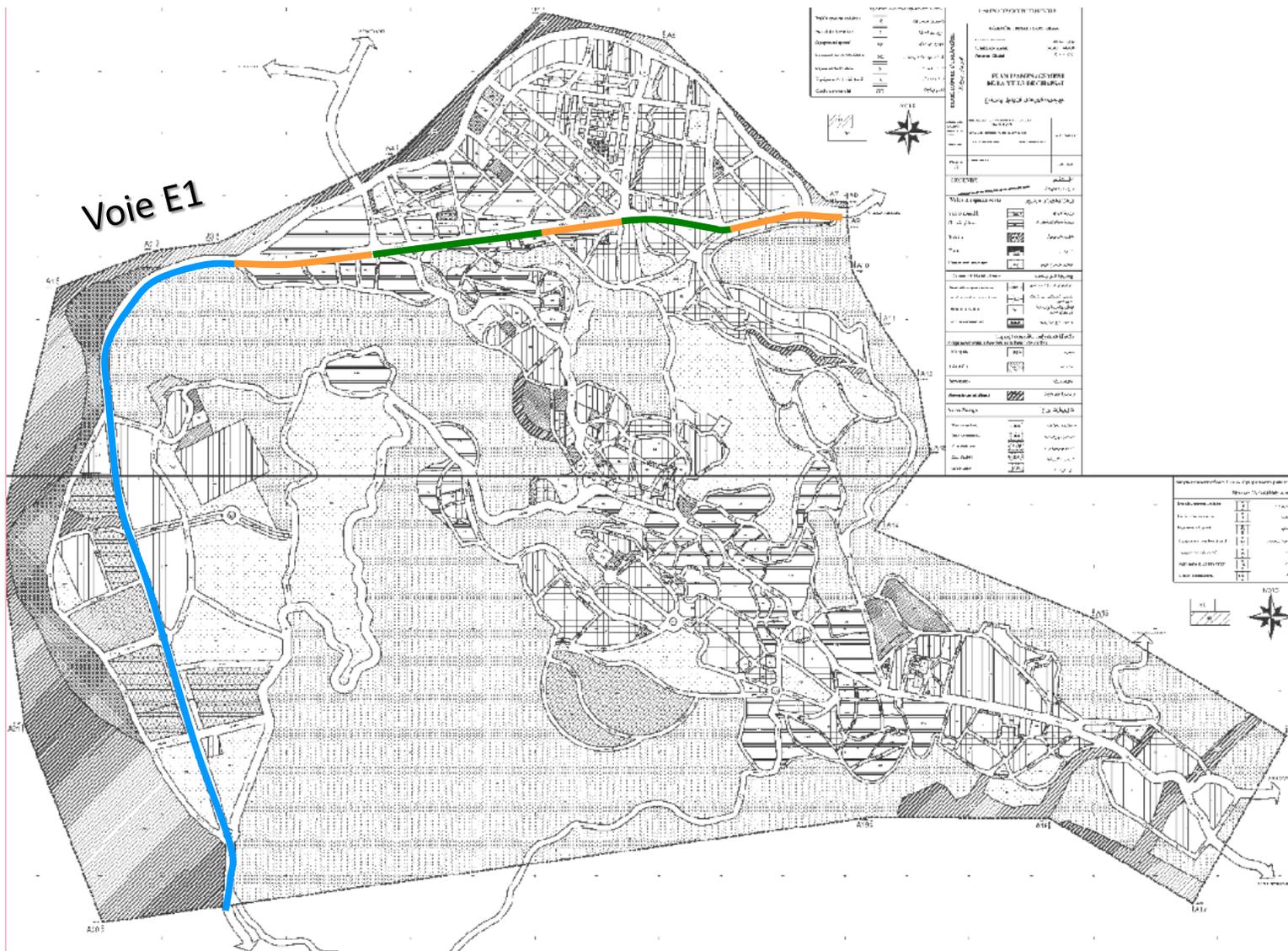


Figure 45: Emplacement des profils utilisés pour la voie E1

Voies de 30m - en agglomération

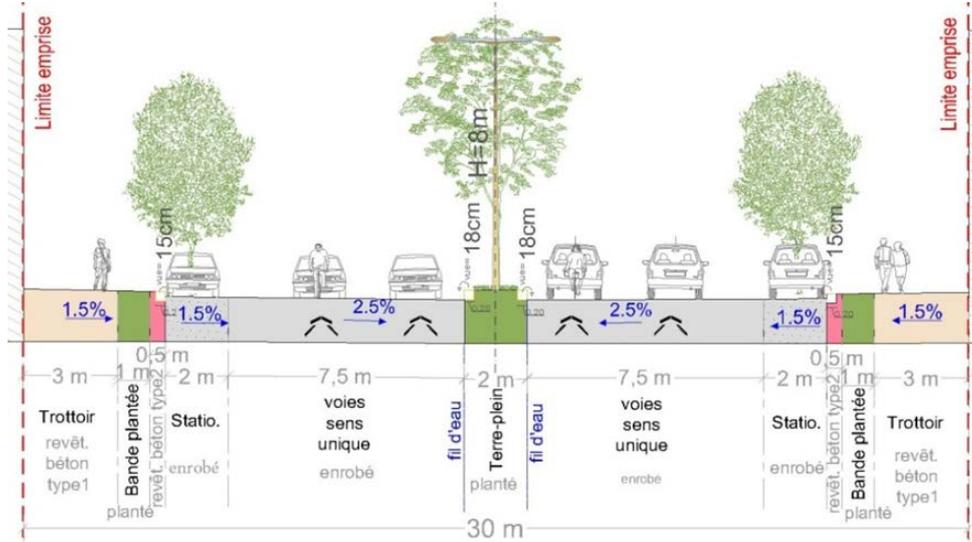


Figure 48: Profil en travers 30m - En agglomération

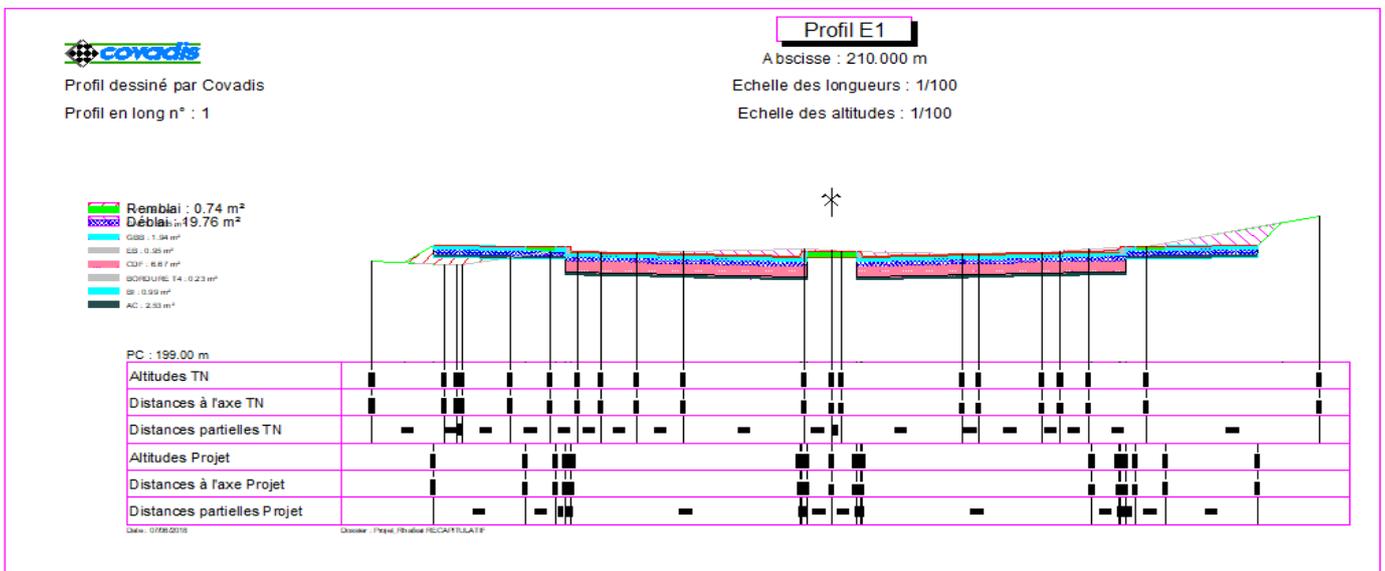


Figure 49: Profil de 30m dessiné par COVADIS- En agglomération

Voies de 25m - en agglomération :

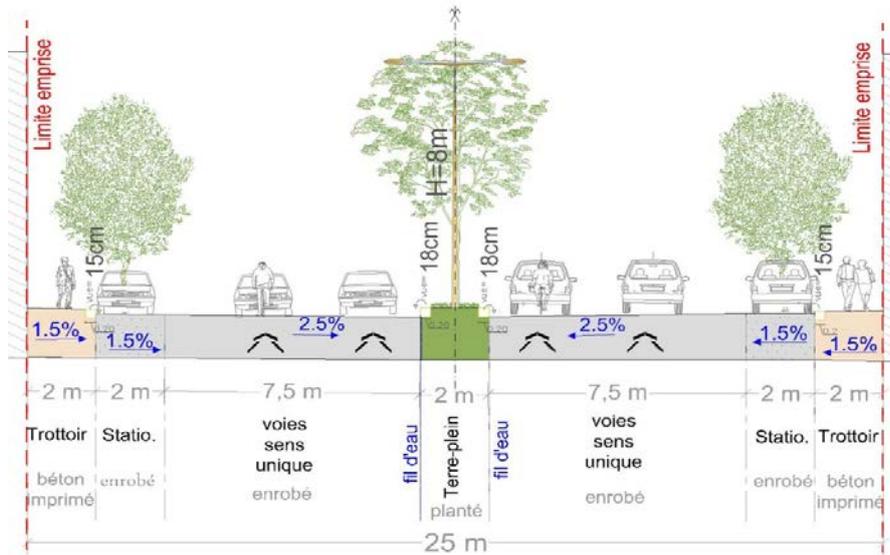


Figure 50: Profil en travers 25m - En agglomération

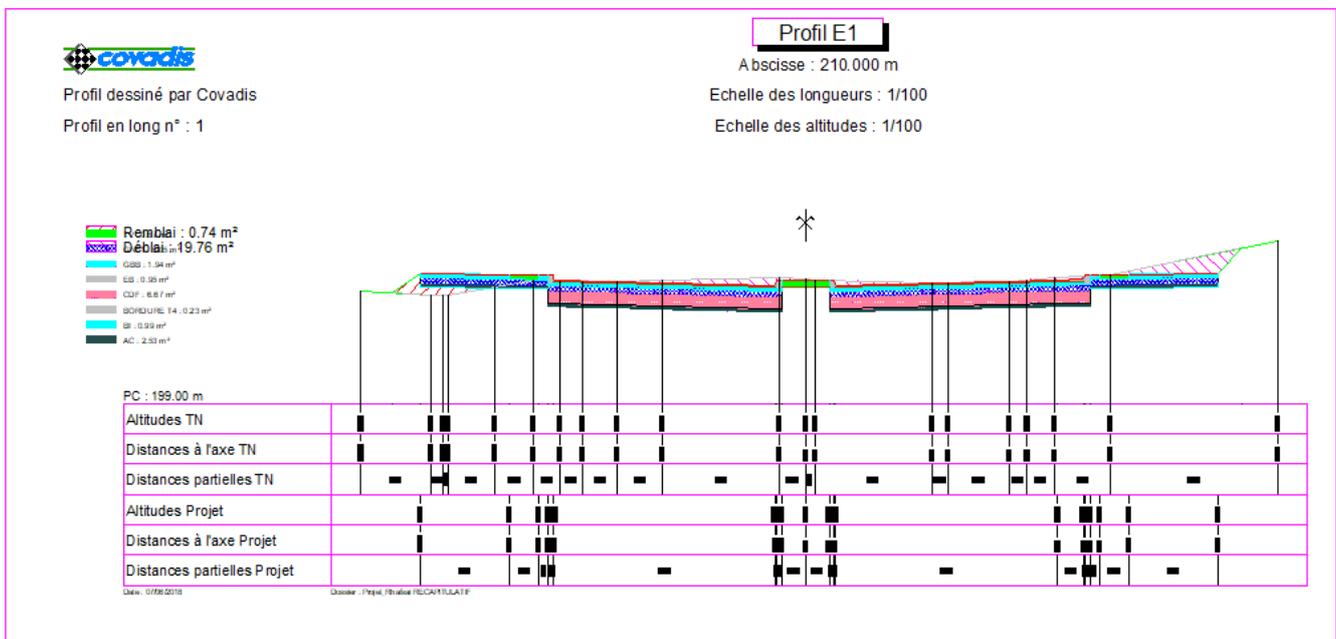


Figure 51: Profil de 25m dessiné par COVADIS- En agglomération

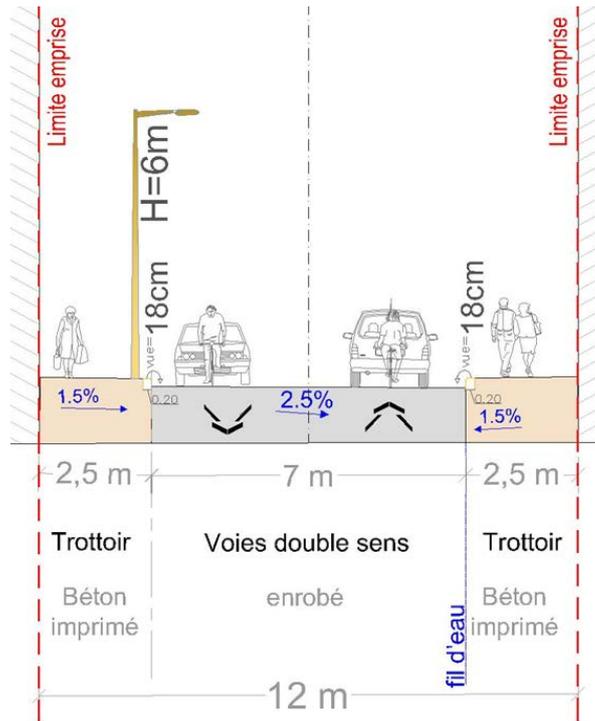


Figure 52: Profil en travers - Voies secondaires

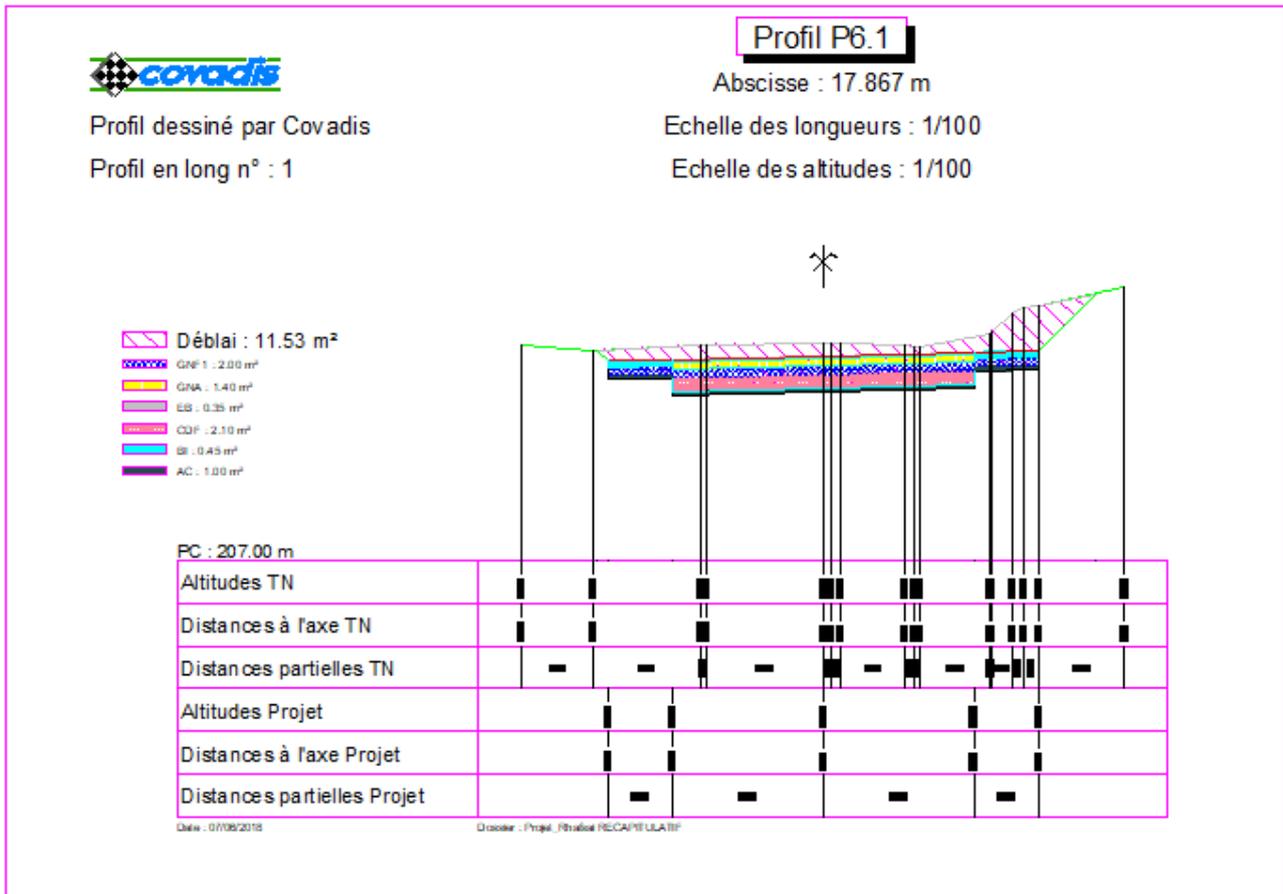


Figure 53: Profil de 25m dessiné par COVADIS- Exemple de voie secondaire

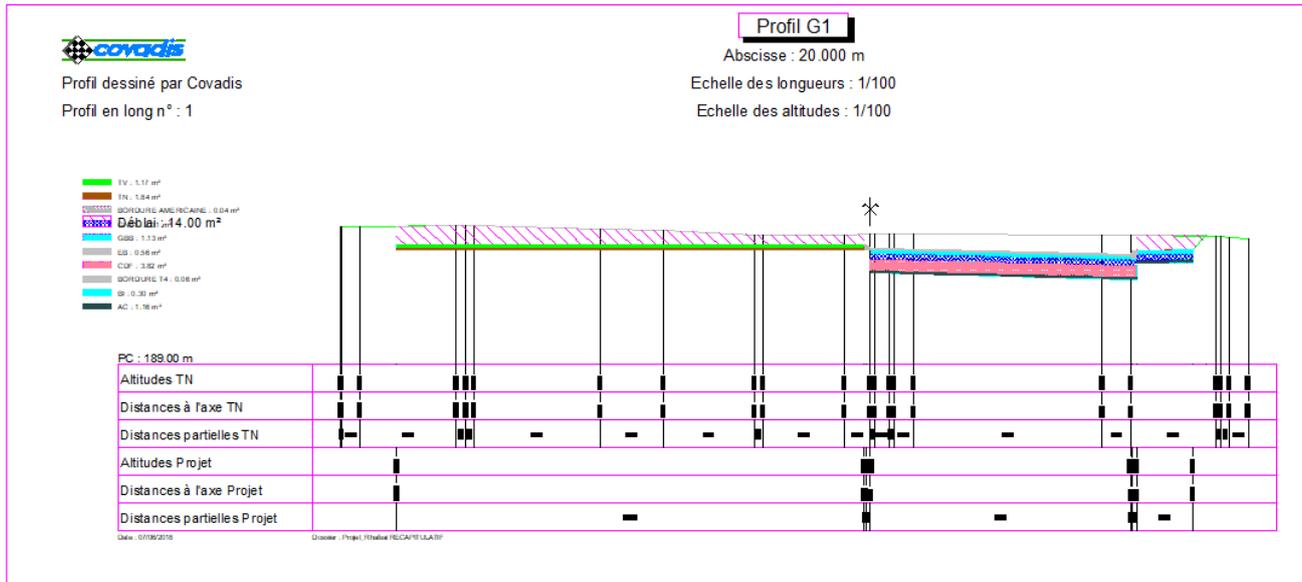


Figure 54: Profil dessiné par COVADIS- Giratoire d'entrée de la ville

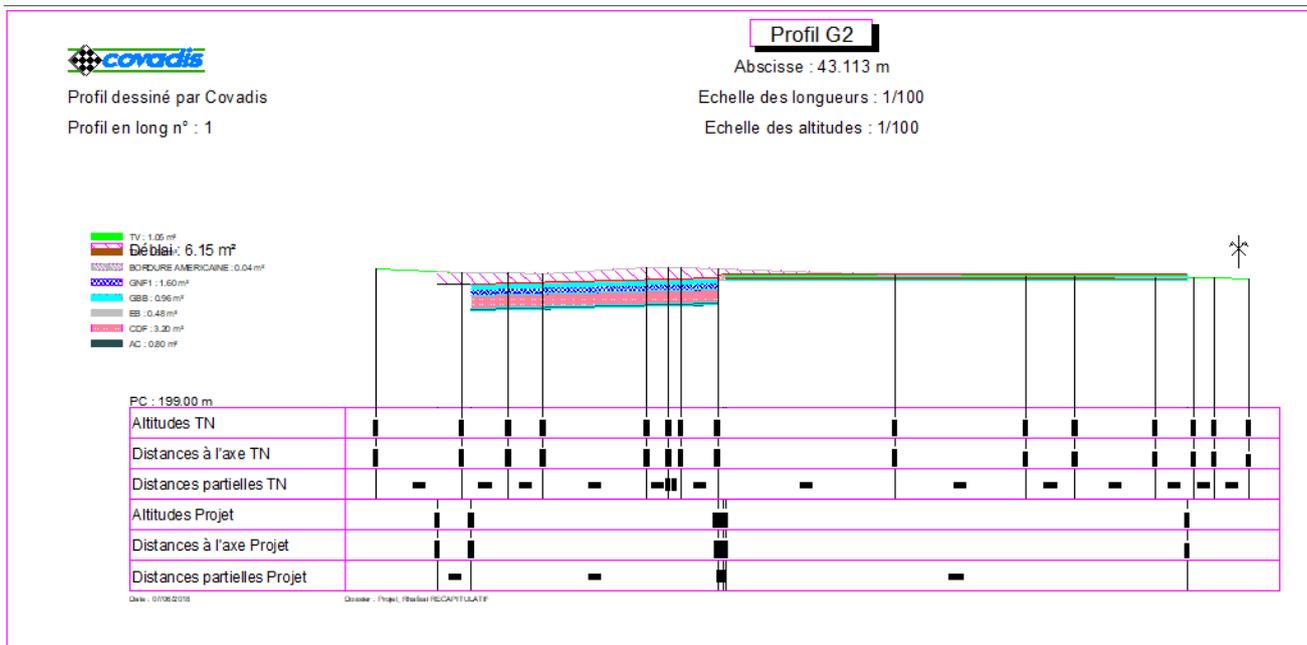


Figure 55: Profil dessiné par COVADIS- Giratoire Centre-ville

ANNEXE II : VALEURS CRITIQUES POUR LA STRUCTURE PROPOSEES PAR LE CATALOGUE :

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran - cf. C:\Users\Omar\Desktop\test2.dat, Charge d... — □ ×

C:\Users\Omar\Desktop\test2.dat							
épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)
0.060	3600.0 collé	0.350	0.000	97.8	0.751	-96.7	0.658
			0.060	38.9	0.344	37.4	0.517
0.080	6300.0 collé	0.350	0.060	38.9	0.586	-0.9	0.517
			0.140	-177.3	-1.503	175.3	0.142
0.200	400.0 collé	0.350	0.140	-177.3	-0.028	382.7	0.142
			0.340	-320.4	-0.162	360.3	0.040
infini	50.0	0.350	0.340	-320.4	-0.002	793.7	0.040

variante 1: Durée= 00:03sec

Grandeurs affichées

tableau 1 tableau 2

tableau 3 tableau 4

tableau 5 tableau 6

tableau 7 tableau 8

Déflexion = 79.0 mm/100
entre-jumelage

Rdc = 280.3 m

Tracer

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Variante n+1

Fermer

Alizé-Lcpc Mémo

1 - EpsiT= 164.4 (bb)

2 - EpsiT= 169.7 (gb3)

3 - Epsiz= 635.5 (gnt et sol)

Pour imprimer les données des calculs de valeurs admissibles à la suite des résultats des calculs mécaniques: cocher les cases correspondantes dans la liste ci-dessus.

Fermer

ANNEXE III : VARIANTE 1 : ITERATIONS SUR LA COUCHE DE FONDATION

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran - cf. C:\Users\Omar\Desktop\test1.dat, Charge d... - □ ×

C:\Users\Omar\Desktop\test1.dat							
épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.060	3600.0 collé	0.350	0.000	71.9	0.590	-71.4	0.659
			0.060	34.5	0.313	44.4	0.522
0.080	6300.0 collé	0.350	0.060	34.5	0.530	5.7	0.522
			0.140	-156.3	-1.305	157.0	0.158
0.300	400.0 collé	0.350	0.140	-156.3	-0.005	387.1	0.158
			0.440	-247.0	-0.128	285.7	0.030
infini	50.0	0.350	0.440	-247.0	-0.002	610.8	0.030

Alizé-Lcpc Mémo

1 - EpsiT= 164.4 (bb)

2 - EpsiT= 169.7 (gb3)

3 - EpsiZ= 635.5 (gnt et sol)

Pour imprimer les données des calculs de valeurs admissibles à la suite des résultats des calculs mécaniques: cocher les cases correspondantes dans la liste ci-dessus.

Fermer

variante 11: Durée= 00:00sec

Grandeurs affichées

tableau 1 tableau 2

tableau 3 tableau 4

tableau 5 tableau 6

tableau 7 tableau 8

Déflexion =68.9 mm/100
entre-jumelage

Rdc = 320.1 m

Tracer

Imprimer Enregistrer

Variante n-1

Voir Chargt. Fermer

ANNEXE IV : VARIANTE 2 : ITERATIONS SUR LA COUCHE DE BASE

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran - cf. C:\Users\Omar\Desktop\test1.dat, Charge d... — □ ×

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.060	3600.0	0.350	0.000	89.9	0.634	-45.7	0.658
	collé		0.060	39.4	0.392	45.3	0.567
0.120	6300.0	0.350	0.060	39.4	0.672	3.3	0.567
	collé		0.180	-142.6	-1.214	138.7	0.094
0.200	400.0	0.350	0.180	-142.6	-0.032	275.4	0.094
	collé		0.380	-233.7	-0.120	270.6	0.030
infini	50.0	0.350	0.380	-233.7	-0.001	596.3	0.030

variante 5: Durée= 00:00sec

Grandeurs affichées

- tableau 1
- tableau 2
- tableau 3
- tableau 4
- tableau 5
- tableau 6
- tableau 7
- tableau 8

Déflexion = 67.9 mm/100
entre-jumelage
Rdc = 426.0 m

Tracer

Imprimer

Enregistrer

Variante n-1

Variante n+1

Voir Chargt.

Fermer

Alizé-Lcpc Mémo

- 1 - EpsiT= 164.4 (bb)
- 2 - EpsiT= 169.7 (gb3)
- 3 - EpsiZ= 635.5 (gnt et sol)

Pour imprimer les données des calculs de valeurs admissibles à la suite des résultats des calculs mécaniques: cocher les cases correspondantes dans la liste ci-dessus.

Fermer

ANNEXE V : VARIANTE 3 : ITERATIONS SUR LA COUCHE DE BASE ET LA COUCHE DE FONDATION POUR UNE EPAISSEUR D'EB DE 7CM

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran - cf. C:\Users\Omar\Desktop\test1.dat, Charge d... — □ ×

C:\Users\Omar\Desktop\test1.dat							
épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.070	3600.0	0.350	0.000	87.9	0.638	-54.4	0.658
	collé		0.070	28.4	0.314	52.0	0.523
0.100	6300.0	0.350	0.070	28.4	0.531	13.2	0.523
	collé		0.170	-146.2	-1.246	143.9	0.108
0.220	400.0	0.350	0.170	-146.2	-0.027	302.0	0.108
	collé		0.390	-243.4	-0.125	281.3	0.031
infini	50.0	0.350	0.390	-243.4	-0.001	615.6	0.031

variante 3: Durée= 00:00sec

Grandeurs affichées

tableau 1 tableau 2

tableau 3 tableau 4

tableau 5 tableau 6

tableau 7 tableau 8

Déflexion =69.0 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 380.7 m

Tracer

Imprimer Enregistrer

Variante n-1 Variante n+1

Voir Chargt. Fermer

Alizé-Lcpc Mémo

1 - EpsiT= 164.4 (bb)

2 - EpsiT= 169.7 (gb3)

3 - Epsiz= 635.5 (gnt et sol)

Pour imprimer les données des calculs de valeurs admissibles à la suite des résultats des calculs mécaniques: cocher les cases correspondantes dans la liste ci-dessus.

Fermer

ANNEXE VI : VARIANTES ECONOMIQUES DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE :

Variante 1				
Matériau	Epaisseur (m)	Quantité m3	Prix DH/m3	Prix en DH
EB	0.06	4738.923	1500	7108384.5
GBB	0.08	6318.564	1250	7898205
GNF1	0.3	23694.615	170	4028084.55
Total				19034674.1

Tableau 47: Variante économique de la chaussée n°1

Variante 2				
Matériau	Epaisseur (m)	Quantité m3	Prix DH/m3	Prix en DH
EB	0.06	4738.923	1500	7108384.5
GBB	0.12	9477.846	1250	11847307.5
GNF1	0.2	15796.41	170	2685389.7
Total				21641081.7

Tableau 48: Variante économique de la chaussée n°2

Variante 3				
Matériau	Epaisseur (m)	Quantité m3	Prix DH/m3	Prix en DH
EB	0.07	5528.743	1500	8293115.25
GBB	0.10	7898.205	1250	9872756.25
GNF1	0.22	17376.051	170	2953928.67
Total				21119800.2

Tableau 49: Variante économique de la chaussée n°3

ANNEXE VII : EAUX PLUVIALES – BASSINS VERSANTS (COLLECTEUR A)

Nom	A (ha)	C (%)	I (%)	L (m)	M	m	Q unit. (m ³ /s)	Q calc. (m ³ /s)
BV 1	0.19	90	2.23	66.9	1.53	1.16	0.134	0.156
BV 2	0.09	90	4.82	90.8	3.03	0.79	0.104	0.082
BV 3	0.67	90	0.35	226.5	2.77	0.82	0.213	0.175
BV 4	0.74	90	0.35	254.5	2.96	0.79	0.231	0.183
BV 5	0.63	90	1.16	220.3	2.78	0.82	0.29	0.239
BV 6	0.6	90	1.32	212.1	2.74	0.83	0.29	0.241
BV 7	0.51	90	1.01	165.3	2.31	0.92	0.235	0.216
BV 8	0.26	90	2.22	160.4	3.15	0.77	0.175	0.134
BV 9	0.49	90	0.63	155.2	2.22	0.94	0.197	0.185

ANNEXE VIII : EAUX PLUVIALES – BASSINS VERSANTS (COLLECTEUR B)

Nom	A (ha)	C (%)	I (%)	L (m)	M	m	Q unit. (m ³ /s)	Q calc. (m ³ /s)
BV 1	0.52	90	1.07	211.2	2.93	0.8	0.244	0.195
BV 2	0.14	90	1.47	137.3	3.67	0.7	0.096	0.067
BV 3	0.43	90	1.06	158.1	2.41	0.9	0.209	0.188
BV 4	0.41	90	0.98	159.3	2.49	0.88	0.198	0.174
BV 5	0.12	90	2.93	118.2	3.41	0.72	0.101	0.073
BV 6	0.15	90	1.7	158.1	4.08	0.66	0.107	0.071
BV 7	0.14	90	1.25	56.4	1.51	1.18	0.091	0.107
BV 8	0.09	90	2.35	81.6	2.72	0.82	0.074	0.06
BV 9	0.34	90	1.37	149.4	2.56	0.86	0.187	0.161
BV 10	0.44	90	1.39	151.3	2.28	0.92	0.228	0.211
BV 11	0.43	90	0.2	150.3	2.29	0.92	0.129	0.119
BV 12	0.59	90	0.81	221.3	2.88	0.8	0.246	0.198
BV 13	0.32	90	0.77	135.2	2.39	0.9	0.149	0.134
BV 14	0.06	90	0.93	11.6	0.47	1.73	0.045	0.078
BV 15	0.07	90	0.52	71.3	2.69	0.84	0.041	0.035
BV 16	0.14	90	1.4	137.9	3.69	0.7	0.095	0.066
BV 17	0.28	90	1.3	122.5	2.32	0.92	0.16	0.147
BV 18	0.52	90	1.65	201	2.79	0.82	0.275	0.226
BV 19	0.67	90	0.56	242.2	2.96	0.79	0.244	0.193
BV 20	0.54	90	0.72	200.7	2.73	0.83	0.222	0.184
BV 21	0.66	90	0.71	225.8	2.78	0.82	0.259	0.213
BV 22	0.67	90	0.4	226.2	2.76	0.82	0.221	0.182
BV 23	0.46	90	0.54	159.1	2.35	0.91	0.181	0.165
BV 24	0.16	90	5.94	155	3.88	0.67	0.157	0.106
BV 25	0.58	90	1.76	199.3	2.62	0.85	0.303	0.258
BV 26	0.38	90	1.08	138.9	2.25	0.93	0.19	0.177

ANNEXE IX : EAUX PLUVIALES – BASSINS VERSANTS (COLLECTEUR C)

Nom	A (ha)	C (%)	I (%)	L (m)	m	Q unit. (m ³ /s)	Q calc. (m ³ /s)
BV 1	0.19	90	3.34	123.3	0.82	0.155	0.126
BV 2	0.21	90	1.69	146.1	0.76	0.136	0.103

ANNEXE X : EAUX PLUVIALES – DEBITS D’ASSEMBLAGE (COLLECTEUR A)

Nom	A (ha)	C (%)	I (%)	L (m)	M	m	Q (m³/s)
BV 1	0.19	90	2.23	66.9	1.53	1.17	0.156
BV 2	0.09	90	4.82	90.8	3.03	0.78	0.082
S1= (BV 2+BV 1)	0.28	90	3.66	157.7	2.98	0.79	0.168
BV 3	0.67	90	0.35	226.5	2.77	0.82	0.175
BV4	0.74	90	0.35	254.5	2.96	0.79	0.183
S2= (BV 3+BV 4)	1.41	90	0.35	481	4.05	0.66	0.251
BV 5	0.63	90	1.16	220.3	2.78	0.82	0.239
S3= (S2+BV 5)	2.04	90	0.48	701.4	4.91	0.59	0.327
BV 6	0.6	90	1.32	212.1	2.74	0.83	0.241
S4= (S3+BV 6)	2.64	90	0.58	913.5	5.62	0.54	0.392
BV 7	0.51	90	1.01	165.3	2.31	0.92	0.212
S5= (S4+BV 7)	3.16	90	0.62	1078.8	6.07	0.52	0.439
BV 8	0.26	90	2.22	160.4	3.15	0.76	0.134
BV 9	0.49	90	0.63	155.2	2.22	0.94	0.185
S7= ((S6= (S5//BV 8)) +BV 9)	3.91	90	0.62	1233.9	6.24	0.51	0.549
S8= (S1//S7)	4.19	90	0.62	1233.9	6.03	0.52	0.717

ANNEXE XI : EAUX PLUVIALES – DEBITS D’ASSEMBLAGE (COLLECTEUR C)

Nom	A (ha)	C (%)	I (%)	L (m)	M	m	Q (m³/s)
BV 1	0.19	90	3.34	123.3	2.83	0.82	0.126
S1=(BV 1 +BV 2)	0.40	90	2.25	269.4	4.26	0.76	0.157

ANNEXE XII : EAUX PLUVIALES – DEBITS D'ASSEMBLAGE

(COLLECTEUR B)

Nom	A (ha)	C (%)	I (%)	L (m)	M	m	Q (m³/s)
BV 1	0.52	90	1.07	211.2	2.93	0.8	0.195
BV 2	0.14	90	1.47	137.3	3.67	0.7	0.067
BV 3	0.43	90	1.06	158.1	2.41	0.89	0.188
S1= ((P1= (BV 1//BV 2)) +BV 3)	1.1	90	1.06	369.3	3.52	0.71	0.311
BV 4	0.41	90	0.98	159.3	2.49	0.88	0.174
S2= (S1+BV 4)	1.51	90	1.04	528.6	4.3	0.63	0.352
BV 5	0.12	90	2.93	118.2	3.41	0.73	0.073
BV 6	0.15	90	1.7	158.1	4.08	0.65	0.071
S3= (BV 5+BV 6)	0.27	90	2.11	276.3	5.32	0.56	0.099
BV 7	0.14	90	1.25	56.4	1.51	1.18	0.107
S4= ((P2= (S1//S2)) +BV 7)	1.93	90	1.06	585	4.21	0.64	0.447
BV 8	0.09	90	2.35	81.6	2.72	0.83	0.06
BV 9	0.34	90	1.37	149.4	2.56	0.86	0.161
S5= ((P3= (S4//BV 8)) +BV 9)	2.35	90	1.11	734.4	4.79	0.59	0.475
BV 10	0.44	90	1.39	151.3	2.28	0.92	0.211
S6= (S5+BV 10)	2.79	90	1.15	885.8	5.3	0.56	0.517
BV 11	0.43	90	0.2	150.3	2.29	0.92	0.119
S7= (S6+BV 11)	3.22	90	0.8	1036.1	5.77	0.53	0.517
BV 12	0.59	90	0.81	221.3	2.88	0.8	0.198
S8= (S7+BV 12)	3.81	90	0.8	1257.4	6.44	0.5	0.528
BV 13	0.32	90	0.77	135.2	2.39	0.9	0.134
S9= (S8+BV 13)	4.13	90	0.79	1392.6	6.85	0.48	0.541
BV 14	0.06	90	0.93	11.6	0.47	2.36	0.078
S10= (S9+BV 14)	4.19	90	0.8	1404.2	6.86	0.48	0.548
BV 15	0.07	90	0.52	71.3	2.69	0.84	0.035
BV 16	0.14	90	1.4	137.9	3.69	0.69	0.066
S11= (BV 15+BV 16)	0.21	90	0.94	209.2	4.57	0.61	0.071
BV 17	0.28	90	1.3	122.5	2.32	0.92	0.147
S12= ((P4= (S10//S11)) +BV 17)	4.69	90	0.82	1526.7	7.05	0.47	0.594
BV 18	0.52	90	1.65	201	2.79	0.82	0.226
S13= (S12+BV 18)	5.21	90	0.88	1727.7	7.57	0.45	0.631
BV 19	0.67	90	0.56	242.2	2.96	0.79	0.193
S14= (S13+BV 19)	5.88	90	0.83	1969.9	8.12	0.43	0.653
BV 20	0.54	90	0.72	200.7	2.73	0.83	0.184
S15= (S14+BV 20)	6.42	90	0.82	2170.5	8.57	0.42	0.675
BV 21	0.66	90	0.71	225.8	2.78	0.82	0.213
S16= (S15+BV 21)	7.08	90	0.81	2396.3	9.01	0.41	0.705
BV 22	0.67	90	0.4	226.2	2.76	0.82	0.182
BV 23	0.46	90	0.54	159.1	2.35	0.91	0.165
S17= (BV 22+BV 23)	1.13	90	0.45	385.3	3.62	0.7	0.243
BV 24	0.16	90	5.94	155	3.88	0.67	0.106
BV 25	0.58	90	1.76	199.3	2.62	0.85	0.258
S18= ((P5= (S17//BV 24)) +BV 25)	1.86	90	0.65	584.5	4.29	0.63	0.362
BV 26	0.38	90	1.08	138.9	2.25	0.93	0.177
S19= (S18+BV 26)	2.24	90	0.71	723.4	4.83	0.59	0.4
P 6= (S16//S19)	9.32	90	0.81	2396.3	7.85	0.44	1.105

ANNEXE XIII : EAUX PLUVIALES – SECTIONS ET AUTOCURAGE (COLLECTEUR A)

Tronçon	Q calculé (m³/s)	Diam. théo (mm)	Collecteur choisi	Pente (%)	V calculée (m/s)	V Qps/10 (m/s)	V Ps (m/s)	Contrainte
R1 - R2	0.168	277	CR8-0400	2.74	3.24	1.58	2.87	OK
R3 - R4	0.175	387	CR8-0400	0.50	1.70	0.82	1.49	OK
R4 - R5	0.175	387	CR8-0400	0.50	1.70	0.82	1.49	OK
R5 - R6	0.175	387	CR8-0400	0.50	1.70	0.82	1.49	OK
R6 - R7	0.175	387	CR8-0400	0.50	1.70	0.82	1.49	OK
R7 - R8	0.251	460	135A-0600	0.50	1.77	0.88	1.59	OK
R8 - R9	0.251	460	135A-0600	0.50	1.77	0.88	1.59	OK
R9 - R10	0.251	460	135A-0600	0.50	1.77	0.88	1.59	OK
R10 - R11	0.251	460	135A-0600	0.50	1.77	0.88	1.59	OK
R11 - R12	0.327	509	135A-0600	0.50	1.91	0.99	1.80	OK
R12 - R13	0.327	509	135A-0600	0.50	1.91	0.99	1.80	OK
R13 - R14	0.327	493	135A-0600	0.59	2.03	1.08	1.95	OK
R14 - R15	0.327	456	135A-0600	0.90	2.38	1.33	2.41	OK
R15 - R16	0.392	461	135A-0600	1.21	2.79	1.54	2.80	OK
R16 - R17	0.392	461	135A-0600	1.21	2.79	1.54	2.80	OK
R17 - R18	0.392	461	135A-0600	1.21	2.79	1.54	2.80	OK
R18 - R19	0.392	461	135A-0600	1.21	2.79	1.54	2.80	OK
R19 - R20	0.439	481	135A-0600	1.21	2.86	1.54	2.80	OK
R20 - R21	0.439	469	135A-0600	1.40	3.03	1.65	3.00	OK
R21 - R22	0.439	556	135A-0600	0.56	2.12	1.05	1.90	OK
R22 - R23	0.549	562	135A-0600	0.83	2.59	1.27	2.31	OK
R23 - R24	0.549	541	135A-0600	1.01	2.81	1.41	2.55	OK
R24 - R2	0.549	644	135A-0600	0.40	1.93	0.93	1.70	OK
R106 - R107	0.082	221	CR8-0400	2.19	2.55	1.41	2.57	OK
R107 - R108	0.082	215	CR8-0400	2.50	2.68	1.51	2.74	OK
R108 - R1	0.082	208	CR8-0400	3.00	2.87	1.65	3.00	OK
R109 - R110	0.134	250	CR8-0400	3.00	3.23	1.65	3.00	OK
R110 - R111	0.134	250	CR8-0400	3.00	3.23	1.65	3.00	OK
R111 - R112	0.134	250	CR8-0400	3.00	3.23	1.65	3.00	OK
R112 - R113	0.134	250	CR8-0400	3.00	3.23	1.65	3.00	OK
R113- R22	0.134	354	CR8-0400	0.47	1.60	0.79	1.44	OK

ANNEXE XIV : EAUX PLUVIALES – SECTIONS ET AUTOCURAGE (COLLECTEUR B) :

Tronçon	Q calculé (m³/s)	Diam. théo (mm)	Collecteur	Pente (%)	V calculée (m/s)	V Qps/10 (m/s)	V Ps (m/s)	Contrainte
R25 - R26	0.182	426	135A-0600	0.40	1.52	0.88	1.61	OK
R26 - R27	0.182	426	135A-0600	0.40	1.52	0.88	1.61	OK
R27 - R28	0.182	426	135A-0600	0.40	1.52	0.88	1.61	OK
R28 - R29	0.182	426	135A-0600	0.40	1.52	0.88	1.61	OK
R29 - R30	0.182	426	135A-0600	0.40	1.52	0.88	1.61	OK
R30 - R31	0.243	474	135A-0600	0.40	1.63	0.88	1.61	OK
R31 - R32	0.243	474	135A-0600	0.40	1.63	0.88	1.61	OK
R32 - R33	0.243	459	135A-0600	0.47	1.74	0.96	1.75	OK
R33 - R34	0.362	388	135A-0600	2.60	3.62	2.25	4.10	OK
R34 - R35	0.362	418	135A-0600	1.75	3.13	1.85	3.36	OK
R35 - R36	0.362	417	135A-0600	1.77	3.15	1.86	3.38	OK
R36 - R37	0.362	432	135A-0600	1.48	2.94	1.70	3.09	OK
R37 - R38	0.400	475	135A-0600	1.08	2.68	1.45	2.63	OK
R38 - R39	0.400	468	135A-0600	1.17	2.77	1.51	2.75	OK
R39 - R40	0.400	502	135A-0600	0.80	2.39	1.25	2.28	OK
R42 - R43	0.195	424	135A-0600	0.47	1.64	0.96	1.75	OK
R43 - R44	0.195	351	135A-0600	1.28	2.36	1.58	2.87	OK
R44 - R45	0.195	351	135A-0600	1.29	2.37	1.59	2.89	OK
R45 - R46	0.195	350	135A-0600	1.30	2.37	1.59	2.89	OK
R46 - R47	0.195	351	135A-0600	1.29	2.37	1.59	2.89	OK
R47 - R48	0.311	439	135A-0600	0.99	2.44	1.39	2.53	OK
R48 - R49	0.311	453	135A-0600	0.83	2.29	1.27	2.32	OK
R49 - R50	0.311	453	135A-0600	0.83	2.28	1.27	2.32	OK
R50 - R51	0.352	475	135A-0600	0.83	2.36	1.27	2.32	OK
R51 - R52	0.352	475	135A-0600	0.83	2.36	1.28	2.32	OK
R52 - R54	0.352	475	135A-0600	0.83	2.36	1.28	2.32	OK
R54 - R55	0.352	475	135A-0600	0.83	2.36	1.27	2.32	OK
R55 - R56	0.447	520	135A-0600	0.83	2.49	1.27	2.32	OK
R56 - R57	0.475	530	135A-0600	0.84	2.54	1.28	2.33	OK
R57 - R58	0.475	466	135A-0600	1.69	3.32	1.82	3.30	OK
R58 - R59	0.475	502	135A-0600	1.13	2.84	1.48	2.70	OK
R59 - R60	0.517	557	135A-0600	0.77	2.49	1.23	2.23	OK
R60 - R61	0.517	487	135A-0600	1.56	3.28	1.75	3.18	OK
R61 - R62	0.517	487	135A-0600	1.56	3.28	1.75	3.18	OK
R62 - R63	0.517	549	135A-0600	0.83	2.57	1.28	2.32	OK
R63 - R64	0.517	579	135A-0600	0.63	2.27	1.10	2.01	OK
R64 - R65	0.517	624	135A-0800	0.42	2.01	1.10	2.00	OK
R65 - R66	0.528	530	135A-0800	1.04	2.83	1.73	3.14	OK

Tronçon	Q calculé (m³/s)	Diam. théo (mm)	Collecteur	Pente (%)	V calculée (m/s)	V Qps/10 (m/s)	V Ps (m/s)	Contrainte
R66 - R67	0.528	635	135A-0800	0.40	1.98	1.07	1.95	OK
R67 - R68	0.528	635	135A-0800	0.40	1.98	1.07	1.95	OK
R68 - R69	0.528	635	135A-0800	0.40	1.98	1.07	1.95	OK
R69 - R70	0.528	635	135A-0800	0.40	1.98	1.07	1.95	OK
R70 - R71	0.541	641	135A-0800	0.40	1.99	1.07	1.95	OK
R71 - R72	0.541	800	135A-0800	0.48	2.13	1.17	2.12	OK
R72 - R73	0.541	589	135A-0800	0.63	2.36	1.34	2.43	OK
R73 - R74	0.548	644	135A-0800	0.40	2.00	1.07	1.95	OK
R74 - R75	0.594	664	135A-0800	0.40	2.04	1.07	1.95	OK
R75 - R76	0.594	623	135A-0800	0.56	2.32	1.27	2.30	OK
R76 - R77	0.631	679	135A-0800	0.40	2.07	1.07	1.95	OK
R77 - R78	0.631	679	135A-0800	0.40	2.07	1.07	1.95	OK
R78 - R79	0.631	644	135A-0800	0.53	2.30	1.23	2.24	OK
R79 - R80	0.653	573	135A-0800	1.05	3.01	1.74	3.16	OK
R80 - R81	0.653	688	135A-0800	0.40	2.08	1.07	1.95	OK
R81 - R82	0.653	688	135A-0800	0.40	2.08	1.07	1.95	OK
R82 - R83	0.653	688	135A-0800	0.40	2.08	1.07	1.95	OK
R83 - R84	0.675	696	135A-0800	0.40	2.10	1.07	1.95	OK
R84 - R85	0.675	554	135A-0800	1.35	3.32	1.97	3.58	OK
R85 - R87	0.675	541	135A-0800	1.54	3.48	2.10	3.81	OK
R87 - R88	0.675	541	135A-0800	1.54	3.48	2.10	3.81	OK
R88 - R90	0.705	550	135A-0800	1.54	3.52	2.10	3.82	OK
R90 - R92	0.705	628	135A-0800	0.75	2.70	1.47	2.67	OK
R92 - R93	0.705	650	135A-0800	0.63	2.52	1.34	2.44	OK
R93 - R94	0.705	650	135A-0800	0.63	2.52	1.34	2.44	OK
R94 - R40	0.705	658	135A-0800	0.59	2.46	1.30	2.36	OK
R119 - R120	0.035	219	CR8-0400	0.40	1.07	0.73	1.33	OK
R120 - R122	0.035	219	CR8-0400	0.40	1.07	0.73	1.33	OK
R122 - R124	0.035	219	CR8-0400	0.40	1.07	0.73	1.33	OK
R124 - R125	0.071	236	CR8-0400	1.15	1.91	1.24	2.26	OK
R125 - R126	0.071	204	CR8-0400	2.48	2.52	1.83	3.32	OK
R126 - R127	0.071	205	CR8-0400	2.43	2.50	1.81	3.29	OK
R127 - R129	0.071	208	CR8-0400	2.28	2.45	1.75	3.18	OK
R129 - R74	0.071	288	CR8-0400	0.40	1.30	0.73	1.33	OK
R132 - R131	0.060	185	CR8-0400	3.00	2.57	2.01	3.65	OK
R131 - R130	0.060	191	CR8-0400	2.54	2.42	1.85	3.36	OK
R130 - R56	0.060	208	CR8-0400	1.64	2.07	1.48	2.70	OK
R140 - R139	0.073	200	CR8-0400	2.95	2.70	1.99	3.62	OK

Tronçon	Q calculé (m³/s)	Diam. théo (mm)	Collecteur	Pente (%)	V calculée (m/s)	V Qps/10 (m/s)	V Ps (m/s)	Contrainte
R139 - R137	0.073	199	CR8-0400	3.00	2.72	2.01	3.65	OK
R137 - R136	0.073	199	CR8-0400	3.00	2.72	2.01	3.65	OK
R136 - R135	0.099	225	CR8-0400	2.93	2.94	1.98	3.61	OK
R135 - R134	0.099	244	CR8-0400	1.86	2.50	1.58	2.88	OK
R134 - R133	0.099	271	CR8-0400	1.08	2.05	1.21	2.19	OK
R133 - R55	0.099	245	CR8-0400	1.85	2.49	1.58	2.87	OK
R145 - R144	0.067	219	CR8-0400	1.52	2.08	1.43	2.60	OK
R144 - R143	0.067	220	CR8-0400	1.48	2.06	1.41	2.56	OK
R143 - R142	0.067	219	CR8-0400	1.51	2.07	1.42	2.59	OK
R142 - R141	0.067	218	CR8-0400	1.55	2.09	1.44	2.62	OK
R141 - R47	0.067	231	CR8-0400	1.15	1.88	1.24	2.26	OK
R146 - R147	0.106	229	CR8-0400	3.00	3.02	2.01	3.65	OK
R147 - R148	0.106	229	CR8-0400	3.00	3.02	2.01	3.65	OK
R148 - R150	0.106	229	CR8-0400	3.00	3.02	2.01	3.65	OK
R150 - R33	0.106	229	CR8-0400	3.00	3.02	2.01	3.65	OK

ANNEXE XV : EAUX PLUVIALES – SECTIONS ET AUTOCURAGE
(COLLECTEUR C) :

Tronçon	Q calculé (m³/s)	Diam. théo (mm)	Collecteur	Pente (%)	V calculée (m/s)	V Qps/10 (m/s)	V Ps (m/s)	Contrainte
R151 - R152	0.126	244	CR8-0400	3.00	3.17	2.01	3.65	OK
R152 - R153	0.126	246	CR8-0400	3.00	3.17	2.01	3.65	OK
R153 - R154	0.126	246	CR8-0400	3.00	3.17	2.01	3.65	OK
R154- R156	0.157	289	CR8-0400	1.90	2.84	1.60	2.90	OK
R156 - R157	0.157	298	CR8-0400	1.60	2.67	1.47	2.67	OK

ANNEXE XVI : RESULTATS DE CALCUL DE FOSSEES TRAPEZOIDALES :

Ouvrage	PK	Pente	Qcap	Tc	I	Qev (m ³ /s)	yn (m)	Vreel (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Verification
TR 0.5	P0	0.032	1.21	5.00	159.85	0.002	0.05	0.57	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P1	0.032	3.05	5.06	158.65	0.007	0.07	0.77	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P2	0.023	2.58	5.14	157.27	0.016	0.10	0.83	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P3	0.023	2.58	5.22	155.91	0.027	0.13	0.95	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P4	0.023	2.58	5.29	154.59	0.041	0.147	1.05	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P5	0.023	2.58	5.37	153.29	0.056	0.164	1.13	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P6	0.023	2.58	5.44	152.03	0.069	0.178	1.20	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P7	0.023	2.58	5.52	150.79	0.084	0.191	1.25	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P8	0.027	2.80	5.59	149.67	0.098	0.197	1.38	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P9	0.027	2.80	5.66	148.58	0.110	0.205	1.43	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P10	0.027	2.80	5.73	147.50	0.118	0.211	1.45	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P11	0.027	2.80	5.80	146.45	0.121	0.213	1.46	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P12	0.027	2.80	5.87	145.41	0.122	0.213	1.46	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P13	0.027	2.80	5.94	144.40	0.122	0.214	1.46	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P14	0.027	2.80	6.01	143.40	0.122	0.214	1.46	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P15	0.027	2.80	6.08	142.42	0.122	0.213	1.46	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P16	0.050	3.81	6.13	141.72	0.121	0.190	1.84	0.50	4.00	OK

TR 0.5	P17	0.050	3.81	6.18	141.02	0.121	0.189	1.84	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P18	0.050	3.81	6.24	140.33	0.120	0.189	1.84	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P19	0.035	3.19	6.30	139.52	0.120	0.202	1.61	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P20	0.035	3.19	6.36	138.72	0.119	0.202	1.60	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P21	0.035	3.19	6.42	137.94	0.119	0.202	1.60	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P22	0.025	2.69	6.49	137.02	0.119	0.215	1.41	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P23	0.025	2.69	6.57	136.12	0.120	0.215	1.42	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P24	0.025	2.69	6.64	135.24	0.120	0.215	1.42	0.50	4.00	OK
EXUTOIRE Coll B											

Ouvrage	PK	Pente	Qcap (m3/s)	Tc	I	Qev (m3/s)	yn (m)	Vreel (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Verification
TN 0.5	P0	0.040	3.41	5.00	159.85	0.001	0.033	0.51	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P1	0.040	3.41	5.06	158.78	0.003	0.049	0.67	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P2	0.040	3.41	5.12	157.72	0.005	0.060	0.76	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P3	0.037	3.27	5.18	156.64	0.007	0.069	0.81	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P4	0.039	3.36	5.23	155.61	0.009	0.075	0.88	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P5	0.050	3.81	5.28	154.71	0.011	0.078	1.01	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P6	0.040	3.41	5.34	153.73	0.013	0.086	0.97	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P7	0.040	3.41	5.40	152.76	0.016	0.092	1.01	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P8	0.040	3.41	5.46	151.81	0.018	0.096	1.05	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P9	0.025	2.69	5.53	150.62	0.020	0.109	0.90	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P10	0.025	2.69	5.60	149.46	0.022	0.114	0.92	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P11	0.025	2.69	5.68	148.33	0.026	0.120	0.96	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P12	0.035	3.19	5.74	147.39	0.030	0.121	1.14	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P13	0.035	3.19	5.80	146.46	0.035	0.127	1.18	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P14	0.035	3.19	5.86	145.55	0.038	0.131	1.20	0.50	4.00	OK
EXUTOIRE Coll B											

Ouvrage	PK	Pente	Qcap (m3/s)	Tc (mn)	I (mm/h)	Qev (m3/s)	yn (m)	Vreel (m/s)	Vmin (m/s)	Vmax (m/s)	Verification
TR 0.5	P0	0.040	3.41	5.00	159.85	0.002	0.041	0.59	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P1	0.040	3.41	5.06	158.78	0.004	0.056	0.73	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P2	0.040	3.41	5.12	157.72	0.007	0.069	0.84	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P3	0.037	3.27	5.18	156.64	0.011	0.081	0.90	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P4	0.039	3.36	5.23	155.61	0.014	0.089	0.98	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P5	0.043	3.53	5.29	154.64	0.017	0.094	1.07	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P6	0.040	3.41	5.35	153.66	0.020	0.101	1.08	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P7	0.040	3.41	5.40	152.69	0.023	0.106	1.12	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P8	0.040	3.41	5.46	151.74	0.025	0.110	1.14	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P9	0.025	2.69	5.53	150.56	0.027	0.123	0.98	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P10	0.025	2.69	5.61	149.40	0.029	0.126	0.99	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P11	0.025	2.69	5.68	148.27	0.030	0.128	1.00	0.50	4.00	OK
TR 0.5	P12	0.035	3.19	5.74	147.33	0.030	0.121	1.14	0.50	4.00	OK

EXUTOIRE Coll A

ANNEXE XVII : METRE DES EAUX PLUVIALES- TERRASSEMENTS (COLLECTEUR A) :

Tronçon		Longueur de fouille	Largeur de fouille	Profondeur de la tranchée	Fouille (m³)	Lit de pose (m³)	Remblai primaire (m³)	Remblai secondaire (m³)
Amont	Aval							
R1	R2	60.89	1.40	1.89	149.76	8.52	38.32	98.62
R3	R4	50.39	1.50	1.69	119.85	7.56	39.02	66.95
R4	R5	55.05	1.50	1.82	141.51	8.26	42.62	83.71
R5	R6	60.55	1.50	1.96	168.41	9.08	46.89	104.83
R6	R7	59.08	1.50	2.10	177.17	8.86	45.75	115.14
R7	R8	60.02	1.82	2.35	246.27	16.42	76.45	128.68
R8	R9	32.07	1.82	2.46	138.12	8.77	40.85	75.29
R9	R10	60.37	1.82	2.65	280.07	16.52	76.90	161.80
R10	R11	60.18	1.82	2.79	295.23	16.47	76.65	177.34
R11	R12	60.45	1.82	2.80	299.00	16.54	77.00	180.57
R12	R13	50.45	1.82	2.50	222.69	13.80	64.26	123.86
R13	R14	50.11	1.82	2.17	190.66	13.71	63.83	92.49
R14	R15	50.48	1.82	1.95	170.57	13.81	64.30	71.67
R15	R16	50.22	1.82	1.87	162.49	13.74	63.96	64.12
R16	R17	50.13	1.82	1.87	162.21	13.72	63.85	64.00
R17	R18	46.67	1.82	1.87	151.01	12.77	59.44	59.59
R18	R19	50.00	1.82	1.87	161.79	13.68	63.68	63.84
R19	R20	50.00	1.82	1.87	161.79	13.68	63.68	63.84
R20	R21	49.00	1.82	1.93	162.61	13.41	62.41	66.63
R21	R22	52.00	1.82	2.27	205.75	14.23	66.23	103.88
R22	R23	53.37	1.82	2.18	202.78	14.60	67.98	98.23
R23	R24	54.49	1.82	2.25	212.89	14.91	69.40	106.14
R24	R2	50.06	2.16	2.28	234.33	16.22	100.01	81.86
R106	R107	38.32	2.00	3.78	308.75	7.59	40.72	255.63
R107	R108	37.91	3.20	2.62	161.80	6.18	32.29	118.57
R108	R1	13.60	1.50	1.64	29.86	2.04	10.53	15.58
R109	R110	21.15	1.50	2.23	67.40	3.17	16.38	45.19
R110	R111	31.27	1.50	2.09	93.35	4.69	24.21	60.52
R111	R112	31.51	1.50	1.94	87.19	4.73	24.40	54.10
R112	R113	31.81	1.50	1.78	80.41	4.77	24.63	47.01
R113	R22	38.73	1.50	2.03	112.30	5.81	29.99	71.63

ANNEXE XVIII : METRE DES EAUX PLUVIALES- TERRASSEMENTS (COLLECTEUR B) :

Tronçon		Longueur de fouille	Largeur de fouille	Profondeur de tranchée	Fouille (m ³)	Lit de pose (m ³)	Remblai primaire (m ³)	Remblai secondaire (m ³)
Amont	Aval							
R25	R26	57.28	1.82	2.29	239.03	15.67	72.95	126.83
R26	R27	56.39	1.82	2.33	239.96	15.43	71.83	129.49
R27	R28	31.60	1.82	2.35	135.55	8.65	40.25	73.64
R28	R29	27.87	1.82	2.36	120.21	7.63	35.50	65.60
R29	R30	50.00	1.82	2.38	217.14	13.68	63.68	119.19
R30	R31	50.00	1.82	2.41	219.08	13.68	63.68	121.13
R31	R32	50.00	1.82	2.42	221.03	13.68	63.68	123.08
R32	R33	50.00	1.82	2.45	223.62	13.68	63.68	125.68
R33	R34	33.94	1.82	2.63	162.85	9.28	43.22	96.37
R34	R35	52.61	1.82	2.80	268.71	14.39	67.01	165.65
R35	R36	60.52	1.82	2.79	308.54	16.56	77.09	189.98
R36	R37	50.95	1.82	2.76	256.71	13.94	64.90	156.90
R37	R38	51.81	1.82	2.79	264.13	14.18	65.99	162.63
R38	R39	49.97	1.82	2.80	255.55	13.67	63.65	157.66
R39	R40	22.26	1.82	2.79	113.48	6.09	28.35	69.87
R42	R43	70.33	1.82	2.56	327.70	19.24	89.58	189.92
R43	R44	50.48	1.82	2.50	229.77	13.81	64.30	130.88
R44	R45	49.95	1.82	2.49	227.03	13.67	63.62	129.19
R45	R46	22.19	1.82	2.49	100.87	6.07	28.27	57.40
R46	R47	9.56	1.82	2.49	43.43	2.61	12.17	24.72
R47	R48	50.44	1.82	2.47	226.90	13.80	64.25	128.09
R48	R49	49.73	1.82	2.49	226.06	13.61	63.35	128.63
R49	R50	50.03	1.82	2.49	227.40	13.69	63.72	129.40
R50	R51	50.23	1.82	2.49	228.31	13.74	63.98	129.91
R51	R52	31.49	1.82	2.49	143.11	8.61	40.10	81.43
R52	R54	28.45	1.82	2.49	129.31	7.78	36.23	73.58
R54	R55	33.39	1.82	2.49	151.78	9.14	42.53	86.37
R55	R56	48.97	1.82	2.49	222.61	13.40	62.38	126.67
R56	R57	43.39	1.82	2.49	197.43	11.87	55.27	112.42
R57	R58	50.25	1.82	2.64	242.15	13.75	64.00	143.72
R58	R59	50.21	1.82	2.60	238.31	13.74	63.96	139.95
R59	R60	100.55	1.82	2.29	210.44	13.77	64.11	111.83
R60	R61	50.20	1.82	2.09	191.55	13.73	63.94	93.21
R61	R62	50.12	1.82	2.09	191.25	13.71	63.84	93.06
R62	R63	43.12	1.82	2.01	158.02	11.80	54.92	73.56
R63	R64	44.26	1.82	2.15	173.72	12.11	56.37	87.02
R64	R65	50.20	2.16	2.46	266.74	16.26	100.29	113.85
R65	R66	50.56	2.16	2.88	314.37	16.38	101.01	160.38

R66	R67	50.97	2.36	3.05	366.67	16.68	103.24	209.85
R67	R68	50.08	2.36	3.74	442.05	17.73	112.67	275.40
R68	R69	50.36	2.36	4.66	554.37	17.83	113.30	386.78
R69	R70	18.84	2.36	5.26	233.88	6.67	42.39	171.18
R70	R71	32.42	2.36	5.35	409.03	11.48	72.94	301.16
R71	R72	51.39	2.36	5.28	639.87	18.19	115.61	468.87
R72	R73	50.92	2.36	5.24	629.30	18.03	114.56	459.86
R73	R74	30.91	2.36	5.53	403.29	11.36	73.05	296.51
R74	R75	60.97	2.36	4.95	712.72	21.58	137.17	509.84
R75	R76	60.13	2.36	4.57	647.91	21.28	135.27	447.83
R76	R77	60.57	2.36	4.12	588.63	21.44	136.26	387.09
R77	R78	60.05	2.36	3.30	467.11	20.41	128.00	275.23
R78	R79	60.96	4.32	1.34	353.58	19.75	121.78	167.93
R79	R80	60.36	2.16	2.26	294.54	19.56	120.59	110.70
R80	R81	60.83	2.16	2.37	312.00	19.71	121.52	126.75
R81	R82	60.56	2.16	2.58	337.76	19.62	120.99	153.31
R82	R83	40.59	2.16	2.76	242.07	13.15	81.10	118.44
R83	R84	49.91	2.16	2.85	307.11	16.17	99.71	155.10
R84	R85	49.51	2.16	2.85	305.03	16.04	98.92	154.23
R85	R87	50.48	2.16	2.81	306.72	16.36	100.85	152.97
R87	R88	22.02	2.16	2.81	133.76	7.13	43.98	66.71
R88	R90	47.68	2.16	2.79	286.96	15.45	95.25	141.75
R90	R92	52.65	2.16	2.71	308.01	17.06	105.19	147.65
R92	R93	39.12	2.16	2.81	237.72	12.68	78.16	118.56
R93	R94	38.31	2.16	2.81	232.74	12.41	76.53	116.08
R94	R40	27.68	2.16	2.81	168.04	8.97	55.31	83.73
R119	R120	27.26	3.70	1.98	199.34	5.35	28.66	161.91
R120	R122	22.38	2.00	4.41	197.26	4.48	24.04	165.93
R122	R124	19.89	2.00	4.69	186.71	3.98	21.37	158.86
R124	R125	31.83	2.00	4.78	304.59	6.37	34.20	260.03
R125	R126	20.28	2.00	4.73	191.97	4.06	21.79	163.57
R126	R127	38.47	2.00	4.74	364.48	7.69	41.33	310.62
R127	R129	20.32	2.00	4.75	192.81	4.06	21.83	164.37
R129	R74	29.82	2.00	4.91	292.53	5.96	32.03	250.78
R132	R131	27.94	3.20	1.18	105.87	4.44	23.13	74.79
R131	R130	38.26	1.50	2.03	116.47	5.74	29.63	76.30
R130	R56	17.07	1.50	2.20	56.35	2.56	13.22	38.42
R140	R139	43.77	1.50	2.15	141.17	6.57	33.89	95.22

R139	R137	48.33	1.50	2.07	150.24	7.25	37.42	99.50
R137	R136	22.57	1.50	2.08	70.45	3.39	17.48	46.75
R136	R135	41.74	1.50	2.09	130.65	6.26	32.32	86.82
R135	R134	32.96	1.50	2.01	99.55	4.94	25.52	64.94
R134	R133	57.67	1.50	2.09	180.49	8.65	44.65	119.94
R133	R55	19.11	1.50	2.22	63.61	2.87	14.80	43.54
R145	R144	21.17	1.50	2.39	75.79	3.18	16.39	53.56
R144	R143	13.83	1.50	2.39	49.55	2.07	10.71	35.02
R143	R142	33.62	1.50	2.39	120.52	5.04	26.04	85.22
R142	R141	48.51	1.50	2.39	174.04	7.28	37.56	123.10
R141	R47	17.09	1.50	2.23	57.20	2.56	13.23	39.26
R146	R147	50.52	2.00	6.57	664.00	10.58	57.12	589.96
R147	R148	49.56	2.00	4.38	434.68	9.91	53.25	365.29
R148	R150	29.88	1.70	3.01	153.03	5.16	27.23	116.88
R150	R33	22.82	1.50	2.16	73.77	3.42	17.67	49.81

ANNEXE XIX : METRE DES EAUX PLUVIALES- TERRASSEMENTS
(COLLECTEUR C) :

Tronçon		Longueur 2D	Largeur de fouille	Largeur de fouille	Fouille (m³)	Lit de pose (m³)	Remblai primaire (m³)	Remblai secondaire (m³)
Amont	Aval							
R151	R152	20.34	1.50		43.52	3.05	15.75	22.17
R152	R153	46.02	1.50		101.82	6.90	35.63	53.50
R153	R154	49.93	1.50		109.99	7.49	38.67	57.56
R154	R155	44.93	1.50		92.16	6.74	34.79	44.98
R155	R156	50.69	1.50		108.41	7.60	39.25	55.19
R156	R157	50.42	1.50		106.24	7.56	39.04	53.29

ANNEXE XX : METRE DES EAUX PLUVIALES- REGARDS (COLLECTEUR A) :

Nom	Regard	Profondeur max	Surplus en décimètre
R1	REG-1000	1.59	0.00
R2	REG-1000	2.18	0.00
R3	REG-1000	1.50	0.00
R4	REG-1000	1.64	0.00
R5	REG-1000	1.77	0.00
R6	REG-1000	1.92	0.00
R7	REG-1000	2.06	0.00
R8	REG-1000	2.21	0.00
R9	REG-1000	2.36	0.00
R10	REG-1000	2.50	0.00
R11	REG-1000	2.65	0.15
R12	REG-1000	2.49	0.00
R13	REG-1000	2.13	0.00
R14	REG-1000	1.82	0.00
R15	REG-1000	1.66	0.00
R16	REG-1000	1.66	0.00
R17	REG-1000	1.66	0.00
R18	REG-1000	1.66	0.00
R19	REG-1000	1.66	0.00
R20	REG-1000	1.66	0.00
R21	REG-1000	1.75	0.00
R22	REG-1000	1.96	0.00
R23	REG-1000	1.98	0.00
R24	REG-1000	2.08	0.00
R106	REG-1000	4.79	22.95
R107	REG-1000	3.29	7.95
R108	REG-1000	1.89	0.00
R109	REG-1000	2.18	0.00
R110	REG-1000	2.05	0.00
R111	REG-1000	1.90	0.00
R112	REG-1000	1.76	0.00
R113	REG-1000	1.59	0.00

ANNEXE XXI : METRE DES EAUX PLUVIALES- REGARDS (COLLECTEUR B) :

Nom	Regard	Profondeur max	Surplus en décimetre
R25	REG-1000	2.06	0.00
R26	REG-1000	2.21	0.00
R27	REG-1000	2.23	0.00
R28	REG-1000	2.25	0.00
R29	REG-1000	2.26	0.00
R30	REG-1000	2.28	0.00
R31	REG-1000	2.30	0.00
R32	REG-1000	2.32	0.00
R33	REG-1000	2.32	0.00
R34	REG-1000	2.77	2.70
R35	REG-1000	2.77	2.70
R36	REG-1000	2.77	2.70
R37	REG-1000	2.77	2.70
R38	REG-1000	2.77	2.70
R39	REG-1000	2.77	2.70
R40	REG-1000	2.80	3.00
R42	REG-1000	2.38	0.00
R43	REG-1000	2.38	0.00
R44	REG-1000	2.38	0.00
R45	REG-1000	2.38	0.00
R46	REG-1000	2.38	0.00
R47	REG-1000	2.38	0.00
R48	REG-1000	2.38	0.00
R49	REG-1000	2.38	0.00
R50	REG-1000	2.38	0.00
R51	REG-1000	2.38	0.00
R52	REG-1000	2.38	0.00
R54	REG-1000	2.38	0.00
R55	REG-1000	2.38	0.00
R56	REG-1000	2.38	0.00
R57	REG-1000	2.38	0.00
R58	REG-1000	2.60	0.00
R59	REG-1000	2.38	0.00
R60	REG-1000	1.98	0.00
R61	REG-1000	1.98	0.00
R62	REG-1000	1.98	0.00
R63	REG-1000	1.88	0.00
R64	REG-1000	2.20	0.00
R65	REG-1000	2.46	0.00
R66	REG-1000	3.04	5.04
R67	REG-1000	3.30	8.02
R68	REG-1000	4.05	15.52
R69	REG-1000	5.01	25.09

R70	REG-1000	5.22	27.21
R71	REG-1000	5.18	26.85
R72	REG-1000	5.11	26.08
R73	REG-1000	5.11	26.08
R74	REG-1000	5.04	25.42
R75	REG-1000	4.60	21.04
R76	REG-1000	4.27	17.68
R77	REG-1000	3.68	11.80
R78	REG-1000	2.91	4.08
R79	REG-1000	2.20	0.00
R80	REG-1000	2.20	0.00
R81	REG-1000	2.35	0.00
R82	REG-1000	2.56	0.59
R83	REG-1000	2.70	2.02
R84	REG-1000	2.74	2.35
R85	REG-1000	2.73	2.35
R87	REG-1000	2.73	2.35
R88	REG-1000	2.73	2.35
R90	REG-1000	2.73	2.35
R92	REG-1000	2.73	2.35
R93	REG-1000	2.73	2.35
R94	REG-1000	2.73	2.35
R119	REG-1000	3.29	7.87
R120	REG-1000	4.13	16.29
R122	REG-1000	4.57	20.67
R124	REG-1000	4.73	22.29
R125	REG-1000	4.73	22.29
R126	REG-1000	4.73	22.29
R127	REG-1000	4.73	22.29
R129	REG-1000	4.73	22.29
R132	REG-1000	2.73	2.29
R131	REG-1000	2.08	0.00
R130	REG-1000	2.08	0.00
R140	REG-1000	2.14	0.00
R139	REG-1000	2.14	0.00
R137	REG-1000	2.08	0.00
R136	REG-1000	2.08	0.00
R135	REG-1000	2.08	0.00
R134	REG-1000	2.08	0.00
R133	REG-1000	2.08	0.00
R145	REG-1000	2.38	0.00
R144	REG-1000	2.38	0.00
R143	REG-1000	2.38	0.00
R142	REG-1000	2.38	0.00
R141	REG-1000	2.38	0.00
R146	REG-1000	4.27	17.69
R147	REG-1000	4.27	17.67
R148	REG-1000	3.50	10.00
R150	REG-1000	2.39	0.00

**ANNEXE XXII : METRE DES EAUX PLUVIALES- REGARDS (COLLECTEUR
C) :**

Nom	Regard	Profondeur max	Surplus en décimetre
R151	REG-1000	1.37	0.00
R152	REG-1000	1.49	0.00
R153	REG-1000	1.46	0.00
R154	REG-1000	1.30	0.00
R155	REG-1000	1.36	0.00
R156	REG-1000	1.41	0.00
R157	REG-1000	1.40	0.00