



**ETUDE COMPARATIVE ENTRE DEUX VARIANTES DE CHAUSSEES,
DANS LE CADRE DU PROJET D'ASSAINISSEMENT ET
D'AMELIORATION DE LA MOBILITE DE LA RUE MAZADOU DJIKA-
DESCENTE MAIRIE, DANS LA VILLE DE MARADI AU NIGER.**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER

SPECIALITE GENIE CIVIL-BATIMENTS ET TRAVAUX PUBLICS

Présenté et soutenu publiquement le [22/07/2025] par

OMAR ADAMOU Abdourahamane 20211032

Encadrant 2iE : Césaire HEMA, Ingénieur Génie civil, PhD, enseignant-chercheur à 2iE

Maître de stage : Mamane Sani TINAO, Ingénieur Génie civil /Génie sanitaire, LAMCO ingénierie

Structure d'accueil : LAMCO ingénierie

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr Aly Ngoné NGOM

Membres et correcteurs : M.Moussa LO
M.Koffi KOKOLE

Promotion [2024/2025]

DEDICACE

A mes biens aimés, ma mère et mon père, à mes frères et sœurs, pour leurs amours et leurs soutiens ;

REMERCIEMENT

Mes remerciements vont à l'endroit de/du,

- L'ensemble du personnel de l'institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement 2IE, pour l'accompagnement tout au long de notre cursus mais aussi pour nous avoir offert un environnement propice à l'apprentissage et un cadre de vie multiculturel, favorisant l'intégration et le savoir-vivre ;
- Mon encadrant Césaire HEMA Ingénieur Génie civil, PhD, enseignant-chercheur à 2IE, pour sa disponibilité, ses orientations et remarques qui ont permis d'aboutir à ce document ;
- M. Moussa HAMISSOU directeur du bureau d'étude LAMCO ingénierie, pour nous avoir donné l'opportunité de faire notre stage de fin d'étude au sein sa structure ;
- Mon maître de stage M. Mamane Sani TINAO, Ingénieur Génie civil /Génie sanitaire, pour l'accueil, sa disponibilité, ses orientations et remarques qui ont contribuées à l'élaboration de ce document ;
- Personnel du bureau d'étude LAMCO ingénierie, pour leur accueil et leur aide.

RESUME

Ce projet a été réalisé dans le cadre du Programme Intégré de Développement Urbain et de la Résilience Multisectoriel (PIDUREM). L'objectif principal est d'apporter une solution aux problèmes d'inondations et d'érosion que subissent les riverains de la rue Mazadou Djika-Descente Mairie à Maradi /Niger, en Proposant une chaussée adaptée aux contraintes locales à partir de deux variantes, qui sera capable d'assurer à la fois la circulation des piétons et des véhicules, tout en garantissant le drainage des eaux de ruissellement vers l'exutoire.

Le projet en question a porté sur une étude comparative entre deux variantes de chaussées, qui s'est basé sur une approche méthodique afin d'atteindre les objectifs du projet. Cette approche inclut le dimensionnement structurel des chaussées, les études hydrologiques, hydrauliques topographiques, ainsi qu'une étude financière et une analyse multicritère. Ce qui a mené à proposer deux structures de chaussées différentes, dont une en enduit superficiel bicouche (variante 1) et l'autre en pavé de béton (variante 2), sur la base des guides (CEBTP, SETRA, CERIB). Puis cela a mené à une étude hydrologique et hydraulique qui ont permis d'établir un débit décennal de 15,40 m³/s, qui sera évacuer par des ouvrages d'assainissement, notamment des caniveaux de section 1,00×1,80 et 2,00×2,00 ainsi que d'une chaussée drainante de section 7,00×0,30. En suite cela a mené à la conceptions géométriques des deux variantes de chaussées, en tenant compte des contraintes liées à l'aspect fonctionnel des variantes vis-à-vis du drainage des eaux de ruissellements, conformément à la norme ICTAVRU U60. Suivi d'une étude financière qui a permis d'établir un coût de réalisation de trois milliard deux cent quarante million cinq cent huit mille six cent quatre-vingt-quatre francs CFA (3 240 508 684 Fcfa) toutes taxes comprise pour la variante 1 et Deux milliards huit cents quatre-vingt-huit million six cent quatre-vingt-onze mille huit cent deux francs CFA (2 888 691 802 Fcfa) toutes taxes comprises pour la variante 2.

En fin l'étude s'est appuyer sur une analyse multicritère qui a permis de faire un choix entre les deux variantes de chaussées, cela en se basant sur les critères, durabilité, Capacité de drainage, facilité d'entretien en œuvre, Confort et sécurité de circulation et coût de réalisation. Ainsi suite à l'analyse multicritère, il ressort que, la variante 1 est la plus judicieuse, tant du point de vue fonctionnel que financier.

Mots clés :

1. PIDUREM ;
2. Maradi ;

3. Mazadou-Djika ;
4. Erosion ;
5. Inondation.

ABSTRACTION

This project was carried out as part of the Integrated Urban Development and Multisectoral Resilience Programme (PIDUREM). Its primary aim was to address the recurring issues of flooding and erosion affecting residents along Mazadou Djika–Town Hall Slope Street in Maradi, Niger. The initiative proposed a road design tailored to local conditions, offering two structural options that would accommodate both pedestrian and vehicular traffic while ensuring effective drainage of surface water towards the designated outlet.

The project involved a comparative study of two road construction methods, guided by a systematic approach to meet its objectives. This included structural design, hydrological and hydraulic assessments, topographic surveys, financial analysis, and a multi-criteria evaluation. Based on technical guidelines from CEBTP, SETRA, and CERIB, two road types were proposed: one using a double-layer surface dressing (Option 1), and the other using concrete paving blocks (Option 2).

Hydrological and hydraulic studies determined a ten-year return flow rate of 15.40 m³/s, to be managed through drainage infrastructure such as channels measuring 1.00×1.80 m and 2.00×2.00 m, along with a permeable road section of 7.00×0.30 m. The geometric design of both road options was then developed, taking into account functional requirements for water runoff management, in line with ICTAVRU U60 standards.

A financial assessment estimated the total cost, including taxes, at CFA 3,240,508,684 for Option 1 and CFA 2,888,691,802 for Option 2. Finally, the study relied on a multi-criteria analysis to select between the two pavement options, based on criteria such as durability, drainage capacity, ease of maintenance, comfort and safety of traffic, and construction cost. The analysis concluded that variant 1 is the most appropriate choice, both functionally and financially.

Keywords:

1. PIDUREM;
2. Maradi;
3. Mazadou Djika;
4. Erosion;
5. Flooding.

SIGLES ET ABREVIATIONS

2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement ;

BA : Béton armé ;

BAEL : Béton Armé aux Etats Limites ;

B25 : Béton possédant une résistance caractéristique de 25 mégapascals à 28 jours ;

BV : Bassin versant ;

CAM : Coefficient d'agressivité moyen ;

CBR : California Bearing Ratio ;

CEBTP : Centre d'Expertise du Bâtiment et Travaux Publics ;

CERIB : Centre d'études et de recherches de l'industrie du béton ;

ELS : Etat Limite de Service ;

ES : Enduit superficiel ;

f_{C28} : Résistance caractéristique à la compression du béton à 28 jours ;

HA : Haute adhérence ;

IGNN : Institut Géographique National du Niger ;

IP : Indice de plasticité ;

LL : Limite de liquidité ;

LN2 : Loi log normale à deux variables ;

NE : Nombre d'essieu équivalent ;

OMM : Organisation Mondiale de la Météorologie ;

OPM : Optimum Proctor Modifié ;

P10 : Pluie décennale ;

PJMAX : Pluie journalière maximale ;

PL : Poids lourd ;

RN : Route nationale ;

SETRA : Service d'études techniques des routes et autoroutes ;

T2024 : Trafic à l'année 2024 ;

Table des matières

DEDICACE.....	ii
REMERCIEMENT	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACTION.....	vi
SIGLES ET ABREVIATIONS	vii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL ET DE LA ZONE D’ETUDE	2
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL :.....	2
II. PRÉSENTATION DE LA ZONE DU PROJET	4
2.1 Contexte et Justification.....	4
2.2 Diagnostic/ état des lieux :	4
2.3 Localisation de la zone d’étude :	4
2.4 Données de base :	7
2.4.1 Données géotechniques :	7
2.4.2 Données sur le trafic :	7
2.4.3 Données pluviométriques :	8
I Récolte des données :	9
1.1 Données topographiques :	9
1.2 Données hydrologiques :	9
II. Etude géotechnique et dimensionnement de chaussée :	9
2.1 Classification de la plateforme :	9
2.2 Etude du trafic :	11
2.3 Dimensionnement de la structure de chaussée :	12
III. Etude hydrologique et hydraulique :	14
3.1 Etude hydrologique :	14
3.1.1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants :	14
3.1.2 Caractérisation :	14
3.1.3 Ajustement de la série :	15
3.1.4 Détermination du débit de crue :	17
3.2 Dimensionnement hydraulique :	18
3.3 Dimensionnement structural des caniveaux :	19
IV. Conception géométrique et signalisations routière :	19
4.1 Conception géométrique.....	20
4.1.1 Tracé en plan :	20
4.1.2 Profil en long :	20

4.1.3 Profils en travers :	21
4.2 Signalisations :	21
4.2.1 Signalisations horizontales :	22
4.2.2 Signalisations verticales :	22
V. Notice d'impact environnemental et social/étude financière du projet :	22
5.1 Notice d'impact environnementale et social	22
5.2 Etude financière du projet :	22
CHAPITRE III : RESULTATS DES ETUDES TECHNIQUES	23
I. Etude géotechnique :	23
1.1 Essais sur la plateforme :	23
1.2 Essais sur les sites d'emprunt :	26
1.3 Etude du trafic :	26
1.4 Dimensionnement de la structure de chaussée :	27
1.4.1 Dimensionnement de la variante 1 :	27
1.4.3 Dimensionnement de la variante 2 :	29
II. ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE	32
2.1 Etude hydrologique :	32
2.1.1 Caractéristiques morphologiques du bassin versant :	32
2.1.2 Ajustement de la série :	35
2.1.3 Détermination du débit de crue :	40
2.2 Dimensionnement hydraulique :	42
2.2.1 Dimensionnement de la variante 1 :	42
2.2.2 Dimensionnement de la variante 2 :	42
2.3 Dimensionnement structural des caniveaux :	44
III. Conception géométrique et signalisations routières.....	45
3.1 Conception géométrique.....	45
3.1.1 Tracé en plan :	45
3.1.2 Profil en long :	45
3.1.3 Profil en travers	45
3.2 Signalisation :	47
3.2.1 Signalisations horizontales :	47
3.2.2 Signalisation verticale :	47
IV. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL, ET ETUDE FINANCIERE	48
4.1 Etude d'impact environnementale et sociale :	48
4.1.1 Identification des impacts du projet :	48
4.1.2 Mesure d'atténuation et de bonifications :	50

4.2 Etude Financière du projet :	50
V. ANALYSE MULTICRITERES.....	53
Variante 1 :	53
Variante 2 :	53
CONCLUSIONS :	56
BIBLIOGRAPHIE :	57
ANNEXE :	58

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1 : classe de plateforme du CEBTP (source : Guide du CEBTP)	10
Tableau 2 : classe de plateforme (source : Guide du CEBTP).....	11
Tableau 3 : classe de trafic (source : Guide du CEBTP).....	11
Tableau 4 : valeurs minimales des rayons de courbes (source : Norme ICTAVRU)	20
Tableau 5 : valeurs limites des pentes et des rampes (source : Norme ICTAVRU).....	21
Tableau 6 : valeurs minimales et normal des rayons en angle rentrant et saillant (source : Norme ICTAVRU).....	21
Tableau 7: résultat des essais sur la plateforme (source : laboratoire GEOTCH-BTP/Niger). 24	
Tableau 8: résultat des sites d'emprunt (source : laboratoire GEOTCH-BTP/Niger)	25
Tableau 9 : : nouvelle classe de plateforme des matériaux substitués	26
Tableau 10 : catalogue des structures de chaussée du CEBTP	27
Tableau 11 : module des matériaux de la structure de chaussée	28
Tableau 12 : vérification des valeurs admissibles de la variante 1	29
Tableau 13 : structure de chaussée de la variante 1	29
Tableau 14 : Choix de l'épaisseur de pavé (source : guide du CERIB).....	31
Tableau 15 : structure de chaussée de la variante 2.	31
Tableau 16 : caractéristique morphologique du bassin versant.....	34
Tableau 17 : pluies journalières maximales annuels (source : station météorologique de Maradi)	35
Tableau 18 : paramètres de caractérisation de la série	36
Tableau 19 : Pluies journalières maximales de période de retour 5 à 100 ans (LN2).....	37
Tableau 20 : Pluies journalières maximales de période de retour 5 à 100 ans (Gumbel méthode classique)	38
Tableau 21 : résultats récapitulatifs des PJMax sur les différents périodes retour 1991/2023	39
Tableau 22 : valeurs du coefficient de ruissellement	41
Tableau 23 : calcul de la section des caniveaux.....	43
Tableau 24 : sollicitation des caniveaux	44
Tableau 25 : ferrailage de caniveaux	44
Tableau 26 : panneaux de signalisations :.....	47
Tableau 27 : analyse des sources d'impacts.....	49
Tableau 28 : devis estimatif de la variante 1	51
Tableau 29 : devis estimatif de la variante 2	52

Tableau 30: Analyse multicritère	54
Tableau 31: Argumentaire de l'analyse multicritère	55

LISTE DES FIGURES :

Figure 1 : image après pluie	4
Figure 2 : image avant pluie	4
Figure 3 : Carte de la zone d'étude	5
Figure 4 : Image satellite du site	6
Figure 5: justification du trafic.....	8
Figure 6: Organigramme de dimensionnement des deux variantes de chaussées.....	9
Figure 7 : Abaque du Road Research Laboratory (source : Guide du CEBTP).....	13
Figure 8: Carte du bassin versant	33
Figure 9 : diagramme des pluies journalières maximales annuelle.....	35
Figure 10: Comparaison graphique des lois d'ajustements	40
Figure 11 : profil en travers chaussée en bicouche (variante 1).....	45
Figure 12 : profil en travers chaussée en pavés de béton en début de tronçon (variante 2).....	46
Figure 13 : profil en travers chaussée en pavés de béton en fin de tronçon (variante 2)	46
Figure 14 : modulations des signalisations longitudinales (source : INSTRUCTION INTERMINISTERIELLE SUR LA SIGNALISATION ROUTERE).....	47

INTRODUCTION GENERALE

L'aménagement des voiries urbaines est un pilier essentiel du développement socio-économique des villes, contribuant à l'amélioration de la mobilité et du cadre de vie des citoyens. Cependant, la gestion inadéquate de l'assainissement pluvial représente un risque majeur, notamment dans les zones à forte pente, pouvant entraîner inondations et effondrements de structures, avec des conséquences humaines et matérielles souvent dramatiques. Cette problématique souligne l'urgence des mesures préventives efficaces.

Au Niger, le Programme Intégré de Développement Urbain et de la Résilience Multisectoriel (PIDUREM), soutenu par la Banque Mondiale, a été mis en place pour adresser ces défis à travers divers projets. Dans ce cadre, une étude a été commanditée pour la rue Mazadou Djika-Descente Mairie dans la ville de Maradi, une zone particulièrement sujette au ravinement dû aux eaux pluviales. Le présent mémoire de fin de cycle de Master s'intitule « Etude comparative entre deux variantes de chaussées, dans le cadre du projet d'assainissement et d'amélioration de la mobilité de la rue Mazadou Djika- descente mairie, dans la ville de Maradi au Niger. »

L'objectif global de cette étude est d'aboutir à une proposition d'aménagement, à partir de deux variantes de chaussées, adapté au contexte de la zone, capable d'assurer la circulation (véhicules et piétons), tout en garantissant le drainage des eaux de ruissellement vers l'exutoire. Cela dans le but d'apporter une solution aux difficultés que rencontrent les riverains face aux inondations et à la dégradation de la rue.

Pour atteindre cet objectif, l'étude s'articulera autour des points suivants :

- Concevoir et dimensionner deux variantes de chaussées ;
- Réaliser une étude hydrologique et hydraulique ainsi que le dimensionnement structurel des ouvrages d'assainissements ;
- Elaborer une notice d'impact environnementale ;
- Etablir un devis estimatif du projet ;
- Réaliser une analyse multicritère.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL :

LAMCO Ingénierie est un bureau d'études créé en mars 1991, conformément au droit nigérien en matière de Génie Civil. Il jouit de l'autorisation administrative N°112 du Ministère chargé de l'Equipement et des Infrastructures ; du Ministère de l'Eau, de l'Environnement et de la lutte contre la Désertification. Le bureau a effectué plusieurs réalisations dans le domaine du génie civil, bâtiment, hydraulique et assainissement. Il a acquis une grande expérience dans le domaine des travaux routiers urbains et interurbains avec notamment la réalisation d'études socioéconomiques, environnementales, études techniques d'exécution et les prestations de surveillance et contrôle de plus de 2000 Km de routes au Niger et dans la sous-région, dans le domaine de l'assainissement urbain avec plusieurs projets entièrement conçus et exécutés dans plusieurs villes ; village, hameaux et campements du Niger, seul ou en collaboration avec des bureaux d'études partenaires . En effet, depuis le lancement officiel de ses activités, LAMCO Ingénierie s'est résolument engagé aux côtés de l'Etat et de ses partenaires au développement, en vue d'apporter sa contribution à l'effort de développement du Niger et de la sous-région. Cette option qui singularise ce bureau d'études, tire sa substance de la passion qui anime ses initiateurs, pour le développement et le bien-être des populations.

LAMCO ingénierie possède une expertise dans plusieurs domaines dont notamment :

1.1 Les infrastructures de transports (routes et ouvrages d'art) :

Dans le domaine routier LAMCO Ingénierie, intervient aussi bien dans la construction des voies nouvelles que dans la réhabilitation et l'entretien des réseaux routiers. Il intéresse particulièrement aux Etudes techniques, études géotechniques, études des chaussées, études des signalisations et d'équipement ; études hydrologiques et d'assainissement, l'élaboration de dossiers d'appel d'Offres (DAO) et du contrôle des travaux.

1.2 Le Bâtiment :

Il a également une expertise dans le calcul des structures, mais aussi, le contrôle de la qualité des matériaux. Avec une expérience avérée dans ce domaine précis du Génie Civil, LAMCO Ingénierie est sollicité pour la réalisation de nombreux projets de construction d'établissements scolaires, immeubles de bureaux ; complexes immobiliers ; établissements publics et privés ;

logements etc. qu'il assure seules ou en collaboration avec des partenaires, l'ingénierie complète de la construction.

1.3 L'hydraulique :

LAMCO Ingénierie, s'intéresse aussi à tous les volets de ce secteur, notamment, l'hydraulique agricole, villageoise et pastorale, les barrages et retenues d'eau ; alimentation en eau potable des villes, des villages, hameaux et campements. Leurs interventions couvrent les études géophysiques, l'évaluation socioéconomique dans le domaine de l'hydraulique, les études des Adductions d'Eau Potable (AEP) ; la formulation des projets ; l'élaboration des dossiers d'appel d'offres ; le contrôle des travaux.

II. PRÉSENTATION DE LA ZONE DU PROJET

2.1 Contexte et Justification

Depuis un certain nombre d'années, certaines ruelles de la ville de Maradi subissent un phénomène de ravinement, dû surtout aux écoulements des eaux pluviales. Ce phénomène qui ne fait que s'accroître au fil des années, met sérieusement en danger la population riveraine de ces zones. La saison pluvieuse de l'année 2024, a montré à quel point cette population était vulnérable face aux fortes précipitations. Les pluies enregistrées ont causé plusieurs effondrements de maison et des pertes en vie humaine, aggravant ainsi l'état de la zone concernée. Cela fait ressortir la nécessité d'intervenir pour stopper cette dégradation.

2.2 Diagnostic/ état des lieux :

Au fil des années, la rue a subi plusieurs ruissellements qui tendent à la rendre impraticable. Lors des visites terrain le constat était de voir un ravinement sur la partie aval de la ruelle située vers l'exutoire (voir Figure 1 et Figure 2). La cause principale de ce ravinement demeure le ruissellement des eaux.



Figure 2 : image avant pluie



Figure 1 : image après pluie

2.3 Localisation de la zone d'étude :

La rue en question est située au Nord de l'aéroport de Maradi au quartier Zaria, elle débute à partir du mur de l'aéroport et passe devant la mairie de l'arrondissement IV de la ville et prend fin sur la RN1 menant vers Zinder (voir Figure 3 et Figure 4). Elle est longue d'environ 2,5 km.

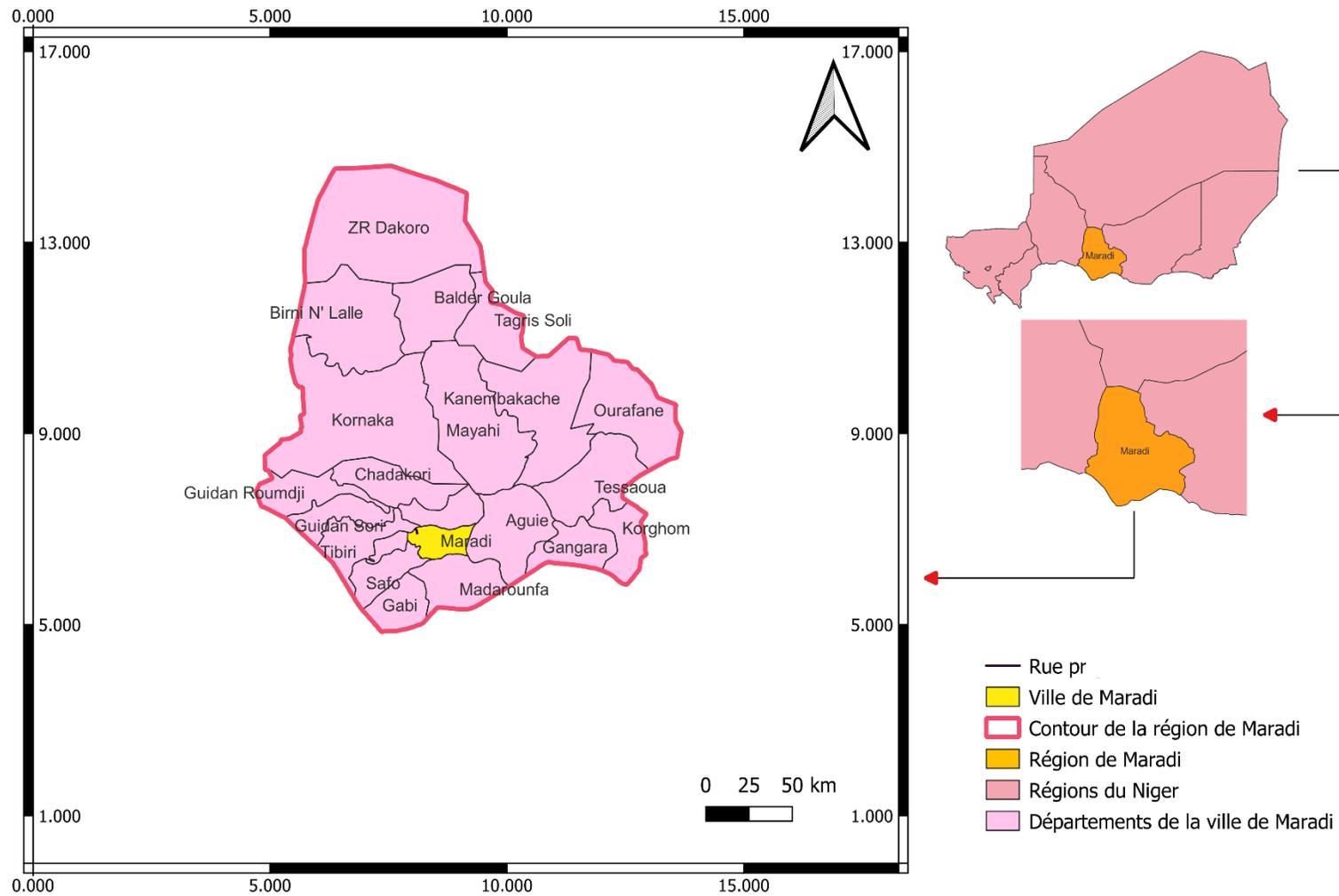


Figure 3 : Carte de la zone d'étude

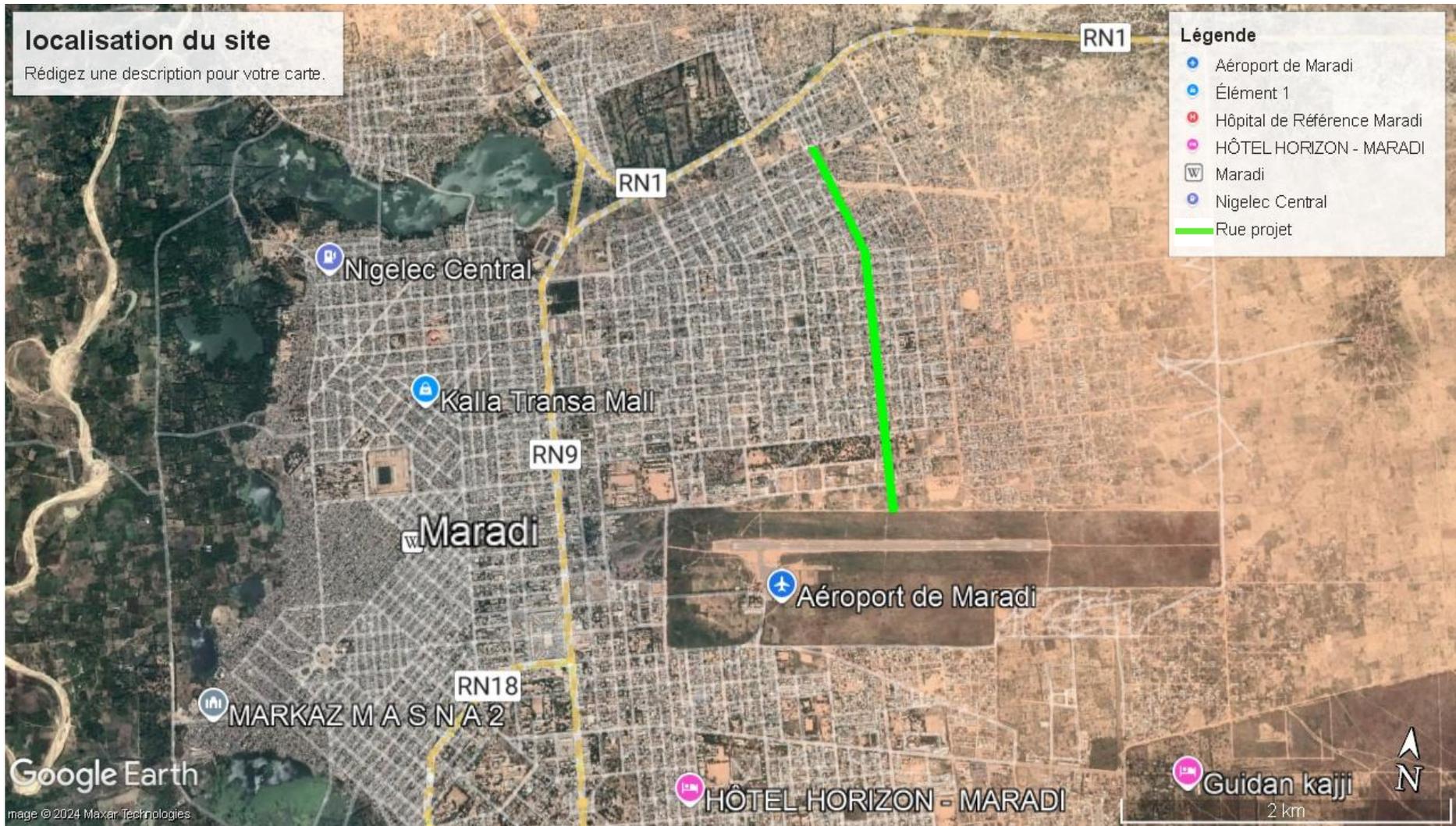


Figure 4 : Image satellite du site

2.4 Données de base :

2.4.1 Données géotechniques :

Elle représente une partie importante dans la réalisation d'un projet routier. C'est à travers les résultats des essais géotechniques, que découle la détermination de la structure de chaussée ainsi que la localisation des sites d'emprunt, qui seront utilisés dans la réalisation du projet. Cela a consisté à récolter les échantillons de sol, au niveau des différents sites en relation avec le projet qui a mené à une reconnaissance de la plateforme et à la recherche des sites d'emprunts.

a. Reconnaissance de la plateforme :

La reconnaissance du sol de plateforme est indispensable pour la réalisation d'un projet routier, car elle donne des informations sur les propriétés du sol support de la future chaussée. Cela afin de définir une structure de chaussée adaptée pour la stabilité et la pérennité de la voie. Cette reconnaissance permet entre autres d'identifier la nature du sol de plateforme et sa portance à travers un certain nombre d'essais (voir Tableau 7).

b. Recherche des sites d'emprunt :

Dans le cadre de la recherche de site d'emprunt, trois carrières initialement connues de la ville ont été prospectées par le laboratoire GEOTCH-BTP/Niger, afin d'identifier celle qui pourra répondre aux caractéristiques des matériaux qui seront utilisés pour la réalisation de l'assise de la chaussée. Pour ce faire, plusieurs essais ont été menés sur des échantillons prélevés sur les différents sites d'emprunt (voir Tableau 8).

2.4.2 Données sur le trafic :

A ce niveau étant donné qu'il n'y a pas eu d'étude de trafic, nous sommes partis sur une hypothèse de 20 Pl/j en nous basant sur les observations que nous avons eu à faire lors de nos visites terrain. En effet le constat était de voir que la voie avait un faible trafic, constitué de véhicules légers, de tricycles et de motos, le trafic de poids lourds étant pratiquement nul. Cette hypothèse se justifie d'autant plus que la voie en question n'est réalisée que pour stabiliser le sol de la rue et permettre un trafic léger.

Ainsi nous pouvons sur la base de cette image terrains ci-dessous, apprécier le trafic sur la rue.



Figure 5: justification du trafic

2.4.3 Données pluviométriques :

Les données pluviométriques recueillies par la station de météorologie de la ville de Maradi sur une période de trente-trois ans.

CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE CONCEPTION

I Récolte des données :

1.1 Données topographiques :

Cette campagne a été réalisée conformément aux prescriptions établies par les termes de références du projet, à savoir la réalisation des levés topo avec des coordonnées rattachées aux bornes de l'IGNN. La méthodologie établie a été de réaliser :

- Des levés avec des profils de 25 m sur tout le linéaire de la voie ;
- Deux profils de 25 m, au niveau de chaque intersection pour la matérialisation des amorces.

1.2 Données hydrologiques :

La récolte des données hydrologiques a été dans un premier temps, de recueillir les données pluviométriques auprès du service météorologique de la ville de Maradi. Puis par la suite, déterminer les caractéristiques morphologiques du bassin versant de la rue projet, par le biais du logiciel Global Mapper.

II. Etude géotechnique et dimensionnement de chaussée :

Il s'agira à ce niveau de classer le sol de plateforme, présenter les résultats de la recherche des sites d'emprunt et par la suite dimensionner la structure de chaussée des deux variantes de notre rue projet. Tout en suivant la procédure ci-dessous :

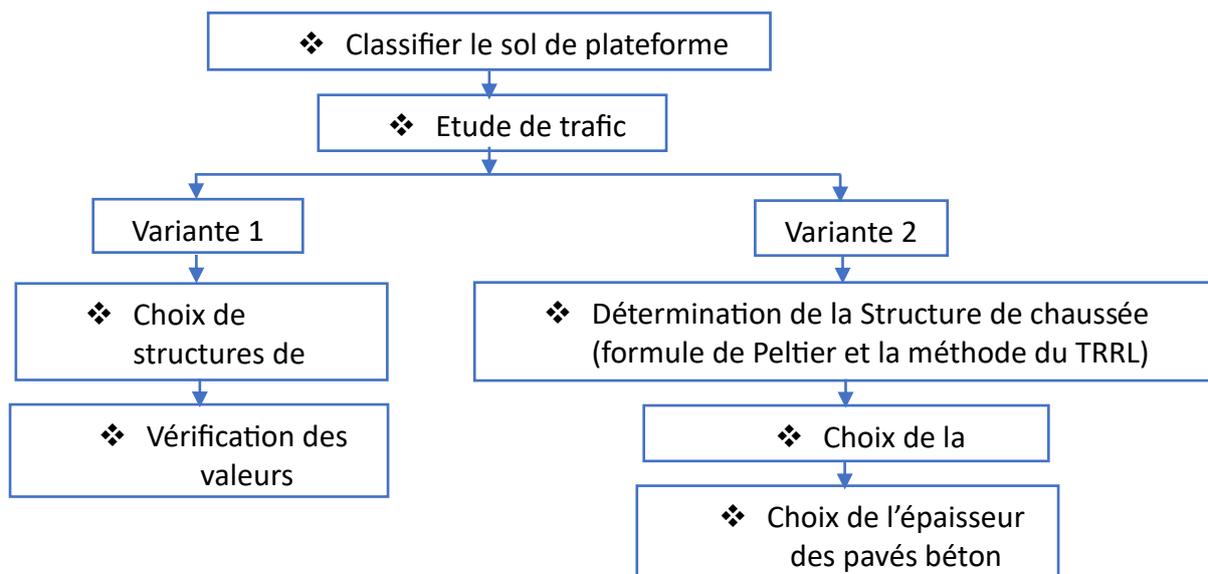


Figure 6: Organigramme de dimensionnement des deux variantes de chaussées

2.1 Classification de la plateforme :

Il s'agira de classer la plateforme de notre rue projet selon les classes définies par le CEBTP et le SETRA, qui sont des paramètres, qui nous permettront de dimensionner notre structure de chaussée selon la méthode empirique du CEBTP et celle dite rationnelle du SETRA[1].

La plateforme étant le support de la chaussée, sa portance a une influence sur l'épaisseur et le comportement de la chaussée. Elle doit en phase réalisation permettre la circulation des engins de chantier et en phase exploitation elle doit posséder une portance adéquate pour assurer le bon fonctionnement de la chaussée[2].

- **Classification selon le CEBTP :**

A partir des résultats de portance obtenus suite aux essais CBR, nous pouvons selon le CEBTP classer les sols de plateforme (voir Tableau 1 : classe de plateforme du CEBTP)[1].

Tableau 1 : classe de plateforme du CEBTP (source : Guide du CEBTP)

Classe	Indice portant
S1	$CBR < 5$
S2	$5 < CBR < 10$
S3	$10 < CBR < 15$
S4	$15 < CBR < 30$
S5	$CBR > 30$

- **Classification selon le SETRA :**

Grâce à la relation qui existe entre le CBR et le module de Young des matériaux granulaire, établis par le guide de dimensionnement du CEBTP, nous pouvons déterminer le module à partir des relations suivantes[1]:

$E = 5 \text{ CBR}$ pour les matériaux à gros éléments;

$E = 3 \text{ CBR}$ pour les matériaux à fraction fine.

Le module ainsi obtenu, nous permettra de classer notre sol de plateforme selon le GTR (voir Tableau 2 : classe de plateforme)[2].

Tableau 2 : classe de plateforme (source : Guide du CEBTP)

Classe de plateforme	PF1	PF2	PF3	PF4
Module (Mpa)	20	50	120	200

2.2 Etude du trafic :

Cette étude permet d'estimer le nombre de poids lourds qui empruntent la voie, sur sa durée de vie. C'est un paramètre indispensable pour le dimensionnement d'une structure de chaussée. Dans cette partie il s'agira pour nous de déterminer le nombre d'essieux équivalent, en nous basant sur ces hypothèses de calcul.

Hypothèses de calcul :

- ✓ Durée de vie (n) : 15 ans ;
- ✓ Trafic moyen journalier en 2024 : 20 Pl/j ;
- ✓ Taux d'accroissement géométrique annuelle (i) : 4%

Formules du trafic cumulé des poids lourds sur :

- Croissance exponentielle :

$$N = 365 \times T_{2024} \frac{((1+i)^n - 1)}{i} \quad (1)$$

Formule du nombre d'essieu équivalent :

$$NE = N \times CAM$$

Tableau 3 : classe de trafic (source : Guide du CEBTP)

Classe de trafic	Nombre d'essieu équivalent
T1	$NE < 5.10^5$
T2	$5.10^5 < NE < 1,5.10^6$
T3	$1,5.10^5 < NE < 4.10^6$
T4	$4.10^6 < NE < 10^7$
T5	$10^7 < NE < 2.10^7$

2.3 Dimensionnement de la structure de chaussée :

Dans le but de répondre aux objectifs du projet, nous avons proposé deux variantes de chaussée, à savoir une, avec une couche de roulement en matériau bitumineux et une autre en pavé de béton. Le dimensionnement des deux variantes s'est fait sur la base des paramètres indiqués par le guide pratique de dimensionnement des chaussées dans les pays tropicaux. Cependant l'épaisseur du revêtement en pavé de béton a été déterminée à travers « le guide de conception des ouvrages réalisés à partir de pavé, dalles, bordures et caniveaux préfabriquées » du CERIB (voir Tableau 14 : Choix de l'épaisseur de pavé).

2.3.1 Dimensionnement de la variante 1 :

Cette variante a été dimensionnée selon la méthode du CEBTP dite empirique, qui nous a permis dans un premier temps de faire le prédimensionnement de notre chaussée à partir de la classe de plateforme et du trafic de notre rue projet. Ce prédimensionnement ainsi réalisé a été par la suite vérifié à partir du logiciel Alizé, qui se base sur le dimensionnement du LCPC dite « méthode rationnelle ».

2.3.2 Dimensionnement de la variante 2 :

Le dimensionnement de la chaussée en pavés de béton s'est fait, dans un premier temps par l'utilisation de la formule de Peltier et dans un second temps par la méthode de Transport and Road Research Laboratory (TRRL). Cela pour déterminer l'épaisseur de la couche d'assise de notre chaussée. Par la suite nous avons considéré la structure ayant l'épaisseur, la plus importante parmi les deux méthodes. Enfin par l'application du guide de dimensionnement des chaussées en pavé du CERIB nous avons déterminé l'épaisseur des pavés de béton.

Ainsi nous avons ci-dessous :

- La formule de Peltier

$$e = \frac{100 + \sqrt{P} \left(75 + 10 \log \frac{N}{10} \right)}{I + 5} \quad (2)$$

N : nombre moyen de poids lourd passant par jour ;

P : charge par roue de 6,5t (essieu 13t) ;

I : indice CBR du sol support.

- Méthode de Transport and Road Research Laboratory (TRLL)

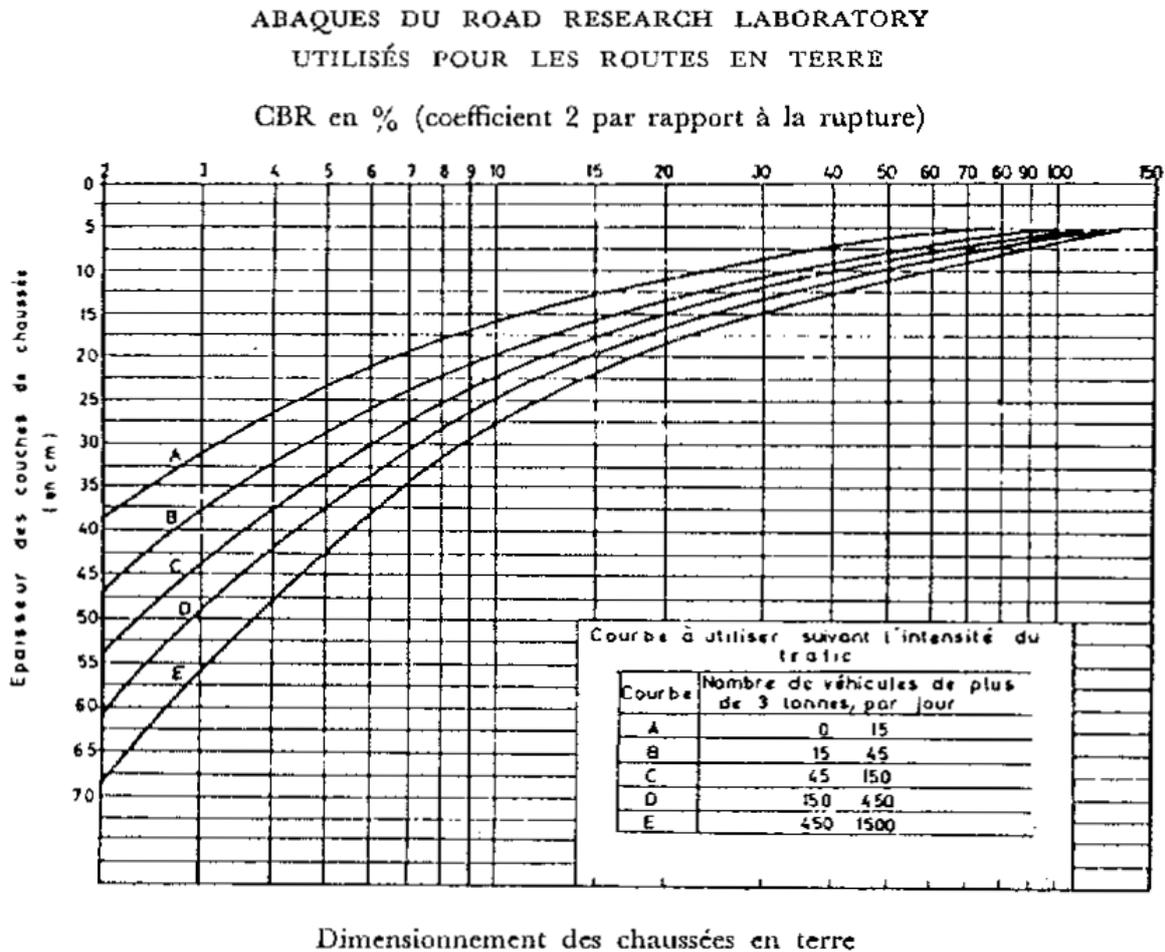


Figure 7 : Abaque du Road Research Laboratory (source : Guide du CEBTP)

2.3.3 Vérification de la structure de chaussées par la méthode rationnelle

Selon la méthode rationnelle, les matériaux utilisés pour les couches d'assise doivent satisfaire à un niveau d'acceptabilité en termes de contraintes et de déformations. En d'autres termes, les contraintes et les déformations, engendrées sous la charge des essieux au niveau de ces couches d'assises, doivent être inférieures à la contrainte et à la déformation admissible.

❖ Déformation verticale ϵ_z admissible :

Pour que la structure de chaussée soit vérifiée vis-à-vis des sollicitations, sa déformation verticale doit être inférieure à ϵ_{zadm} . Nous disposons ainsi de ces formules pour calculer la valeur de la déformation admissible[2].

- Déformation admissible des matériaux granulaire non liés

$$\varepsilon_{Zadm} = 12000 * (NE)^{-0,222} \quad (3), \text{ utilisée pour des trafics forts } (T \geq T3)$$

$$\varepsilon_{Zadm} = 16000 * (NE)^{-0,222} \quad (4), \text{ utilisée pour des trafics faibles } (T < T3)$$

❖ **Contrainte verticale σ_z admissible :**

La contrainte de compression admissible est déterminée à partir d'une formule semi-empirique, celle de Kerkhoven et Dormon[1].

$$\sigma_{Zadm} = \frac{0,3*CBR}{1+0,7 \log N} \quad (5)$$

III. Etude hydrologique et hydraulique :

3.1 Etude hydrologique :

Cette partie a consisté à déterminer la pluie décennale, à délimiter et analyser les caractéristiques physiologiques des bassins versants, à calculer le débit de crue, et à réaliser le dimensionnement hydraulique des ouvrages d'assainissement.

3.1.1 Caractéristiques morphologiques des bassins versants :

Elles sont propres à chaque bassin versant, ce sont des éléments qui donnent des informations sur la forme et les dimensions d'un bassin versant considéré, et sont indispensables pour la détermination du débit d'un bassin versant.

Il s'agira pour nous de déterminer les caractéristiques morphologiques suivantes, à savoir :

- La surface S ;
- Le périmètre P ;
- La longueur du rectangle équivalent $Lr = \frac{p+\sqrt{p^2-16S}}{4}$;
- Le dénivelé Δ_z , entre les deux points les plus éloignés du bassin versant ;
- La pente moyenne $i_m = \Delta_z / L_r$;
- La longueur du cours d'eau principal L ;

3.1.2 Caractérisation :

Pour mener à bien l'analyse, nous avons procédé dans un premier temps, à la caractérisation de notre échantillon en déterminant les valeurs moyennes (arithmétique et logarithmique) et l'écart type (arithmétique) de l'échantillon et celle de la population[4].

- Moyenne logarithmique $\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln x_i$;
- Moyenne arithmétique $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$;
- Ecart type $S_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})$.

3.1.3 Ajustement de la série :

Des ajustements statistiques ont été opérés sur les séries des pluies maximales journalières à travers le logiciel HyrfranePlus. Cela afin de justifier le choix de la loi d'ajustement à adoptée, parmi nos trois lois ci-dessous, pour le calcul de la pluie journalière décennale.

a) Loi log normale à deux variables :

La loi log-normale est la loi de la variable aléatoire X dont le logarithme suit une loi normale. L'équation du quantile X_q de la loi log-normale à deux paramètres (LN2) est la suivante :

$$X_q = \exp(a + b Z_q) \quad (6)$$

Ou, a et b sont les deux paramètres de la loi ;

Z_q est la variable normale centrée réduite ;

Comme on considère les logarithmes de la variable aléatoire X, alors l'équation (6) du quantile X_q s'écrit :

$$\ln X_q = a + b Z_q \quad (7)$$

Les valeurs des deux paramètres, a et b, s'obtiennent par les relations ci-dessous par la méthode du maximum de vraisemblance :

$$a = \bar{y}$$

$$b = S_y$$

Avec, $y = \ln x$, on a alors :

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln x_i \quad (8), \text{ (moyenne de l'échantillon des logarithmes des } x_i \text{) ;}$$

$$b = S_y, \text{ (écart-type de l'échantillon des } y_i \text{).}$$

b) Loi de Gumbel :

La loi de distribution des plus grandes valeurs (ou loi des valeurs extrêmes) est donnée par la relation[5]:

$$F(X) = e^{-e^{-a(X-b)}} \quad (9)$$

L'équation de quantile X_q s'écrit :

$$X_q = b + \frac{u_q}{a} \quad (10)$$

Où $u_q = -\ln [-\ln (F(X_q))]$ est la variable standardisée de Gumbel ; a et b se déterminent par les deux relations suivantes :

$$a = \frac{\pi}{\sqrt{6}} * \frac{1}{\hat{\sigma}} = \frac{\pi}{\sqrt{6}} * \sqrt{\frac{N-1}{N}} * \frac{1}{S} \quad (11)$$

$$b = \hat{\mu} - \frac{0,5772}{a} \quad (12)$$

Avec,

S : écart type de l'échantillon ;

N : effectif de l'échantillon ;

$\hat{\sigma}$: écart type estimé de la population ;

$\hat{\mu}$: moyenne estimée de la population ;

0,5772 : constante d'Euler.

Les deux expressions ci-dessus peuvent s'écrire sous les formes

$a = 1,2825 * \frac{1}{\hat{\sigma}}$ et $b = \bar{X} - \frac{0,5772}{a}$, en considérant la moyenne $\hat{\mu}$ de la population égale à celle \bar{X} de l'échantillon.

c) Loi de Gumbel OMM :

La méthode, préconisée par l'organisation météorologique mondial (OMM), consiste en une correction du biais sur les caractéristiques estimées ($\hat{\mu}$ et $\hat{\sigma}$) de la population dont est tiré l'échantillon étudié. Les paramètres a et b de la loi sont évalués à l'aide des expressions suivantes[5] :

$$\hat{a} = S_U(N) * \frac{1}{S_X} \quad (13) \text{ et } b = \bar{X} - \frac{\bar{U}(N)}{\hat{a}} \quad (14)$$

Où,

N : effectif de l'échantillon ;

S_x : écart-type de l'échantillon ;

$\bar{U}(N)$: moyenne d'un échantillon de taille N tiré d'une population standardisée de Gumbel ;

$S_U(N)$: écart type d'un échantillon de taille N tiré d'une population standardisée de Gumbel.

Les valeurs de $\bar{U}(N)$ et de $S_U(N)$ sont tabulées pour N variant de 10 à 100 ; au-delà de N=100, $\bar{U}(N) = 0,5772$ (constante d'Euler) et $S_U(N) = \frac{\pi}{\sqrt{6}} = 1,2825$.

3.1.4 Détermination du débit de crue :

Le débit de crue sera déterminé selon la méthode rationnelle étant donné que nous disposons d'un bassin versant d'une superficie inférieure à 4 Km². Pour ce faire nous disposons de la formule suivante :

$$Q = 0,278 CIA \quad (15)$$

Où, Q : débit maximum décennal (m³/s)

C : coefficient de ruissellement

I : intensité pluviométrique horaire décennal (mm/h)

A : superficie du bassin versant (km²)

- Le coefficient de ruissellement C

Ce coefficient représente la quantité d'eau qui arrive à l'exutoire d'un bassin versant par rapport à la quantité d'eau précitée. Il est fonction de la surface et de la pente du terrain.

- L'intensité de pluie I :

Il désigne la hauteur d'eau tombée pendant le temps de concentration. Etant donné que, le débit maximum de crue à l'exutoire d'un bassin versant est observé au moment où la durée de l'averse atteint le temps de concentration T_c du bassin versant. Nous pouvons par conséquent écrire, la formule intensité horaire décennal, comme suit :

$$I = a \times T_c^{-b} = \frac{P_{JMax10}}{T_c} \quad (16)$$

Avec :

$$T_c = \frac{1}{52} \times \frac{L^{0,77}}{i_m^{0,385}} \quad (17)$$

$$i_m = \frac{\Delta_z}{L_r} \quad (18)$$

Où, L : longueur du cours d'eau principal (m) ;

t_c : Temps de concentration en minutes (mn) ;

i_m : pente moyenne du bassin versant en m/m ;

Δ_z : dénivelée entre Zmax et Zmin (m) ;

L_r : Longueur du rectangle équivalent ;

3.2 Dimensionnement hydraulique :

Le dimensionnement hydraulique a pour but de déterminer la section des ouvrages hydrauliques, destinés à évacuer le débit de cru, ceux dans des bonnes conditions d'écoulement.

Pour ce faire nous disposons de la formule de Manning Strickler[6]:

$$Q = S \times k \times R^{2/3} \times I^{1/2} \quad (19)$$

Ou, S : surface du bassin versant ;

K : coefficient de ruissellement du caniveau ;

R : le rayon hydraulique ;

I : la pente du caniveau.

❖ Paramètre critiques

- Hauteur critique (m) : $h_c = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{Q}{B}\right)^2}$ (20) ;

- Le rayon hydraulique critique (m) : $R_{hc} = \frac{S_c}{P_c} = \frac{B \cdot h_c}{B + 2h_c}$ (21) ;

- La vitesse critique (m/s) : $V_c = \frac{Q}{B \cdot h_c}$ (17) ;

- La pente critique : $I_c = \left(\frac{V_c}{K_s \cdot R_{hc}^{2/3}}\right)^2$ (22).

La méthodologie étant de déterminer les paramètres critiques, puis déduire la vitesse 'V' d'écoulement du caniveau tel que $V < V_c$. Une fois la vitesse déduite, les paramètres sont recalculés, pour déterminer la hauteur h et la pente i du caniveau. Enfin une comparaison est

faite entre le débit calculé (à partir des paramètres) et le débit projet, à travers un calcul itératif tel que $Q \geq Q_{10}$.

3.3 Dimensionnement structural des caniveaux :

3.3.1 Prédimensionnement des caniveaux :

Nous disposerons des caniveaux de section rectangulaire, composés d'une dalle, de deux piédroits et d'un radier. Les épaisseurs de ces parties seront déterminées par la formule

$e = \frac{\max(b,h)}{15}$ (23); b et h sont respectivement la base et la hauteur (portée) des différentes parties[7].

3.3.2 Hypothèse et normes de calcul :

Notre ouvrage étant au contact d'un milieu humide, la fissuration de la section du béton est préjudiciable, il sera donc dimensionné à l'ELS[8]. Les parties dalle et radier seront dimensionnées en flexion simple et les piédroits en flexion composée.

- Norme de dimensionnement :
 - BAEL 91 révisé 99 ;
 - Fascicule 61 Titre II.
- Caractéristique mécanique des matériaux :

Matériau béton :

- Poids volumique du béton : $\gamma_{\text{béton}} = 25 \text{ kN/m}^3$
- Résistance caractéristique à la compression du béton : $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$

Matériau acier :

- Acier de haute adhérence HA FeE400

Sol :

- Poids volumique du sol : $\gamma_{\text{sol}} = 20 \text{ kN/m}^3$
- Coefficient de poussée des terres : $K_a = 0,33$

➤ Charges :

- Charges permanentes : poids propre de l'ouvrage ;
- Charge d'exploitation : roue isolée du système $Br = 100 \text{ kN}$ [9].

IV. Conception géométrique et signalisations routière :

4.1 Conception géométrique

Dans cette partie il s'agit de définir la ligne rouge du projet, à partir des données topographiques recueillis sur le terrain, afin de définir les caractéristiques géométriques de la voie. Ce qui par la suite nous a permis de faire ressortir, le tracé en plan, les profils en travers et le profil en long de la future chaussée. Pour que cela soit possible, la conception géométrique doit répondre à des règles de conception définies par une norme.

En effet il existe plusieurs normes de conception géométrique routière, cependant dans le cadre de notre projet, nous utiliserons la norme ICTAVRU, qui est une norme appliquée pour les conceptions géométriques routières urbaines. Elle définit la conception de deux familles de voies, à savoir :

- Les voies de types A : qui sont des voies de types autoroutière ou express avec des vitesses de références comprises entre 80 et 100 km/h. ces vitesses de référence correspondent respectivement aux classes A80 et A100 ;
- Les voies de type U : qui sont des voies à statut quelconque (utilisable pour n'importe quel type de voirie urbaine), à l'exception des autoroutes, avec des vitesses de références comprises entre 60 et 80 km/h. qui correspondent respectivement aux classes U60 et U80[10].

4.1.1 Tracé en plan :

Le tracé en plan peut être défini comme étant une projection plane de l'axe d'une chaussée, matérialisé par des courbes et des alignements droits. Elle doit en milieu urbain respecter un certain nombre de contraintes liées à l'emplacement de l'axe sur la ruelle, car elle doit dans la mesure du possible correspondre à l'axe de la ruelle tout en respectant la norme de conception.

Selon la norme ICTAVRU nous observons les valeurs minimales suivantes :

Tableau 4 : valeurs minimales des rayons de courbes (source : Norme ICTAVRU)

Catégorie	U60	U80
Rayon non déversé	200 m	400 m
Rayon minimal	120 m	240 m

4.1.2 Profil en long :

Le profil en long peut être défini comme étant une coupe longitudinale à l'axe d'une voie. Nous pouvons distinguer à ce niveau deux types de profil en long, à savoir le profil en long du terrain

naturel et celui du projet, qui correspond à l'arrase supérieur de la chaussée projetée. Elle doit aussi satisfaire à certaines règles, relatives à la pente longitudinale et à la valeur des rayons utilisés lors de la conception.

Selon la norme ICTAVRU nous observons également les valeurs minimales suivantes :

Tableau 5 : valeurs limites des pentes et des rampes (source : Norme ICTAVRU)

Catégorie	U60	U80
Déclivité moyenne (pente)	6%	6%

Tableau 6 : valeurs minimales et normal des rayons en angle rentrant et saillant (source : Norme ICTAVRU)

Catégorie	U60	U80
Rayon normal en angle saillant	2500 m	6000 m
Rayon minimal en angle saillant	1500 m	3000 m
Rayon normal en angle rentrant	1500 m	2000 m
Rayon minimal en angle rentrant	800 m	1000 m

4.1.3 Profils en travers :

Le profil en travers peut être défini comme étant la coupe transversale d'une chaussée[10]. Il fait ressortir les différents éléments de la chaussée tels que les couches d'assises, les équipements et aussi les dimensions de la chaussée. Nous pouvons distinguer deux profils en travers, à savoir les profils en travers type remblai et les profils en travers types déblais.

4.2 Signalisations :

La route, une fois conçue, doit être équipée de signalisations, dans le but de renforcer la sécurité routière[11]. Les équipements de signalisation sont essentiels dans la conception routière car ce sont des éléments de communication qui transmettent aux usagers de la voie les informations sur la conduite qu'ils doivent adopter en circulation afin de limiter les accidents routiers. Elles doivent être visibles de jour comme de nuit et exemptes de tout obstacle qui pourrait obstruer leurs visibilitées. Nous pouvons ainsi distinguer deux familles de signalisation, à savoir les signalisations horizontales et verticales.

4.2.1 Signalisations horizontales :

Les signalisations horizontales sont matérialisées par des marquages au sol, qui peuvent être longitudinales ou transversales à la voie. Elles peuvent représenter soit, des passages piéton, l'axe des chaussées, les limites de chaussée etc.

4.2.2 Signalisations verticales :

Les signalisations verticales sont matérialisées par des panneaux et des balises, qui servent à informer les usagers sur les dangers, les directions à suivre ainsi que des zones d'arrêt obligatoire à travers leur emplacement, leur couleur ou leur forme.

V. Notice d'impact environnemental et social/étude financière du projet :

5.1 Notice d'impact environnementale et social

Dans cette partie il s'agit d'/de :

- Identifier les sources d'impact relatives aux travaux qui seront réalisés ;
- Identifier et évaluer les impacts positifs ou négatifs qui pourront en résulter ;
- Proposer des mesures d'atténuation de ces impacts.

5.2 Etude financière du projet :

Dans cette partie il a été établi :

- Un devis quantitatif et estimatif des ouvrages qui seront réalisés ;
- Un récapitulatif des prix, des deux variantes.

VI. Analyse multicritère :

L'analyse comparative des deux variantes de chaussées a été orientée sur un certain nombre de critères, à savoir la pérennité de la chaussée, la fonctionnalité, la facilité de mise en œuvre ainsi que le coût de réalisation de la chaussée. Ces points ont été par la suite rapportés, aux objectifs de notre étude afin de décider de la variante à adopter.

CHAPITRE III : RESULTATS DES ETUDES TECHNIQUES

I. Etude géotechnique :

1.1 Essais sur la plateforme :

En nous référant au tableau de la classe des plateformes et aux résultats des essais CBR imbibés, correspondant à 95 % de l'OPM (Tableau 7), nous pouvons ainsi classer notre sol de plateforme dans la catégorie S1. Tenant compte des prescriptions faisant cas des critères auxquels doivent répondre le sol de plateforme en matière de portance, nous pouvons constater que, le matériau de plateforme ne répond pas au critère d'acceptabilité. En effet, les sols de plateforme doivent au minimum appartenir à la classe de portance S3[1], ce qui nous amène à préconiser une substitution du matériau de plateforme par un matériau plus approprié d'une classe d'au moins S3 sur 45 cm d'épaisseur.

Tableau 7: résultat des essais sur la plateforme (source : laboratoire GEOTCH-BTP/Niger)

RUE / AXE	PRÉLÈVEMENT	NATURE ÉCHANTILLON	ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE (NF P 94-056)				LIMITES (NF P 94-051) Ou ES		Proctor modifié (NF P 94-093)		CBR à 4 j imb. (NF P 94-078) ou CBR Immédiat			Taux de gonflement
			< 5 mm	< 2 mm	< 1 mm	< 80 µm	LL	IP	γ _{dmax}	w _{opt} %	95%	98%	100%	
Rue drainante Aéroport – Mazadou Djika – descente Mairie	Sond Axe / (S1)	Sable	100	100	93,1	10,8		71	1,94	6,4	23	35	44	0,00 %
	Sond Axe / (S2+S3)	Sable	100	96,7	94,2	16,5		80	1,94	7,0	15	31	43	0,00 %
			CBR à 4 jours d'imbibition									2	3	4
	Sond Axe / (S4+S5)	Sable	100	98,0	93,6	16,1		83	1,85	7,6	13	27	36	0,00 %
	Sond Axe / (S6+S7)	Sable	100	98,0	94,7	18,2		84	1,92	7,3	16	30	40	0,00 %
	Sond Axe / (S8+S9)	Sable	100	98,0	94,3	19,8		87	1,84	7,3	12	26	37	0,00 %
Ravin N°3 : Mazadou Djika – Descente Mairie	Sond Axe / (Slr1+Slr2+Slr3)	Sable	100	98,2	95,1	19,0		88	1,83	7,6	11	25	36	0,00 %

Tableau 8: résultat des sites d'emprunt (source : laboratoire GEOTCH-BTP/Niger)

PK EMPRUNT	PRÉLÈVEMENT	NATURE ÉCHANTILLON	ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE E (NF P 94-056)				LIMITES (NF P 94-051)		Proctor modifié (NF P 94-093)		CBR à 4 j imb. (NF P 94-078)			Taux de gonflement
			< 20 mm	< 5 mm	< 2 mm	< 80 µm	LL	IP	γ_{dmax}	$w_{opm}\%$	95%	98%	100%	
Carrière Kadata au PK12 Route Maradi - Niamey à 500m CG	S1+S2	Grave latéritique	98,1	82,6	56,7	21,2	20,8	10,0	2,23	6,4	36	54	66	0,08 %
	S3+S4	Grave latéritique	89,8	72,3	55,0	16,8	22,2	9,8	2,22	6,7	36	55	67	0,08 %
	S2+S3+S4	Sable rougeâtre	100	100	97,5	20,4	20,3	6,6	2,14	7,6	15	25	33	0,26 %
Carrière Kirya au PK 11+000 sur la route Maradi – Dan Issa à 330m CD	S1+S2	Grave latéritique	94,8	64,6	48,2	16,2	29,8	15,9	2,21	6,4	37	60	75	0,07 %
	S3	Sable rougeâtre	100	100	97,8	28,6	24,0	11,1	2,15	7,7	15	24	31	0,25 %
Carrière Dan Kari de l'Entreprise Fara'a, au Sud-est de l'Hôpital de Référence et à 10km du Rond-point Gouvernorat	S1+S2+S3+S4	Grave latéritique	100	58,6	39,8	20,0	29,3	14,3	2,18	6,7	34	52	65	0,09 %
	S1+S3+S4	Sable rougeâtre	100	100	71,0	21,8	20,7	6,5	2,16	6,1	19	32	40	0,27 %

NB : En nous basant sur le résultat obtenu à partir des CBR imbibés, réalisés sur quelques échantillons, nous avons pu déduire qu’avec les indices portants immédiat mentionné dans le tableau 1, que la valeur des CBR de ces derniers après imbibition tournera autour de l’intervalle 2 à 4.

Tableau 9 : : nouvelle classe de plateforme des matériaux substitués

Nouvelle classe de plateforme	Qualité du matériau	Epaisseur minimale (cm)
S2	S2	45
S2	S3	35
S2	S4	30
S3	S3	45
S3	S4	35
S4	S4	50

1.2 Essais sur les sites d’emprunt :

Nous pouvons constater sur la base des résultats des essais menés par le laboratoire, sur les matériaux des différentes carrières, que le CBR des graveleux latéritiques et celui des sables prélevés au niveau des carrières sont satisfaisants, soit pour une utilisation en couche de forme ou de fondation. Elles ont des valeurs de CBR qui tournent respectivement autour de 30 pour les graveleux latéritiques et 15 pour les sables (voir Tableau 8: résultat des sites d’emprunt). Ce qui nous permet de comparer ces résultats par rapport aux critères d’acceptabilité fixés par le guide de dimensionnement du CEBTP, qui sont :

- Pour les couches de formes, un indice CBR d’au moins 10 et un indice de plasticité au plus égale à 25 ;
- Pour les couches de fondations en graveleux latéritique naturel, un indice CBR d’au moins 30 et un indice de plasticité au plus égale à 30.

1.3 Etude du trafic :

- Trafic cumulé de poids lourd sur la durée de vie selon la croissance exponentielle :

$$N = 365 * 20 * \frac{((1 + 0.04)^{15} - 1)}{0.04}$$

$$N = 146172,19 \text{ Pl}$$

1.4 Dimensionnement de la structure de chaussée :

1.4.1 Dimensionnement de la variante 1 :

La valeur du coefficient d'agressivité moyen des GNT : $CAM = 1$

Nous avons $NE = N \times CAM = 146172,19 \text{ Pl}$

En nous référant au tableau des classes de trafic, nous pouvons classer ce trafic dans la catégorie T1.

Données de prédimensionnement :

- Une classe de plateforme S3 ;
- Un trafic T1.

Tableau 10 : catalogue des structures de chaussée du CEBTP

TRAFICS T ₁ - T ₂		S ₁		S ₂		S ₃		S ₄		S ₅	
		T ₁	T ₂								
REVÊTEMENT		Bc ou 3E	4E ou Tc								
B	Graveleux latéritique naturel	15	15	15	15	15	15	15	15	25	25
F	Graveleux latéritique naturel	45	45	35	35	25	30	15	20	0	0
B	Graveleux latéritique ou grave naturelle améliorés au ciment	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20
F	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D	40	45	30	35	25	25	15	20	0	0

Nous obtenons une couche de roulement en enduit superficiel bicouche, 15 cm en couche de base et de 25 cm en couche de fondation.

1.4.2.1 Vérification de la structure de chaussées par la méthode rationnelle :

a) Module de Young :

En nous référant aux relations suivantes, nous obtenons les résultats inscrits dans le Tableau 10.

$E = 5 \times \text{CBR}$ pour les matériaux à gros éléments ;

$E = 3 \times \text{CBR}$ pour les matériaux à fraction fine importante

Tableau 11 : module des matériaux de la structure de chaussée

Matériau	CBR	Module de young (Mpa)
Couche de base	80	400
Couche de fondation	36	180
Plateforme	15	45

Note de calcul en annexe 2.

b) Déformation verticale ε_z admissible du sol support :

Pour que la structure de chaussée soit vérifiée vis-à-vis des sollicitations, la déformation verticale du sol support doit être inférieur à la déformation admissible ε_{Zadm} .

Etant donné que nous avons un trafic $T1 < T3$ la formule ε_{Zadm} est la suivante[2] :

$$\varepsilon_{Zadm} = A \times (NE)^{-0,222}$$

$$\varepsilon_{Zadm} = 16000 \times (NE)^{-0,222}$$

$$\varepsilon_{Zadm} = \mathbf{1199.59 \mu def}$$

a) Contrainte verticale σ_z admissible :

La contrainte compression admissible est déterminée à partir d'une formule semi-empirique, celle de Kerkhoven et Dormon.

$$\sigma_{Zadm} = \frac{0,3 \times \text{CBR}}{1 + 0,7 \log NE}$$

- Sol support $\text{CBR} = \sigma_{Zadm} = \mathbf{0,989 \text{ Mpa}}$;
- Couche de fondation $\sigma_{Zadm} = \mathbf{2,37 \text{ Mpa}}$;
- Couche de base $\sigma_{Zadm} = \mathbf{5,27 \text{ Mpa}}$.

Tableau 12 : vérification des valeurs admissibles de la variante 1

Couches	Epaisseur (cm)	Sigma Z (Mpa)	Sigma admissible Z (Mpa)	Epsilon Z (μ def)	Epsilon Z admissible (Mpa)	Critères
Base	20	0,657	5,27	370,8	1141,61	Ok
Fondation	30	0,206	2,37	1126,9		Ok
Plateforme	Inf	0,046	0.989	1041,1		Ok

Tableau 13 : structure de chaussée de la variante 1

Variante 1	Structure de chaussée	Epaisseurs (cm)
	Enduit superficiel bicouche	1 à 3
	Couche de base (graveleux latéritique non traité)	20
	Couche de fondation (graveleux latéritique non traité)	30
	Couche de forme	45

1.4.3 Dimensionnement de la variante 2 :

Le dimensionnement de la chaussée en pavés de béton s'est fait au moyen d'une adaptation à la méthode du CBR et celle du TRLL, qui consiste à dimensionner la structure de chaussée comme étant une chaussée souple. Par la suite lui appliquer une couche de sable et une couche de roulement en pavés de béton.

- Méthode du CBR :

Nous disposons de la formule de Peltier pour le calcul de l'épaisseur de notre structure de chaussée.

- Couche de fondation :

$$e_f = \frac{100 + \sqrt{6.5} \left(75 + 10 \log \left(\frac{20}{10} \right) \right)}{15 + 5}$$

$$e_f = 15,17 \text{ cm}$$

- Couche de base :

$$e_b = \frac{100 + \sqrt{6.5} \left(75 + 10 \log \left(\frac{20}{10} \right) \right)}{36 + 5}$$

$$e_b = 7,40 \text{ cm}$$

- Méthode du TRRL :

En nous référant à la classe de plateforme S3 ainsi qu'à la classe de Trafic T1, nous obtenons à partir de l'abaque du TRRL (voir annexe 1) les résultats ci-dessus :

- L'intersection de la courbe B avec la verticale correspondant à un indice CBR de 10 qui donne une épaisseur de couche de chaussée de 20 cm comme couche de fondation.
- L'intersection de la courbe B avec la verticale correspondant à un indice CBR de 36 qui donne une épaisseur des couches de chaussée de 10 cm comme couche de base.

1.4.3.1 Choix de l'épaisseur des pavés de béton :

Le guide de conception des ouvrages réalisés à partir des pavés, dalles, bordures et caniveaux préfabriqués nous donne les épaisseurs des pavés de béton à adopter, en fonction du trafic et de la charge à la roue. Cela nous amène à une épaisseur minimale de 6 cm, cependant nous adoptons une épaisseur de 8 cm [12].

Tableau 14 : Choix de l'épaisseur de pavé (source : guide du CERIB)

Largeur de chaussée supérieure à 6 m

Caractéristiques trafic					Pavés	Dalles	
Type trafic	Type véhicule	Charge par roue (daN)	Nombre de véhicules cumulés dans les deux sens	Vitesse	Épaisseur mini	Classe	Épaisseur mini
Léger	VL	≤ 600	≤ 100	Normale	60	S4	40
	VL	≤ 900	≤ 200	Normale	60	T7	40
T5	PL	≤ 2500	≤ 5	Réduite (≤ 30 km/h)	60	T11	50
	PL	≤ 2500	≤ 25	Normale	60	U14	50
	PL	≤ 6500	≤ 5	Réduite (≤ 30 km/h)	60	U25	50
	PL	≤ 6500	≤ 25	Normale	60	U30	50
T4	PL	≤ 2500	de 26 à 50	Normale	80	U14	100 ⁽²⁾
	PL	≤ 6500	de 26 à 50	Normale	80	U30	100 ⁽²⁾
T3	PL	≤ 2500	de 51 à 60	Normale	80	U14	100
	PL	≤ 6500	de 51 à 150	Normale	80	NON	NON
T2	PL	-	de 151 à 300	Normale	100 ⁽¹⁾	NON	NON
T1	PL	-	de 301 à 750	Normale	100 ⁽¹⁾	NON	NON

Le dimensionnement de la chaussée en pavés de béton nous amène à définir une structure de chaussée de 8cm de pavé de béton, de 5 cm de lit de pose en sable, une couche de base de 10 cm et d'une couche de fondation de 20 cm.

Cependant il est a souligné que cette adaptation ne prend pas en compte l'apport significatif qu'apporte les pavés de béton en termes de résistance.

Tableau 15 : structure de chaussée de la variante 2.

Variante 2	Couches	Epaisseurs (Cm)
	Pavé de béton	8
	Lit de pose	5
	Base	15
	Fondation	20
	Forme	45

II. ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

2.1 Etude hydrologique :

L'étude hydrologique et hydraulique demeure une phase primordiale dans un projet d'assainissement. Elle permet entre autres de définir les zones susceptibles aux inondations et pour certains besoins, de déterminer des débits de crue aux exutoires des bassins versant. Bien que ses applications soient nombreuses, rapportées au génie civil, plus particulièrement à l'assainissement routier, cette étude permet le dimensionnement des ouvrages d'assainissements.

2.1.1 Caractéristiques morphologiques du bassin versant :

Sur la base des investigations menés dans le cadre de ce projet, nous avons pu relever le bassin versant qui alimente notre rue, comme nous pouvons le voir sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ci-dessous.

Toujours sur la base de ces investigations nous avons pu acquérir les caractéristiques morphologiques de notre bassin versant projet (voir Tableau 16 : caractéristique morphologique du bassin versant).

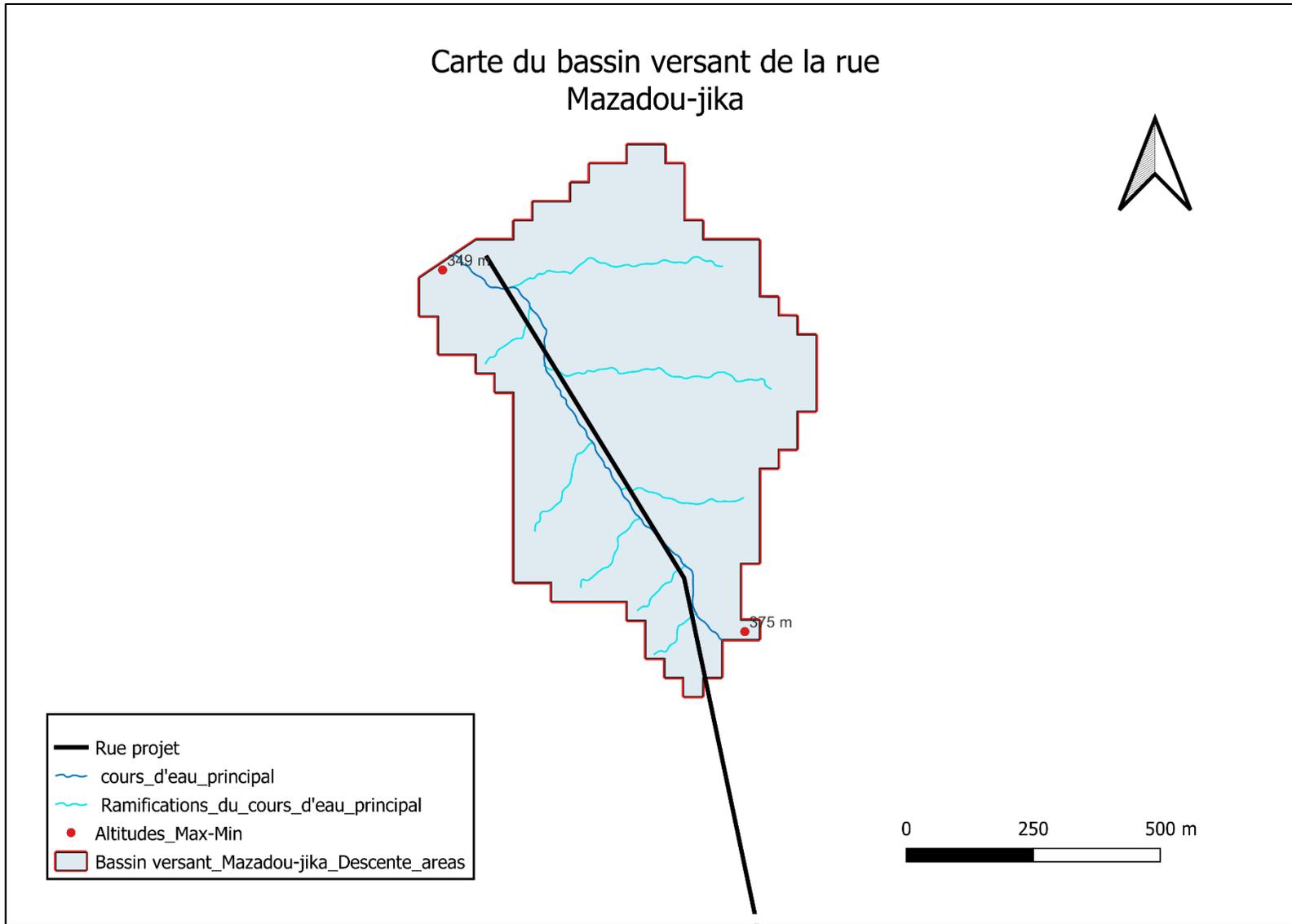


Figure 8: Carte du bassin versant

Tableau 16 : caractéristique morphologique du bassin versant

Caractéristiques du bassin versant								
Désignation	Superficie BV (km ²)	Périmètre (km)	Altitude Max (m)	Altitude Min (m)	Dénivelé Δ_z (m)	Longueur du cours d'eau principal L (m)	Longueur du rectangle équivalent Lr (km)	Pente moyenne i_m (m/m)
							$L_r = \frac{p + \sqrt{p^2 - 16S}}{4}$	$i_m = \frac{\Delta_z}{L_r}$
BV_MAZADOU DESCENTE MAIRIE	0,472	3,738	375	349	26	0,974	1,568	0,01658

2.1.2 Ajustement de la série :

2.1.2.1 Caractérisation de de l'échantillon :

Nous disposons d'un relevé des pluies journalières maximales établie sur une durée de trente-trois ans (1991-2023), ce qui nous donne un échantillon de taille N=33 à caractériser. Cette caractérisation nous amène à déterminer la moyenne et l'écart type (arithmétique et logarithmique) de notre échantillon (voir Tableau 18 : paramètres de caractérisation de la série), qui nous permettra par la suite de déterminer à travers les lois de distribution, la pluie journalière maximale d'une période retour donnée.

Tableau 17 : pluies journalières maximales annuels (source : station météorologique de Maradi)

Années	PJMax (mm)	Années	PJMax (mm)	Années	PJMax (mm)
1991	34,8	2002	40,9	2013	63,7
1992	42,7	2003	45,3	2014	49,1
1993	44,1	2004	44,7	2015	56,3
1994	42,4	2005	79,8	2016	67,1
1995	47,2	2006	36,4	2017	139,7
1996	35,7	2007	50,1	2018	64,3
1997	47,5	2008	36	2019	69
1998	87,4	2009	65,4	2020	78
1999	52,9	2010	38	2021	47,7
2000	63,1	2011	41,8	2022	51,1
2001	59,8	2012	45,4	2023	48,3

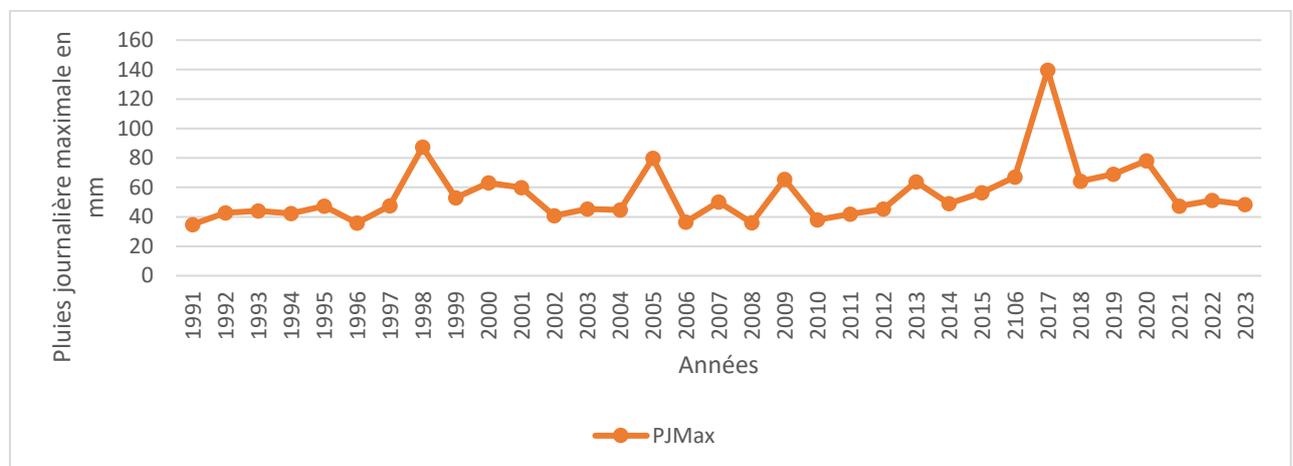


Figure 9 : diagramme des pluies journalières maximales annuelles

Tableau 18 : paramètres de caractérisation de la série

Moyenne arithmétique \bar{X}	Ecart type arithmétique S	Ecart type de la population $\hat{\sigma}$	Moyenne logarithmique \bar{y}	Ecart type logarithmique S_y
55,01	20,03	20,34	3,96	0,30

a. Loi log normale à deux variables (loi de l'effet proportionnel) :

L'équation du quantile X_q de la loi log-normale à deux paramètres (LN2) est la suivante[5] :

$$X_q = \exp(a + b Z_q) \quad (6)$$

Comme on considère les logarithmes de la variable aléatoire X , alors l'équation (6) du quantile X_q s'écrit :

$$\ln X_q = a + b Z_q \quad (7)$$

Nous disposons d'un relevé des pluies journalière maximale de qui s'étalent sur 33 ans soit un échantillon de taille $N=33$ (1991/2023), on obtient Les valeurs des deux paramètres, a et b :

$$\hat{a} = \bar{y} = 3,96$$

$$\hat{b} = S_y = 0,297$$

Pour l'évaluation de la pluie journalière maximale de période de retour $T=5$ ans, nous avons $Z_{0,80} = 0.8415$

On obtient alors :

$$\ln \hat{X}_{0,80} = 3,96 + 0,297 * 0.8415$$

$$\ln \hat{X}_{0,80} = 4.2099$$

$$\text{Donc, } \hat{X}_{0,80} = \exp 4,2099 \rightarrow P_5 = 67.35 \text{ mm.}$$

La même opération est réalisée pour les périodes de retour de 10 à 100 ans. Les résultats obtenus sont fournis dans le tableau ci-dessous.

Tableau 19 : Pluies journalières maximales de période de retour 5 à 100 ans (LN2)

Période de retour (T)	Variable centrée réduite (Z_q)	$\text{Ln } \hat{X}_q$	Pluies journalière maximales (P_T)
5 ans	0.8415	4.2099	$P_5=67.35$ mm
10 ans	1,282	4,3408	$P_{10}=76,8$ mm
20 ans	1,645	4,4486	$P_{20}=85,5$ mm
50 ans	2,054	4,5700	$P_{50}=96,5$ mm
100 ans	2,327	4,6511	$P_{100}=104,7$ mm

b. Loi de Gumbel classique :

La loi de distribution de Gumbel est donnée par la relation[13] :

$$F(X) = e^{-e^{-a(X-b)}}$$

L'équation de quantile X_q s'écrit :

$$X_q = b + \frac{uq}{a}$$

Nous avons un échantillon de taille $N=33$, $\bar{X} = 55$ mm et $S=20,03$ et $\hat{\sigma} = 20,34$, nous obtenons donc :

$$a = 1,2825 * \frac{1}{20,34} = 0,0631$$

$$b = 55 - \frac{0,5772}{0,0631} = 45,85$$

D'où l'équation du quantile

$$X_q = 45,85 + \frac{uq}{0,0631}$$

Pour une période retour de 5 ans, nous avons :

$$X_{q_{0.8}} = 45,85 + \frac{1.4999}{0,0631}$$

$$X_{q_{0.8}} = P_5 = 69,62$$
 mm

Les pluies journalières maximales des périodes de retour de 5 à 100 ans obtenues par cette méthode sont fournies dans le tableau ci-dessous.

Tableau 20 : Pluies journalières maximales de période de retour 5 à 100 ans (Gumbel méthode classique)

Période de retour (T)	Variable standardisée de Gumbel (uq)	Pluies journalières maximales (P_T)
5 ans	$u_{0,80}=2,2504$	$P_5=69.62$ mm
10 ans	$u_{0,90}=2,2504$	$P_{10}=81,5$ mm
20 ans	$u_{0,95}=2,9702$	$P_{20}=92,9$ mm
50 ans	$u_{0,98}=3,9019$	$P_{50}=107.7$ mm
100 ans	$u_{0,99}=4,6001$	$P_{100}=118.8$ mm

c. Loi de Gumbel méthode OMM :

La méthode, préconisée par l'organisation météorologique mondial (OMM), consiste en une correction du biais sur les caractéristiques estimées (\hat{u} et $\hat{\sigma}$) de la population dont est tiré l'échantillon étudié. Les paramètres a et b de la loi sont évalués à l'aide des expressions suivantes :

$$a = S_U(N) * \frac{1}{\delta}, \text{ et } b = X - \frac{\bar{U}(N)}{a}$$

Ainsi, pour un échantillon de taille N=33 :

$$S_U(33) = 1,1226 \text{ et } \bar{U}(33) = 0,5388.$$

Avec $\delta = 20,03$ et $X= 55$ mm, nous obtenons alors :

$$a = S_U(33) * \frac{1}{\delta} = 1,1226 * \frac{1}{20.03}$$

$$a = 0,0560$$

$$b = X - \frac{\bar{U}(33)}{\hat{a}} = 55 - \frac{0,5388}{0,0560}$$

$$b = 45,39$$

NB : les valeur \hat{a} et \hat{b} de la méthode OMM sont inférieures à celles correspondantes de la méthode classique de Gumbel. L'équation du quantile devient donc :

$$\widehat{X}q_{0,80} = 45,39 + \frac{1,4999}{0,0560}$$

$$\widehat{X}q_{0,80} = 72,17mm$$

Les pluies journalières maximales de périodes de retour 5 à 100 ans obtenues par la méthode OMM sont fournies dans le tableau ci-dessous.

$P_5= 72,17$ mm ; $P_{10}=85,6$ mm ; $P_{20}=98,4$ mm ; $P_{50}=115,1$ mm et $P_{100}=127,5$ mm.

Tableau 21 : résultats récapitulatifs des PJMax sur les différents périodes retour 1991/2023

Période de retour (T)	5 ans (mm)	10 ans (mm)	20 ans (mm)	50 ans (mm)	100 ans (mm)
Gumbel (classique)	69,62	81,5	92,9	107,7	118,8
LN2 (MV)	67.35	76,8	85,5	96,6	104,7
Gumbel (OMM)	72,17	85,6	98,4	115,1	127,5

d. Choix de la loi d'ajustement :

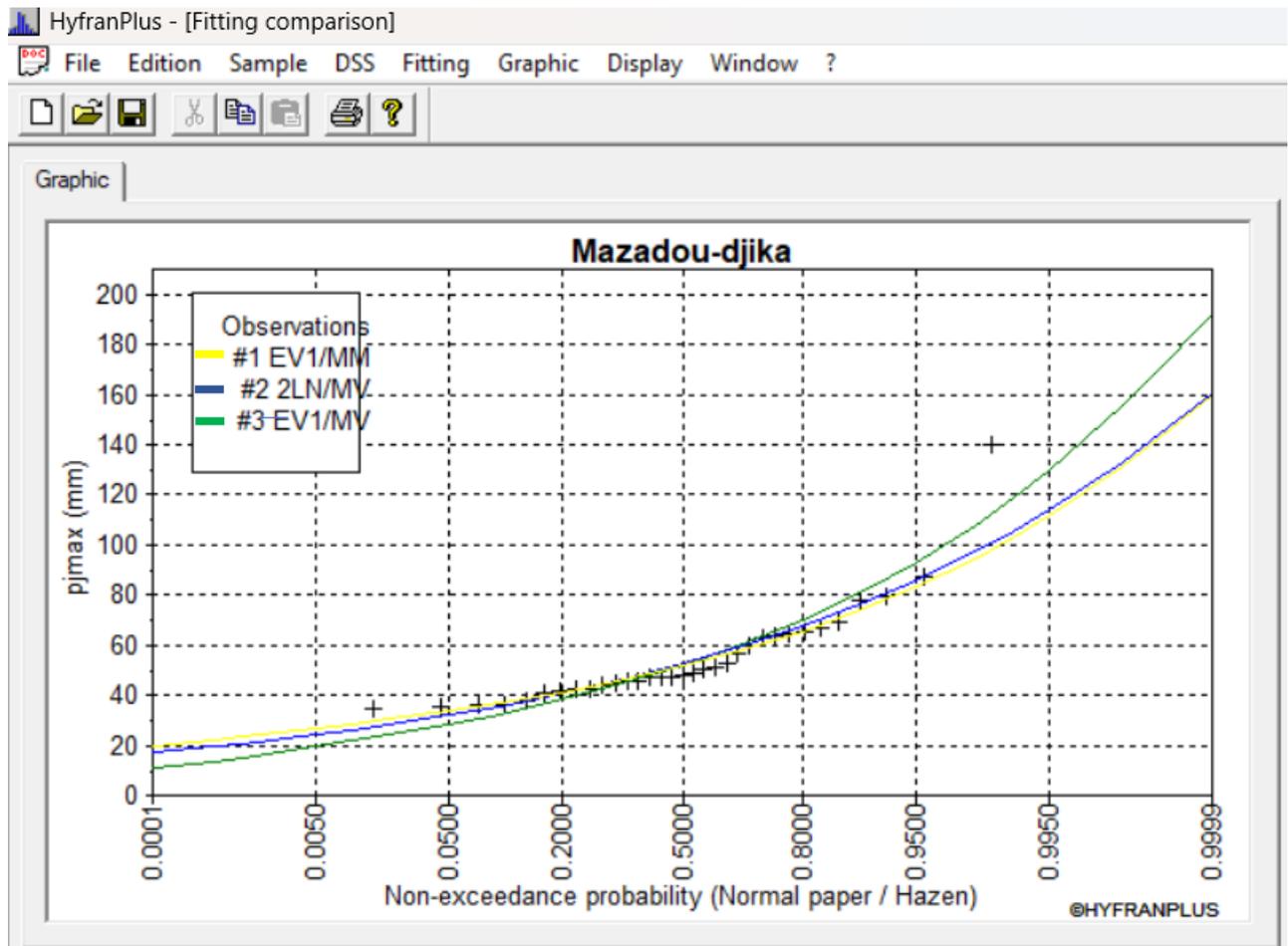


Figure 10: Comparaison graphique des lois d'ajustements

Suite à la comparaison graphique à travers le logiciel HYFRAN PLUS, il ressort que pour ce type de données la Loi de Gumbel classique est celle qui s'ajuste le mieux à la série des P_{jmax} . Il a été ainsi retenu pour l'estimation de la pluie décennale parmi les trois lois ci-dessus, celle de Gumbel classique. Ce qui nous a amené à considérer la pluie de retour décennale $P_{10}=81,5\text{mm}$ pour notre projet.

2.1.3 Détermination du débit de crue :

Le débit de crue est l'une des principales données pour le dimensionnement de la section des ouvrages de drainage. Il est déterminé à partir des caractéristiques morphologiques du bassin versant et des données pluviométriques. Dans le cadre de notre projet, étant donné que nous avons affaire à un bassin versant de petite taille, inférieur à 4 km^2 , nous adoptons pour la méthode rationnelle de calcul du débit de crue. Nous avons ainsi la formule suivante :

$$Q = 0,278 CIA$$

Où, Q : débit maximum décennal (m^3/s)

C : coefficient de ruissellement décennal (sans dimension)

I : intensité pluviométrique horaire décennal (mm/h)

A : superficie du bassin versant (km²)

a. Détermination de l'intensité de pluie :

❖ Pente moyenne du bassin versant

$$i_m = \frac{26}{(1,568 * 1000)}$$

$$i_m = 0,0166$$

❖ Temps de concentration

$$T_c = \frac{1}{52} \times \frac{974^{0,77}}{0.0166^{0.385}}$$

$$T_c = 18.65 \text{ mn} \rightarrow T_c = 0.311 \text{ h}$$

En considérant la valeur de PJMax déterminée ci-dessus, nous obtenons l'intensité :

$$I = \frac{81}{0.311}$$

$$I = 260.64 \text{ mm/h}$$

b. Détermination du coefficient de ruissellement :

Le coefficient de ruissellement peut être défini comme étant le rapport entre la lame d'eau ruisselé et la pluie total tombée, elle est propre à chaque bassin versant, car elle dépend de plusieurs facteurs tels que, l'occupation du sol, le couvert végétal, les caractéristiques morphologiques du bassin versant etc. pour le besoin de notre projet, nous adoptons une valeur de C= 0,45 parmi les valeurs du tableau ci-dessous.

Tableau 22 : valeurs du coefficient de ruissellement

TYPE DE SURFACE	COEFFICIENT C, FONCTION DE LA PENTE DU TERRAIN		
	Plat < 2%	Moyenne 2-10%	Raide >10%
Pavées, toitures	0,90	0,90	0,90
Centres urbains	0,80	0,85	0,85
Habitations très denses	0,60	0,65	0,70
Zones suburbaines	0,45	0,50	0,55
Terre naturelle	0,60	0,65	0,70
Zones engazonnées	0,25	0,30	0,30
Zones cultivées			
Terre argileuse	0,50	0,55	0,60
Terre sablonneuse	0,25	0,30	0,35
Prairies	0,25	0,30	0,35
Zones boisées	0,10	0,15	0,20

c. Valeur du débit décennale :

$$Q_{10} = 0,278 CIA$$

$$Q_{10} = 0,278 * 0,45 * 225,24 * 0,472$$

$$Q_{10} = 15,40 m^3/s$$

2.2 Dimensionnement hydraulique :

Pour évacuer les eaux de ruissellement nous proposons pour la variante 1 de notre chaussée, la réalisation de deux caniveaux latéraux. Pour la variante 2 une chaussée drainante à profil en V en début de tronçons et en fin de tronçon une chaussée à profil en toit couplée à deux caniveaux latéraux.

Données :

Largeur de la chaussée B/L : 7 m ;

Accélération de la pesanteur g : 9,8 m/s² ;

Débit décennale Q_{10} : 15,40 m³/s ;

Coefficient de Manning K [6]: 67.

2.2.1 Dimensionnement de la variante 1 :

Suite aux différentes itérations, nous obtenons deux caniveaux latéraux C₁₋₁ et C₂₋₁ de section respectives 1,80 x 1,00 et 2,00 x 2,00 avec respectivement une pente de I₁ = 0,003 et I₂ = 0,005 (voir Tableau 23 : calcul de la section des caniveaux).

2.2.2 Dimensionnement de la variante 2 :

Après un certain nombre d'itérations, nous obtenons pour la chaussée drainante une section de 7,00 x 0,30 m. La chaussée ne pouvant pas drainer à elle seul les eaux, elle sera renforcée par des caniveaux, C₂₋₂ de section 2,00 x 2,00 m et C₁₋₂ de section 1,00 x 1,80 m, qui récupéreront toutes les eaux de la chaussée et celles provenant des ruelles en fin du tronçon. Ils auront respectivement une pente I_{ch}= 0,008, I₁₋₂ =0,009 et I₂₋₂ =0,004 (Voir Tableau 23 : calcul de la section des caniveaux).

Tableau 23 : calcul de la section des caniveaux

Ouvrages	Débit projet (m ³ /s)	Hauteur critique hc (m)	Vitesse critique vc (m/s)	Rayon hydraulique critique Rhc	Pente critique ic	Hauteur calculée (m)	Rayon hydraulique	Vitesse (m/s)	Pente i	Débit évacuer (m ³ /s)	Section retenue	
Variante 2											B (m)	H (m)
Chaussée drainante (ch)	5,082	0,38	1,92	0,34	0,003	0,29	0,27	2,50	0,008	5,25	7,00	0,3
Caniveau C2-2	11,858	1,53	3,87	0,60	0,007	1,80	0,64	3,30	0,004	13,20	2,00	2,00
Caniveau C1-2	5,082	1,38	3,68	0,37	0,011	1,54	0,38	3,30	0,009	5,94	1,00	1,80
Variante 1												
Caniveau C1-1	5,082	1,38	3,68	0,37	0,011	1,54	0,38	3,30	0,009	5,94	1,00	1,80
Caniveau C2-1	11,858	1,53	3,87	0,60	0,007	1,80	0,64	3,30	0,004	13,20	2,00	2,00

2.3 Dimensionnement structural des caniveaux :

Le dimensionnement structurel des caniveaux nous a conduit aux résultats ci-dessous :

Tableau 24 : sollicitation des caniveaux

Sollicitations	Dallette	Piédroit	Radier
	ELS	ELS	ELS
Caniveau 1,80 x 1,00			
Moment fléchissant (kN.m)	27,88	23,504	45,19
Effort normal (kN/ml)		58,96	
Caniveau 2,00 x 2,00			
Moment fléchissant (kN.m)	58,88	36,50	72,48
Effort normal (kN/ml)	-	59,90	-

Tableau 25 : ferrailage de caniveaux

Ferrailage		
Caniveau 1,80 x 1,00		
Dallette	Acier principale	6HA 12 Ep= 10 cm
	Acier répartition	HA8 Ep= 15 cm
Piédroits	Acier de principale	6 HA10 Ep= 20 cm
	Acier répartition	HA8 Ep= 15 cm
Radier	Acier de principale	9 HA12 Ep= 12,5 cm
	Acier répartition	HA8 Ep= 15 cm
Caniveau 2,00 x 2,00		
Dallette	Acier principale	6 HA14 Ep= 10 cm
	Acier de répartition	HA8 Ep= 15 cm
Piédroits	Acier principale	9 HA12 Ep= 12,5 cm
	Acier de répartition	HA8 Ep= 15 cm
Radier	Acier principale	9 HA14 Ep= 12,5 cm
	Acier de répartition	HA8 Ep= 15 cm

NB : Voir la note de calcul de l'étude hydrologique et hydraulique ainsi que le dimensionnement structural des ouvrages hydraulique en annexe 2.

III. Conception géométrique et signalisations routières

3.1 Conception géométrique

3.1.1 Tracé en plan :

Le tracé en plan a été réalisé de sorte qu'il puisse bien s'intégrer à la rue, dans le but d'éviter le déguerpissement de certains commerces établis sur la voie. Tout en tenant compte de la norme de conception (voir annexe 3).

3.1.2 Profil en long :

Etant donné que nous disposons de deux variantes de chaussée ayant des principes de fonctionnements différents vis-à-vis de l'assainissement de la zone, nous avons été amenés à définir deux types de profils en long, dont une en déblai et une autre qui est beaucoup plus en remblai. En effet, selon le fonctionnement de la chaussée, la variante 2 avec son profil en travers en « V » convient le mieux en déblai et la variante 1 avec son profil en travers en toit convient mieux en remblai (voir annexe 3).

3.1.3 Profil en travers

En ce qui concerne les profils en travers, toujours selon le fonctionnement des chaussées en matière d'assainissement, nous avons opté pour chacune des variantes l'utilisation de deux profils en travers.

a) Profil en travers type de la variante 1 :

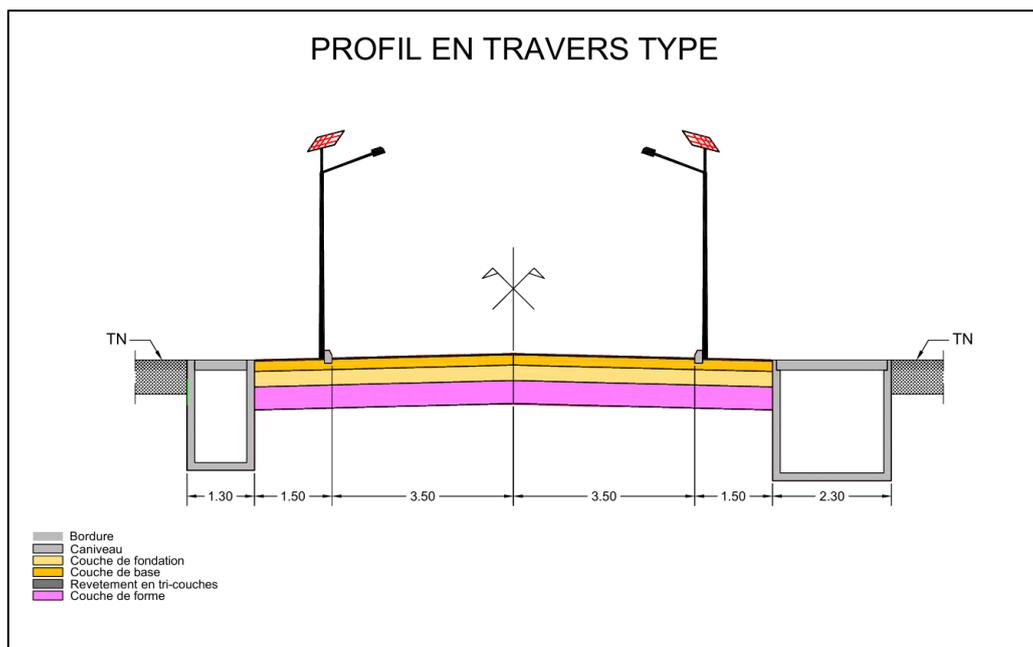


Figure 11 : profil en travers chaussée en bicouche (variante 1)

b) Profils en travers type de la variante 2 :

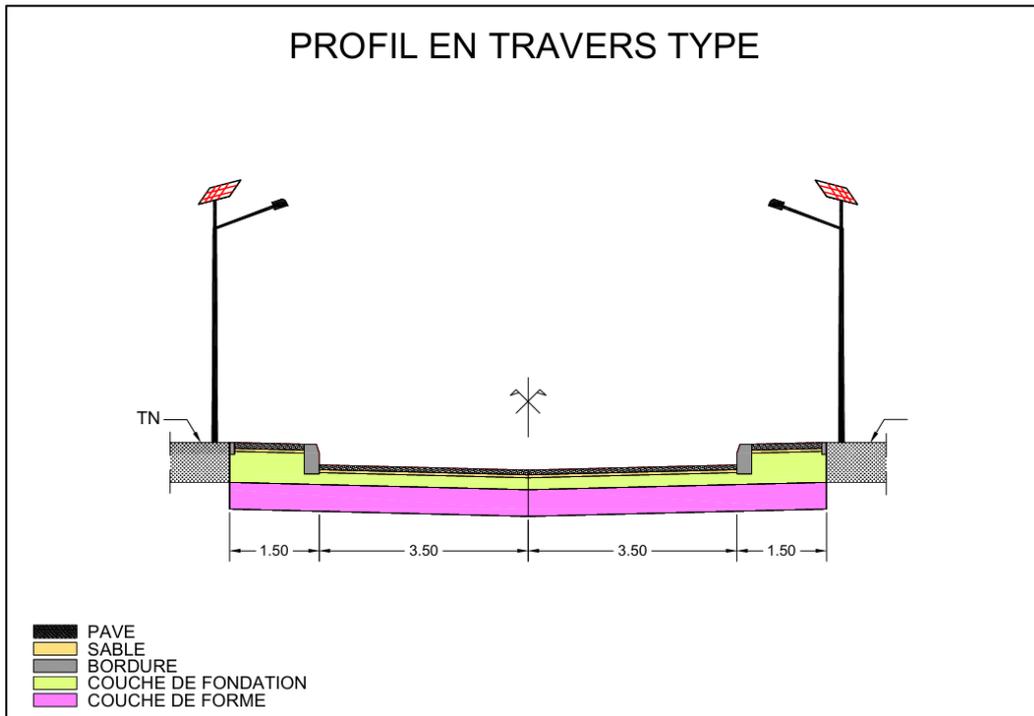


Figure 12 : profil en travers chaussée en pavés de béton en début de tronçon (variante 2)

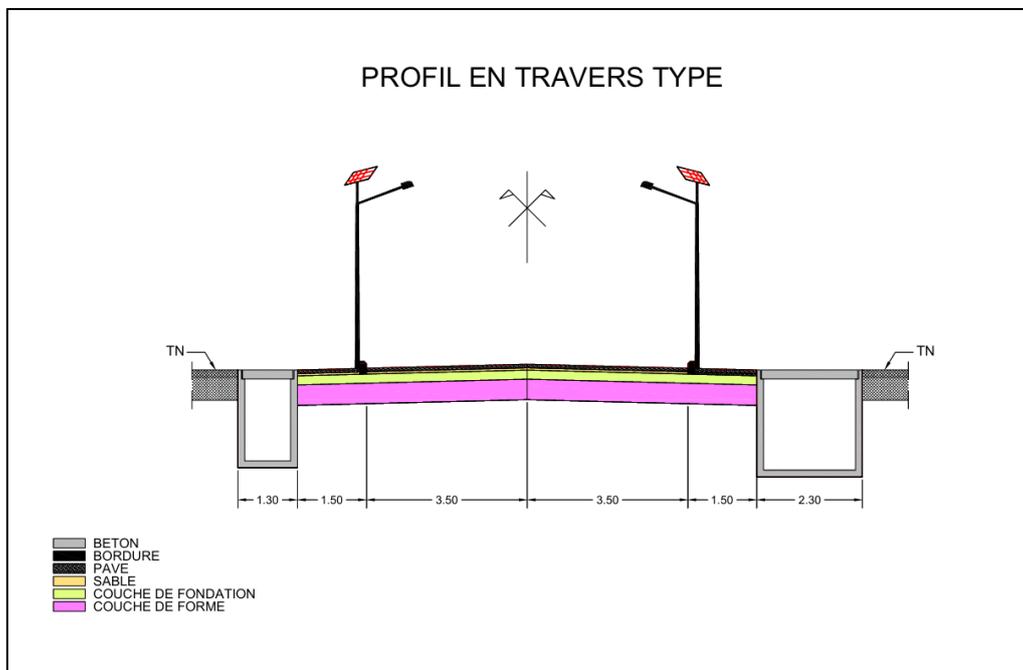


Figure 13 : profil en travers chaussée en pavés de béton en fin de tronçon (variante 2)

3.2 Signalisation :

3.2.1 Signalisations horizontales :

Les signalisations horizontales sont matérialisées par des marquages au sol, qui peuvent être longitudinales ou transversales à la voie. Ces types de signalisation seront utilisés pour la variante 1 de notre voie, nous retenons ainsi l'utilisation des marquages longitudinaux de type T1 pour matérialiser l'axe de la chaussée, sur un linéaire de 2,418 ml.

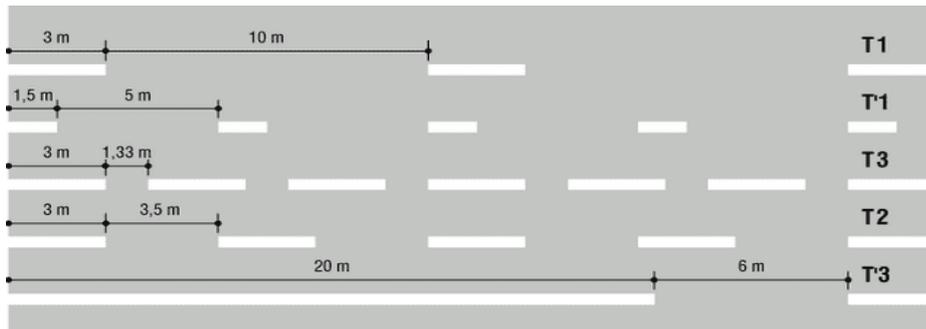


Figure 14 : modulations des signalisations longitudinales (source : INSTRUCTION INTERMINISTERIELLE SUR LA SIGNALISATION ROUTIERE)

3.2.2 Signalisation verticale :

Les signalisations verticales sont matérialisées par des panneaux et balises, qui servent à informer les usagers sur les dangers, les directions à suivre ainsi que des zones d'arrêt. Ainsi pour le besoin de ce projet nous retenons les panneaux suivants :

- Panneau AB4 (Stop) placé au niveau des amorces ;
- Panneau AB14 (limitation de vitesse) placé tout au long de la voie.

Tableau 26 : panneaux de signalisations :

Panneaux	Types	Nombre
	Panneau type B14, limitation de vitesse	48
	Panneau type AB4, arrêt à l'intersection.	38
	Panneau type A1a.	1
	Panneau type A1b.	1

IV. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL, ET ETUDE FINANCIERE

4.1 Etude d'impact environnementale et sociale :

L'étude d'impact environnementale et sociale peut être définie comme étant une analyse des interactions entre le milieu récepteur et les activités associées au projet, en vue d'évaluer les impacts qui pourraient en découler, dans le but de minimiser ou de supprimer les impacts qui seront néfastes pour l'environnement.

4.1.1 Identification des impacts du projet :

Tableau 27 : analyse des sources d'impacts

	Composante affecté	Période	Description	Nature de l'impact
Environnement biophysique (faune ; flore ; air ; sol ; Eau)	Sol	Travaux	• Pollution du sol par des déchets solide et liquide, lié aux activités sur le chantier ;	-
			• Dégradation des voies d'accès au chantier, dû à la circulation des engins d'approvisionnements ;	-
			• Destruction des sols de carrière, dû à l'exploitation	-
	La qualité de l'air	Travaux	• Pollution de l'air, par la production de poussière et de fumée lors des travaux ;	-
Composante sociale (infrastructures ; santé ; éducation ; emploi)	Condition de vie des riverains	Exploitation	• Amélioration de la mobilité des riverains ;	+
			• Assainissement de la rue ;	+
	Emploi	Travaux Exploitation	• Création d'emploi direct et indirect	+
	Circulation	Travaux	• Restriction de la mobilité de riverains ;	-
	Sécurité Santé Nuis	Travaux	• Possibilité qu'un accident survienne sur le chantier, pouvant concerner soit un agent ou un riverain ;	-
			• Possible incident sanitaire en cas d'infection d'un agent par une maladie contagieuse ou sexuellement transmissible ;	-
			• Nuisance sonore ;	-
			• Possible développement d'une maladie respiratoire par les personnes exposées à de la poussière ;	-
NB : Impactes négatif (-) ; Impactes positif (+)				

4.1.2 Mesure d'atténuation et de bonifications :

- ❖ Mesure sur la protection du sol :
 - Remise en état des sols affectés par les activités du chantier ;
 - Isolation des hydrocarbures et produits dangereux ;
 - Collecte des déchets solides produit sur le chantier ;
- ❖ Mesures d'atténuation des nuisances sonores :
 - Eviter les travaux de nuit ;
 - Fournir des casques ou des bouchons anti-bruit. ;
- ❖ Mesures d'atténuation contre la pollution de l'air :
 - Procède à un arrosage fréquent sur le chantier ;
 - Interdiction d'incinérer des déchets ;
 - Modération de la vitesse des véhicules ;
- ❖ Mesures d'atténuation et prévention des accidents sur le chantier
 - Mise en place de panneaux signalisation et de barrières ;
 - Exiger le port des équipements de protection individuel ;
 - Sensibilisation de conducteur d'engin ainsi que des agents sur le respect des règles de sécurité ;
- ❖ Mesures prévention contre les incidents sanitaires sur le chantier
 - Sensibilisation des agents sur les risques et les moyens de prévention ;
 - Instauration de visites médicales périodiques ;

4.2 Etude Financière du projet :

L'étude financière du projet nous a permis de dégager le coût des deux variantes de chaussées à travers les devis quantitatifs et estimatifs (voir annexe 4), comme indiqué dans les tableaux récapitulatifs ci-dessous.

Tableau 28 : devis estimatif de la variante 1

RECAPITULATIF DES COUTS DES TRAVAUX		
RUE MAZADOU DJIKA-DESCENTE MAIRIE VARIANTE 1		
N° PRIX	POSTES	MONTANT
000	INSTALLATIONS DE CHANTIER	82 000 000
100	TRAVAUX PREPARATOIRES	10 660 500
200	TERRASSEMENTS GENERAUX	705 965 100
300	CHAUSSÉES	497 419 400
400	REVETEMENT	298 800 000
500	ASSAINISSEMENT- DRAINAGE	825 354 500
600	OUVRAGES DE DRAINAGE	283 594 300
700	ECLAIRAGE PUBLIC	98 000 000
800	SIGNALISATION ET SECURITE	26 400 000
TOTAUX HTVA		2 828 193 800
TOTAUX TTC		3 240 508 684

Soit un coût réalisation au kilomètre de 1 296 203 474 FCFA toutes taxes comprises.

Tableau 29 : devis estimatif de la variante 2

RECAPITULATIF DES COÛTS DES TRAVAUX		
RUE MAZADOU DJIKA-DESCENTE MAIRIE VARIANTE 2		
N° PRIX	POSTES	MONTANT
000	INSTALLATIONS DE CHANTIER	82 000 000
100	TRAVAUX PREPARATOIRES	10 660 500
200	TERRASSEMENTS GENERAUX	881 322 300
300	CHAUSSEES	258 688 000
400	REVETEMENT	448 526 000
500	ASSAINISSEMENT- DRAINAGE	511 885 100
600	OUVRAGES	130 562 000
700	ECLAIRAGE PUBLIC	98 000 000
800	SIGNALISATION ET SECURITE	26 400 000
TOTAUX HTVA		2 448 043 900
TOTAUX TTC		2 888 691 802

Soit un coût réalisation au kilomètre de 1 155 476 721 FCFA toutes taxes comprises.

V. ANALYSE MULTICRITERES

Variante 1 :

Chaussée en enduit superficiel.

❖ Avantages

- Imperméabilité de la structure de chaussée ;
- Une bonne adhérence aux pneus ;
- Coût élevé des ouvrages d'assainissements.

❖ Inconvénients :

- Mise en œuvre difficile ;
- Très susceptible face à l'agression des hydrocarbures
- Susceptible aux températures élevées ;
- Pas d'apport du point de vue résistance à la structure de chaussée ;
- Ne peut pas servir d'ouvrage de drainage ;

Variante 2 :

Chaussée drainante en pavé de béton

❖ Avantages

- Résiste bien à la compression sous les charges des pneumatiques ;
- Résiste bien aux l'agression des hydrocarbures ;
- Démontage et montage facile au moment de l'entretien ;
- Facile à mettre en œuvre ;
- Peuvent permettre le drainage des eaux ;
- Faible susceptibilité à la température.

❖ Inconvénients

- Inconfort en conduite ;
- Coût faible des ouvrages d'assainissements.

Tableau 30: Analyse multicritère

Critère	Poids	Variante 1(enduit superficiel bicouche)	Score pondéréV1	Variante 2 (Pavé de béton)	Score pondéréV2
Coût de réalisation	25%	3 (coût élevé)	0,75	4 (coût moins élevé)	1,00
Durabilité	20%	2	0,40	4	0,80
Facilité d'entretien	15%	3	0,45	4	0,60
Résistance aux conditions locales	15%	2	0,30	4	0,60
Capacité de drainage	15%	1 (pas adapté)	0,15	4 (adapté)	0,60
Confort et sécurité de circulation	10%	4	0,40	3	0,30
Total	100%	-	2,45	-	3,90

Tableau 31: Argumentaire de l'analyse multicritère

Critère	Variante 1 (enduit superficiel bicouche)	Variante 2 (Pavé de béton)
Coût de réalisation	La variante est pénalisée par son coût qui est plus élevé, avec un score de 0,75.	La variante obtient un meilleur score de 1,00, grâce à un coût de réalisation moins élevé.
Durabilité	La variante est jugée moins durable avec un score de 0,40. Ce qui pourra engendrer plus de coût d'entretien.	La variante est jugée plus durable avec un score de 0,80.
Facilité d'entretien	La variante est plus contraignante à entretenir et obtient un score de 0,45.	La variante est plus facile à entretenir et obtient un score de 0,60. Ce qui réduit les coûts à long terme liés à l'entretien.
Résistance aux conditions locales	La variante est jugée moins performante et obtient un score de 0,30 sur ce critère.	Montre une meilleure adaptation aux conditions locales et obtient un score de 0,60, notamment en termes de résistance à l'érosion.
Capacité de drainage	La variante est jugée inadaptée et obtient un score de 0,15, ce qui représente un risque majeur pour la durabilité de l'infrastructure.	La variante est clairement plus adaptée au drainage des eaux de ruissellement et obtient un score de 0,60.
Confort et sécurité de circulation	La variante offre un meilleur confort et obtient un score de 0,40, ce qui peut être un avantage pour les usagers.	La variante est légèrement en retrait sur ce point et obtient un score de 0,30.
Conclusion	L'analyse multicritère révèle que la Variante 2 (pavé de béton) est nettement plus avantageuse, avec un score total de 3,90 contre 2,45 pour la Variante 1. Elle surpasse la Variante 1 dans presque tous les critères clés : coût, durabilité, entretien, résistance aux conditions locales et drainage. Bien que la Variante 1 offre un meilleur confort de circulation, cela ne compense pas ses faiblesses structurelles et fonctionnelles. Ainsi, la Variante 2 constitue le choix le plus judicieux pour garantir la pérennité, la fonctionnalité et la rentabilité du projet.	

CONCLUSIONS :

Ce mémoire de fin d'étude avait pour but, d'apporter une solution aux difficultés auxquels font face les riverains de la rue Mazadou Djika-Descente mairie de la ville de Maradi au Niger, vis-à-vis des inondations et à la dégradation du terrain naturel, dû au phénomène de ravinement. Ceci en proposant un aménagement adéquat, permettant de stabiliser le terrain naturel de la rue, tout en drainant les eaux de ruissellement de cette dernière vers l'exutoire.

Au terme de ce travail nous avons pu, conformément aux objectifs du projet, répondre à la problématique liée à l'amélioration du cadre de vie des riverains de la rue Mazadou Djika-descente mairie, notamment en matière de mobilité et d'assainissement, dans le but de prévenir les inondations et l'érosion dont est sujette la rue. Cela en nous basant sur des données et des outils, qui nous ont permis :

- De dimensionner deux variantes de chaussées, dont une en enduit superficiel bicouche et une autre en pavé de béton ;
- De faire un dimensionnement hydraulique et structurel de nos ouvrages d'assainissement ;
- De faire la conception géométrique des deux variantes de chaussées selon la norme ICTAVRU, en tenant compte du contexte du projet et en adoptant une conception propre à chacune des variantes ;
- D'établir un devis estimatif des deux variantes de chaussée.
- De réaliser une analyse multicritère afin d'évaluer objectivement les deux options, selon leur adéquation au projet.

Ainsi au regard de tous ce qui a été réalisé comme études et analyse, il en n'est ressorti qu'opter pour la variante 2, qui est une chaussée drainante en pavé de béton, est plus judicieux. Le projet a été estimé à un montant de Deux milliards huit cents quatre-vingt-huit million six cent quatre-vingt-onze mille huit cent deux francs cfa (2 888 691 802 Fcfa) toutes taxes comprises, Soit un coût réalisation au kilomètre de, un milliard cent cinquante-cinq million quatre cent soixante-seize mille sept cent vingt un francs CFA (1 155 476 721 Fcfa) toutes taxes comprises.

BIBLIOGRAPHIE :

- [1] Ministère des relations extérieures coopération et développement, « Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux ». 1984.
- [2] O. MONE, « Dimensionnement des chaussées ». 2022.
- [3] Pr Harouna Karambiri et Dr Dial NIANG, « Analyse fréquentielle ». 2013.
- [4] « Technique D’ajustement Par Loi Gumbel Et Gauss | PDF | Loi normale | Intervalle de confiance ». Consulté le : 3 janvier 2025. [En ligne]. Disponible sur : <https://fr.scribd.com/document/484643042/Technique-d-Ajustement-par-loi-Gumbel-et-Gauss>
- [5] République Française-ministère de la coopération et du développement « Bceom Hydraulique-Routière ».1979.
- [6] A. MESSAN, « BETON ARME ». 2022.
- [7] Jean-Pierre Mougin, « Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites ». 2000.
- [8] N. ministère de l’équipement et du logement, « 61–Conception, Calcul et Épreuves des ouvrages d’art. Titre II–Programmes de Charges et Épreuves des Ponts-Routes ».1971.
- [9] Centre d’études sur les réseaux, les transports, l’urbanisme et les constructions publiques, « Instruction sur les conditions techniques d’aménagement des voies rapides urbaines ». 2009.
- [10] Centre d’études sur les réseaux, les transports, l’urbanisme et les constructions publiques « Instruction interministérielle sur la signalisation routière ».1963.
- [11] CERIB, « Guide de conception des ouvrages réalisés à partir de pavés, dalles, bordures et caniveaux préfabriqués en béton ».2019.

ANNEXE :

ANNEXE 1 : Etudes géotechnique et dimensionnement de chaussée.....	56
ANNEXE 2 : Etude hydrologique, hydraulique et dimensionnement structural des caniveaux.....	60
ANNEXE 3 : Conception géométrique.....	76
ANNEXE 4 : Etude financière.....	85

ANNEXE 1 : ETUDE GEOTECHNIQUE

1.1 Module des matériaux de la structure de chaussée :

$E = 3 \times \text{CBR}$ Pour les éléments fins ;

$E = 5 \times \text{CBR}$ Pour les éléments grossiers.

- Module de la couche de forme

$$E_{\text{forme}} = 3 \times 15$$

$$E_{\text{forme}} = 45 \text{ Mpa}$$

- Module de la couche de fondation

$$E_f = 5 \times 36$$

$$E_f = 180 \text{ Mpa}$$

- Module de la couche de base

$$E_b = 5 \times 80$$

$$E_b = 400 \text{ Mpa}$$

1.2 Déformation admissible ε_z :

$$\varepsilon_{zadm} = 16000 * (NE)^{-0,222}$$

$$\varepsilon_{zadm} = 16000 * (175406,6277)^{-0,222}$$

$$\varepsilon_{zadm} = 1043,03 \text{ } \mu\text{def}$$

1.3 Contrainte verticale admissible σ^z :

- Sol support

$$\sigma_{zadm1} = \frac{0,3 * \text{CBR}}{1 + 0,7 \log NE}$$

$$\sigma_{zadm1} = \frac{0,3 * 15}{1 + 0,7 \log 175406,6277}$$

$$\sigma_{zadm1} = 0,963 \text{ Mpa}$$

- Couche de fondation

$$\sigma_{Zadm2} = \frac{0,3 * CBR}{1 + 0,7 \log N}$$

$$\sigma_{Zadm2} = \frac{0,3 * 36}{1 + 0,7 \log 1,2156.10^5}$$

$$\sigma_{Zadm2} = 2,31 \text{Mpa}$$

- Couche de base

$$\sigma_{Zadm3} = \frac{0,3 * CBR}{1 + 0,7 \log N}$$

$$\sigma_{Zadm3} = \frac{0,3 * 80}{1 + 0,7 \log 1,2156.10^5}$$

$$\sigma_{Zadm3} = 5,14 \text{ Mpa}$$

1.2 Vérification des valeurs admissible sur alizé LCPC :

Variante 1 :

Trafic PL cumulé : données

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	20
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	4
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	4,78
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	15
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	1,4617E+5

Valeurs admissibles : données

matériau type : **gnt et sol** (sol trafic faible)

coefficient CAM : 1,0

trafic cumulé NE : 1,4617E+5

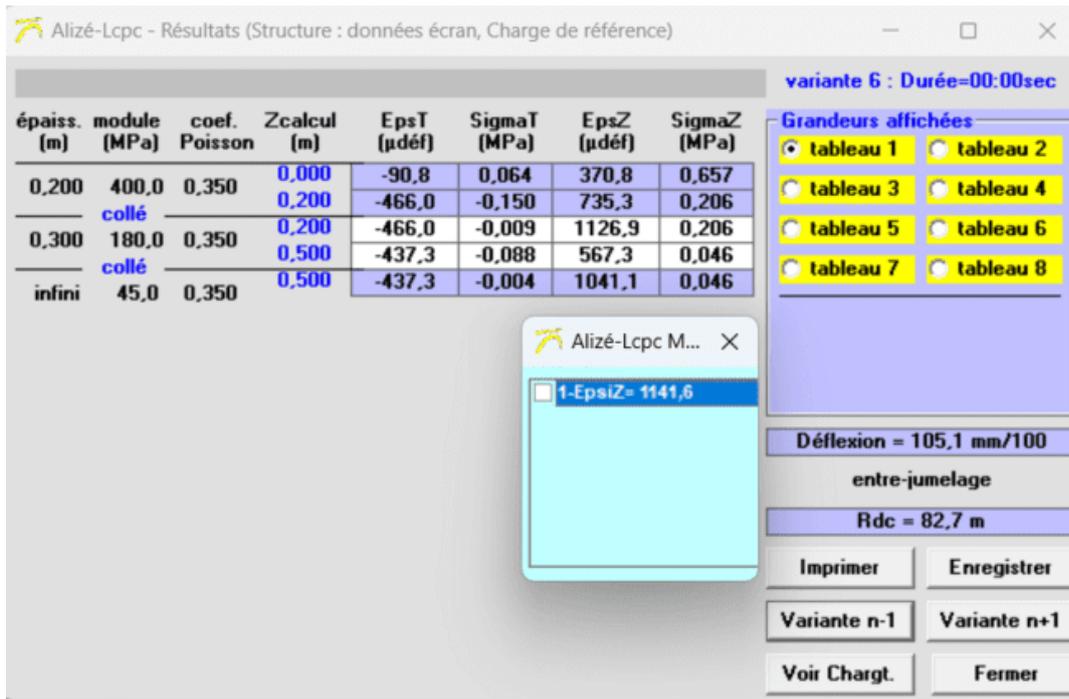
Coefficient A : 16000

pente b : -0,222

EpsilonZ admissible = 1141,6 µdéf

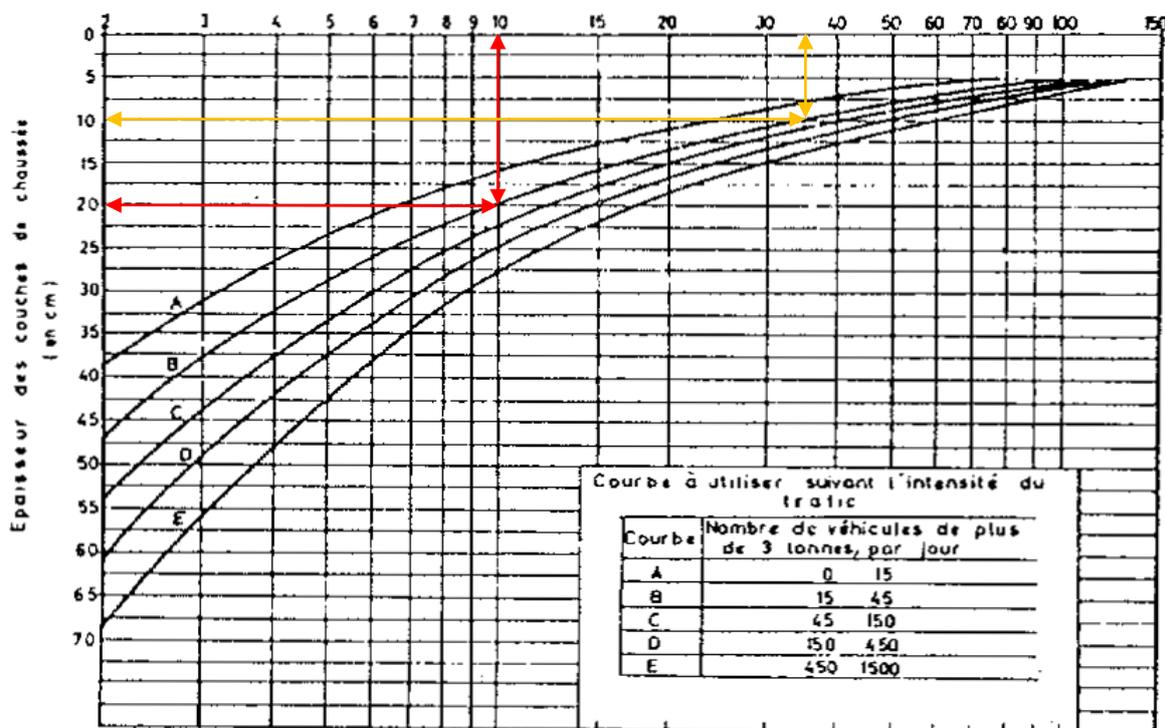
Mémo ...
1-EpsiZ= 1141,6

Pour modifier les valeurs standard : cliquer sur "gnt et sol"



Variante 2 :

ABAQUES DU ROAD RESEARCH LABORATORY
UTILISÉS POUR LES ROUTES EN TERRE
CBR en % (coefficient 2 par rapport à la rupture)



Dimensionnement des chaussées en terre

— Couche de base

— Couche de fondation

ANNEXE 2 : Etude hydrologique et hydraulique :

2.1 Dimensionnement hydraulique :

Données :

- Accélération de la pesanteur $g = 9,8 \text{ m/s}^2$;
- Débit de crue décennal $Q = Q_{10} \text{ (m}^3/\text{s)}$

❖ Variante 1 :

Largeur de caniveau C1-1 : $B = 1,00 \text{ m}$

Largeur de caniveau C2-1 : $B = 2,00 \text{ m}$

- Dimensionnement du caniveau C1-1

Débit à évacuer par le C1-1 : $Q = 5,082 \text{ m}^3/\text{s}$

Hauteur critique (m) :

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{Q}{B}\right)^2}$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{1}{9,8} \left(\frac{5,082}{1,00}\right)^2} \rightarrow h_c = 1,38 \text{ m}$$

Le rayon hydraulique (m)

$$R_{hc} = \frac{S_c}{P_c} = \frac{B \cdot h_c}{B + 2h_c}$$

$$R_{hc} = \frac{1 \cdot 1,38}{1 + (2 \cdot 1,38)} \rightarrow R_{hc} = 0,37 \text{ m}$$

La vitesse critique :

$$V_c = \frac{Q}{B \cdot h_c}$$

$$V_c = \frac{5,082}{1 \cdot 1,38} \rightarrow V_c = 3,68 \text{ m/s}$$

La pente critique :

$$I_c = \left(\frac{V_c}{K_S \cdot R_{hc}^{2/3}}\right)^2$$

$$I_c = \left(\frac{3,68}{67 * 0,37^{2/3}} \right)^2 \rightarrow I_c = 0,011$$

En adoptant une vitesse de 3,30 m/s, nous obtenons les valeurs suivantes :

La hauteur :

$$h = \frac{Q}{B * v}$$

$$h = \frac{5,082}{1,00 * 3,30}$$

$$h = 1,54 \text{ m}$$

Nous adoptons une hauteur de $h = 1,80 \text{ m}$

Le rayon hydraulique :

$$R_h = \frac{B*h}{B+2h}$$

$$R_h = \frac{2 * 1,80}{2 + (2 * 1,80)} \rightarrow R_h = 0,38 \text{ m}$$

La pente :

$$I = \left(\frac{V}{K_S * R_h^{2/3}} \right)^2$$

$$I = \left(\frac{3,30}{67 * 0,38^{2/3}} \right)^2 \rightarrow I_c = 0,0089$$

Nous pouvons ainsi recalculer le débit avec ces nouvelles valeurs :

$$Q = S * k * R^{2/3} * I^{1/2}$$

$$Q = (1,80 * 1,00) * 67 * 0,38^{2/3} * 0,0089^{1/2}$$

$$Q_{calculé} = 5,97 \text{ m}^3/\text{s} > Q = 5,082 \text{ m}^3/\text{s} \text{ la section est donc vérifiée.}$$

❖ Variante 2 :

Largeur de la chaussée $B = 7 \text{ m}$.

Largeur de caniveau C2-2 = 2 m

- Dimensionnement du caniveau C2-2.

Débit à évacuer : $Q = 11,858 \text{ m}^3/\text{s}$

Hauteur critique (m) :

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{Q}{B}\right)^2}$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{1}{9,8} \left(\frac{11,858}{2,00}\right)^2} \rightarrow h_c = 1,53\text{m}$$

Le rayon hydraulique (m)

$$R_{hc} = \frac{Sc}{Pc} = \frac{B \cdot hc}{B + 2hc}$$

$$Rh_c = \frac{1 \cdot 1,38}{1 + (2 \cdot 1,53)} \rightarrow Rh_c = 0,60\text{m}$$

La vitesse critique :

$$V_c = \frac{Q}{B \cdot hc}$$

$$V_c = \frac{5,082}{1 \cdot 1,53} \rightarrow V_c = 3,87 \text{ m/s}$$

La pente critique :

$$I_c = \left(\frac{V_c}{Ks \cdot Rh_c^{2/3}}\right)^2$$

$$I_c = \left(\frac{3,68}{67 \cdot 0,37^{2/3}}\right)^2 \rightarrow I_c = 0,007$$

En adoptant une vitesse de 3,30 m/s, nous obtenons les valeurs suivantes :

La hauteur :

$$h = \frac{Q}{B \cdot v}$$

$$h = \frac{5,082}{2,00 \cdot 3,30}$$

$$h = 1,80\text{m}$$

Nous adoptons une hauteur de $h = 2,00 \text{ m}$

Le rayon hydraulique :

$$R_h = \frac{B \cdot h}{B + 2h}$$

$$R_h = \frac{2 \cdot 2,00}{2 + (2 \cdot 2,00)} \rightarrow R_h = 0,64 \text{ m}$$

La pente :

$$I = \left(\frac{V}{K_S \cdot R h^{2/3}} \right)^2$$

$$I = \left(\frac{3,30}{67 \cdot 0,60^{2/3}} \right)^2 \rightarrow I_c = 0,0044$$

Nous pouvons ainsi recalculer le débit avec ces nouvelles valeurs :

$$Q = S \times k \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Q = (2,00 \times 2,00) \times 67 \times 0,64^{2/3} \times 0,0044^{1/2}$$

$Q_{calculé} = 13,20 \text{ m}^3/\text{s} > Q = 11,858 \text{ m}^3/\text{s}$ la section est donc vérifiée.

2.2 Dimensionnement structurel des caniveaux :

Hypothèses de calcul des :

Béton :

- Poids volumique : $\gamma_{\text{béton}} = 25 \text{ kN/m}^3$;
- Résistance caractéristique à la compression : $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$;
- Coefficient de sécurité du béton : $\gamma_b = 1,5$;

Acier :

- Limite d'élasticité $f_e = 400 \text{ MPa}$;
- Coefficient de sécurité : $\gamma_s = 1,15$

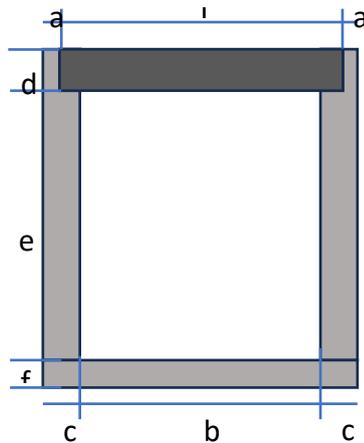
Sol :

- Poids volumique de la terre : $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$;
- Coefficient de poussée des terres : $K_a = 0,33$

Charges :

- Charges permanentes : poids propre de l'ouvrage ;
- Charge d'exploitation : roue isolée du système $Br = 100 \text{ kN}$

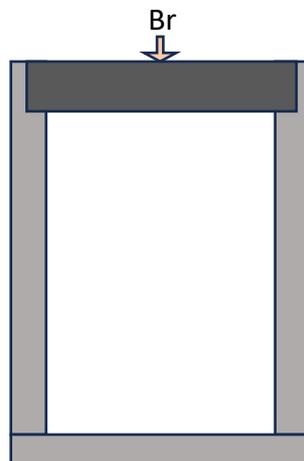
a) Géométrie des caniveaux :



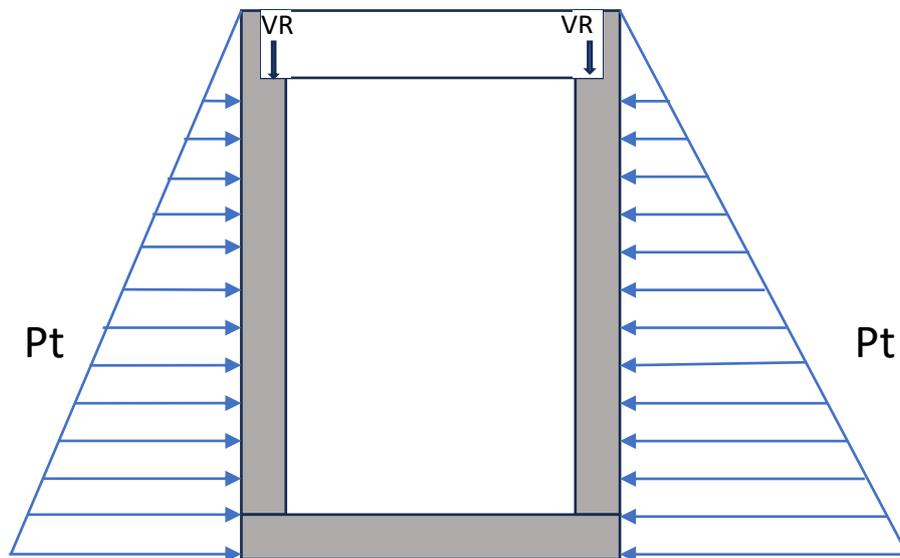
Repère	Désignation	Dimension du caniveau 2,00 x 2,00 (m)	Dimension du caniveau 1,80 x 1,00 (m)
a	Epaisseur de la lèvre de feuillure	0,08	0,08
l	Portée de la dalle	2,10	1,10
c	Epaisseur du piédroit	0,15	0,15
d	Epaisseur de la dalle	0,20	0,20
e	Hauteur du caniveau	2,00	1,80
b	Ouverture du caniveau	2,00	1,00
f	Epaisseur du radier	0,20	0,15
h	Largeur de la dalle	0,50	0,50

Charges :

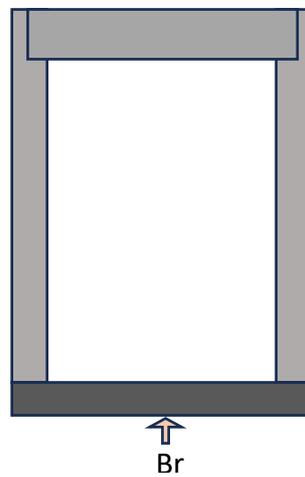
- Dalle



Piédroits :



Radier :



b) Note de calcul :

Caniveau de section 2,00 x 2,00 :

Désignations	Formules	Application numériques	Résultats
Résistance à la traction du béton (Mpa)	$f_{t28} = 0,6 + 0,06 \times f_{c28}$		2,10
Résistance à la compression du béton (Mpa)	$f_{bu} = 0,85 \times \frac{f_{c28}}{\gamma_b}$		14,17
Contrainte limite du béton (Mpa)	$\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 \times f_{c28}$		15,00
Contrainte limite de l'acier (Mpa)	$\bar{\sigma}_{st} = 0,8 \times \min \left\{ \frac{2}{3} \times f_e; \max(0,5 \times f_e; 110 \times \sqrt{\eta \times f_{t28}}) \right\}$		201,6
Dalle de couverture			
poids propre P_{dal} (kN/ml)	$P_{dal} = \gamma_{béton} \times d \times m$	$P_{dal} = 25 \times 0,20 \times 0,5$	2,50
surcharge due à la roue P_R (kN)	$P_R = R$	$P_R = 100$	100,00
moment de service M_{ser} (kN.m)	$M_{ser} = \frac{P_{dal} \times l^2}{8} + \frac{P_R \times l}{4}$	$M_{ser} = \frac{2,5 \times 2,10^2}{8} + \frac{100 \times 2,10}{4}$	53,88
Calcul de $\bar{\alpha}$	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}}$	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200}$	0,53
Calcul de d (m)	$d = 0,9 \times h$	$d = 0,9 \times 0,20$	0,18
Calcul du bras de levier Z (m)	$Z_{ser} = d \times \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right)$	$Z_{ser} = 0,18 - \frac{0,095}{3}$	0,15
Calcul de y_{ser} (m)	$y_{ser} = \bar{\alpha} \times d$	$y_{ser} = 0,53 \times 0,18$	0,095
Calcul du moment résistant du béton (kN.m)	$M_{rb} = \frac{1}{2} \times b \times y_{ser} \times \bar{\sigma}_{bc} \times Z_{ser}$	$M_{rb} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,095 \times 15 \times 10^3 \times 0,15$	105,63
Vérification	$M_{rb} > M_{ser} \rightarrow$ pas de section comprimée		
Section d'aciers (cm^2)	$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z \times \bar{\sigma}_{st}}$	$A_{st} = \frac{53,88}{0,15 \times 201,6} \times 10$	18,01
condition de non fragilité (cm^2)	$A_{smin} = 0,23 \times \frac{f_{t28}}{f_e} \times B$	$A_{smin} = 0,23 \times \frac{2,1}{400} \times 0,5 \times 0,2 \times 10^4$	1,21

l'épaisseur de la dalle et de 20 cm → double nappes:		$A_{st/nappe} = \frac{A_{st}}{2} = 9,09 \text{ cm}^2$	
choix de armatures (cm^2)	6 HA14 EP= 10 cm		
section de aciers transversaux (cm^2)	$A_{st/nappe} = \frac{A_{st/nappe}}{3} = 3,03 \text{ cm}^2$		
choix de armatures (cm^2)	HA8 EP= 15 cm		
Pieds droit			
pois de la dalle $P_{dal} (kN)$	$P_{dal} = \frac{\gamma_b \times d \times h \times}{2}$	$P_{dal} = \frac{25 \times 0,20 \times 0,50 \times 1}{2}$	1,25
surcharge due à la roue $P_R (kN)$	$P_R = \frac{R}{2}$	$P_R = \frac{100}{2}$	50,00
pois du pied droit $P_p (kN)$	$P_p = \gamma_b \times ((e + f) \times c) + (a \times d)$	$P_p = 25 \times ((2 \times 0,15) + (0,08 \times 0,2))$	8,65
poussée des terres $P_t (kN/m)$	$P_t = \frac{1}{2} \times ka \times \gamma_{sol} \times (d + e + f)^2$	$P_t = \frac{1}{2} \times 0,33 \times 20 \times (0,2 + 2 + 0,15)^2$	19,01
$N_{ser} (kN)$	$N_{ser} = P_p + P_{dal} + P_R$	$N_{ser} = 8,46 + 1,25 + 50$	59,90
$P_{ser} (kN)$	$P_{ser} = P_t$		19,01
$M_{ser} (kN)$	$M_{ser} = \frac{p_{ser} \times l^2}{3}$	$M_{ser} = \frac{18,22 \times 2,35^2}{3}$	36,495
Excentricité $e (m)$	$e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}}$	$e = \frac{33,54}{59,71}$	0,609
Effort de compression centré ψ_1	$\psi_1 = \frac{N_{ser}}{f \times 1 \times \bar{\sigma}_{bc}}$	$\psi_1 = \frac{59,71}{0,15 \times 1 \times 15} \times 10^{-3}$	0,020
$e_{Nc} (m)$	$e_{Nc} = \xi \times f$	$e_{Nc} = 0,1659 \times 0,15$	0,033
$e_{Nc} < e \rightarrow$ section partiellement comprimé			

Excentricité e_a (m)	$e_a = e + (d - 0,5 \times h)$	$e_a = 0,56 + ((0,15 \times 0,9) - 0,5 \times 0,15)$	0,67
moment fictif $M_{ser\text{ fictif}}$ (kN.m)	$M_{ser\text{ fictif}} = N_{ser} \times e_a$	$M_{ser\text{ fictif}} = 59,71 \times 0,62$	40,09
Calcul de $\bar{\alpha}$	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}}$	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200}$	0,53
Calcul de d (m)	$d = 0,9 \times h$	$d = 0,9 \times 0,15$	0,14
Calcul de Z_{ser} (m)	$Z_{ser} = d \times \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right)$	$Z_{ser} = 0,13 \times \left(1 - \frac{0,53}{3}\right)$	0,11
Sections d'aciers (cm^2)	$A_{st} = \frac{M_{ser\text{ fictif}}}{Z \times \bar{\sigma}_{st}} - \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_{st}}$	$A_{st} = \left(\frac{37,13}{0,11 \times 200} - \frac{59,71}{200}\right) \times 10$	14,91
Section minimal (cm^2)	$A_{smin} = 0,23 \times \frac{f_{t28}}{f_e} \times B$	$A_{smin} = 0,23 \times \frac{2,1}{400} \times 0,15 \times 1 \times 10^4$	1,81
l'épaisseur du piedroit et de 15 cm \rightarrow double nappes:		$A_{st/nappe} = \frac{A_{st}}{2} = 7,45 cm^2$	
choix de armatures principales	8 HA12 ep= 12,5 cm		
section de aciers trasversaux (cm^2)	$A_{st/nappe} = \frac{A_{st/nappe}}{3} = 2,48 cm^2$		
choix de armatures trasversaux	HA8 EP= 15 cm		
Radier			
poids du radier (kN/ml)	$p_{radier} = \gamma_b \times (f \times b) + 2(f \times c)$	$p_{radier} = 25 \times (0,15 \times 2) + 2 \times (0,15 \times 0,15)$	11,50
poids des piedroits P_p (kN/ml)	$P_p = 2 \times (\gamma_b \times ((e \times c) + (a \times d)))$	$P_p = 2 \times (25 \times ((2 \times 0,15) + (0,08 \times 0,2)))$	8,65
poids de la dalle P_{dal} (kN/ml)	$P_{dal} = 2 \times \gamma_b \times d \times i \times l$	$P_{dal} = 25 \times 0,20 \times 0,5$	2,50
surcharge due à la roue P_R (kN)	$P_R = R$	$P_R = 100$	100
p (kN/m)	$p = p_{radier} + P_p + P_{dal}$	$p = 8,63 + 8,46 + 2,50$	22,65
moment de sevice M_{ser} (kN.m)	$M_{ser} = \frac{p \times l^2}{8} + \frac{P_R \times l}{4}$	$M_{ser} = \frac{19,59 \times 2,3^2}{8} + \frac{100 \times 2,3}{4}$	72,48

Calcul de $\bar{\alpha}$	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}}$	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200}$	0,53
Calcul de d(m)	d = 0,9 × h	d = 0,9 × 0,15	0,18
Calcul du bras de levier Z(m)	$Z_{ser} = d \times \left(1 - \frac{\bar{\alpha}}{3}\right)$	$Z_{ser} = 0,18 \times \left(1 - \frac{0,53}{3}\right)$	0,15
Calcul de y_{ser} (m)	$y_{ser} = \bar{\alpha} \times d$	$y_{ser} = 0,53 \times 0,18$	0,09
Calcul du moment résistant du béton (kN.m)	$M_{rb} = \frac{1}{2} \times b \times y_{ser} \times \bar{\sigma}_{bc} \times Z_{ser}$	$M_{rb} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,07 \times 15 \times 10^3 \times 0,11$	105,63
Vérification	$M_{rb} > M_{ser} \rightarrow$ pas de section comprimée		
condition de non fragilité (cm ²)	$A_{smin} = 0,23 \times \frac{f_{t28}}{f_e} \times B$	$A_{smin} = 0,23 \times \frac{2,4}{500} \times 0,35 \times 0,8$	2,42
Section d'aciers	$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z \times \bar{\sigma}_{st}}$	$A_{st} = \frac{72,48}{0,15 \times 201,6} \times 10$	24,22880527
l'épaisseur du piedroit et de 15 cm → double nappes:		$A_{st/nappe} = \frac{A_{st}}{2} = 12,12cm^2$	
choix de armatures principales	8 HA14 ep= 12,5 cm		
section de aciers transversaux (cm ²)	$A_{st/nappe} = \frac{A_{st/nappe}}{3} = 4,04 cm^2$		
choix de armatures transversaux	HA8 EP= 15 cm		

Caniveau de section 1,8 x 1,00 :

Désignations	Formules	Application numériques	Résultats
Résistance à la traction du béton (Mpa)	$f_{t28} = 0,6 + 0,06 \times f_{c28}$		2,10
Résistance à la compression du béton (Mpa)	$f_{bu} = 0,85 \times \frac{f_{c28}}{\gamma_b}$		14,17
Contrainte limite du béton (Mpa)	$\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 \times f_{c28}$		15,00
Contrainte limite de l'acier (Mpa)	$\bar{\sigma}_{st} = 0,8 \times \min \left\{ \frac{2}{3} \times f_e; \max(0,5 \times f_e; 110 \times \sqrt{\eta \times f_{t28}}) \right\}$		201,6
Dallete de couverture			
poids propre P_{dal} (kN/ml)	$P_{dal} = \gamma_{béton} \times d \times 1m$	$P_{dal} = 25 \times 0,20 \times 0,5$	2,50
surcharge due à la roue P_R (kN)	$P_R = R$	$P_R = 100$	100,00
moment de service M_{ser} (kN.m)	$M_{ser} = \frac{P_{dal} \times l^2}{8} + \frac{P_R \times l}{4}$	$M_{ser} = \frac{2,5 \times 1,10^2}{8} + \frac{100 \times 1,10}{4}$	27,88
Calcul de $\bar{\alpha}$	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}}$	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200}$	0,53
Calcul de d (m)	$d = 0,9 \times h$	$d = 0,9 \times 0,20$	0,18
Calcul de y_{ser} (m)	$y_{ser} = \bar{\alpha} \times d$	$y_{ser} = 0,53 \times 0,18$	0,095
Calcul du bras de levier Z (m)	$Z_{ser} = d \times \left(1 - \frac{y_{ser}}{3} \right)$	$Z_{ser} = 0,18 - \frac{0,095}{3}$	0,15
Calcul du moment résistant du béton (kN.m)	$M_{rb} = \frac{1}{2} \times b \times y_{ser} \times \bar{\sigma}_{bc} \times Z_{ser}$	$M_{rb} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,095 \times 15 \times 10^3 \times 0,15$	105,63
Vérification	$M_{rb} > M_{ser} \rightarrow$ pas de section comprimée		
Section d'aciers (cm ²)	$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z \times \bar{\sigma}_{st}}$	$A_{st} = \frac{27,88}{0,15 \times 201,6} \times 10$	9,32
condition de non fragilité (cm ²)	$A_{smin} = 0,23 \times \frac{f_{t28}}{f_e} \times B$	$A_{smin} = 0,23 \times \frac{2,1}{400} \times 0,5 \times 0,2 \times 10^4$	1,21
l'épaisseur de la dallette et de 20 cm → double nappes: $A_{st/nappe} = \frac{A_{st}}{2} = 4,66 \text{ cm}^2$			
choix de armatures (cm ²)	5 HA112 EP= 12,5 cm		
section de aciers trasversaux (cm ²)	$A_{st/nappe} = \frac{A_{st/nappe}}{3} = 1,55 \text{ cm}^2$		
choix de armatures (cm ²)	HA8 EP= 15 cm		

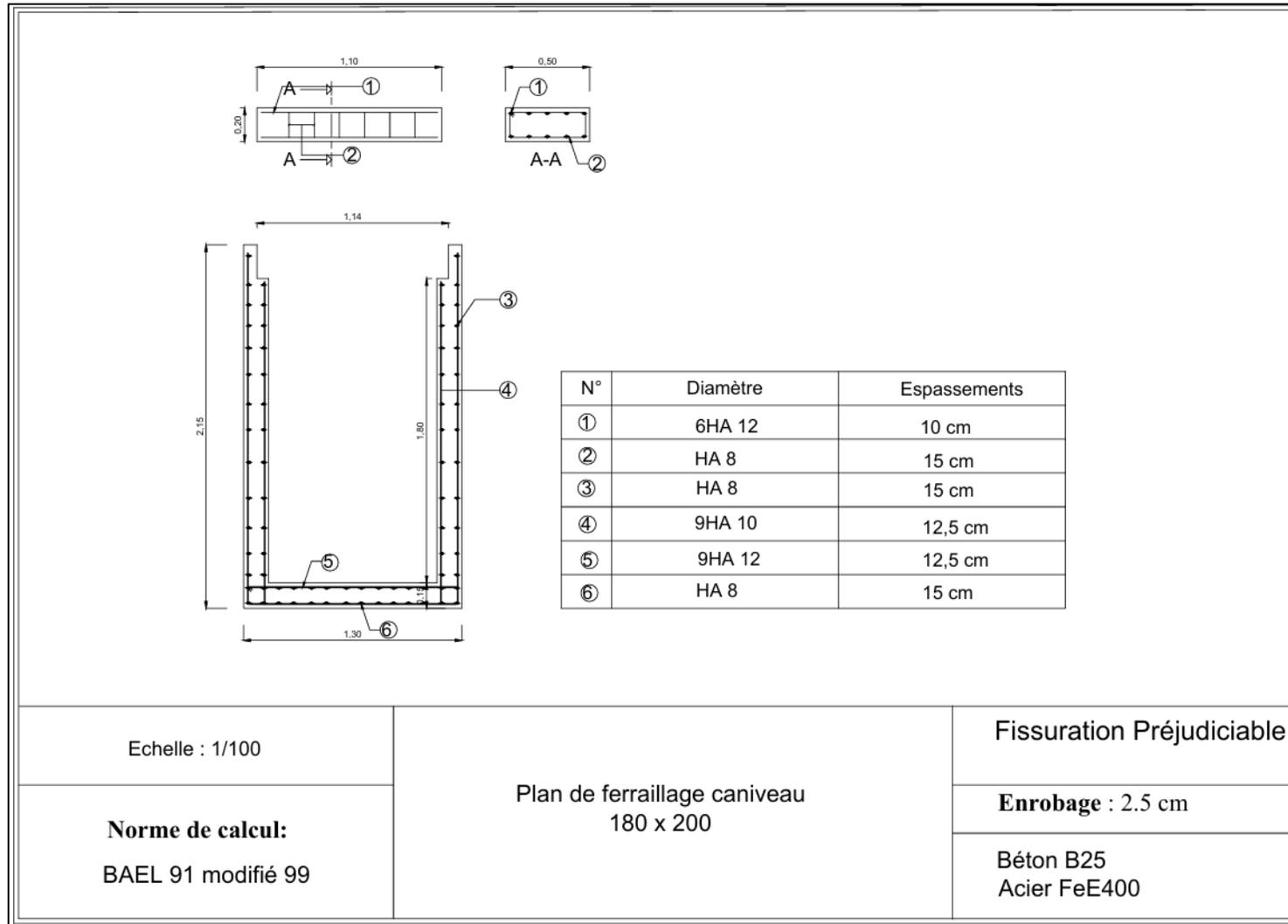
Pieds droit			
pois de la dalle $P_{dal} (kN)$	$P_{dal} = \frac{\gamma_b \times d \times h \times}{2}$	$P_{dal} = \frac{25 \times 0,20 \times 0,50 \times 1}{2}$	1,25
surcharge due à la roue $P_R (kN)$	$P_R = \frac{R}{2}$	$P_R = \frac{100}{2}$	50,00
pois du pied droit $P_p (kN)$	$P_p = \gamma_b \times ((e + f) \times c) + (a \times d)$	$P_p = 25 \times ((1,8 \times 0,15) + (0,08 \times 0,2))$	7,71
poissée des terres $P_t (kN/m)$	$P_t = \frac{1}{2} \times ka \times \gamma_{sol} \times (d + e + f)^2$	$P_t = \frac{1}{2} \times 0,33 \times 20 \times (0,2 + 1,8 + 0,15)^2$	15,25
$N_{ser} (kN)$	$N_{ser} = P_p + P_{dal} + P_R$	$N_{ser} = 7,71 + 1,25 + 50$	58,96
$P_{ser} (kN)$	$P_{ser} = P_t$		15,25
$M_{ser} (kN)$	$M_{ser} = \frac{P_{ser} \times l^2}{3}$	$M_{ser} = \frac{15,25 \times 2,15^2}{3}$	23,504
Excentricité $e (m)$	$e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}}$	$e = \frac{23,504}{58,96}$	0,399
$B = 1 m; \frac{B}{6} = 0,167 m < e = 0,399; \frac{B}{4} = 0,25 m < e = 0,399$			
Effort de compression centré ψ_1	$\psi_1 = \frac{N_{ser}}{f \times 1 \times \bar{\sigma}_{bc}}$	$\psi_1 = \frac{59,71}{0,15 \times 1 \times 15} \times 10^{-3}$	0,026
$e_{Nc} (m)$	$e_{Nc} = \xi \times f$	$e_{Nc} = 0,1659 \times 0,15$	0,025
$e_{Nc} < e \rightarrow$ section partiellement comprimé			
Excentricité $e_a (m)$	$e_a = e + (d - 0,5 \times h)$	$e_a = 0,56 + ((0,15 \times 0,9) - 0,5 \times 0,15)$	0,46
moment fictif $M_{ser} \text{ fictif} (kN.m)$	$M_{ser} \text{ fictif} = N_{ser} \times e_a$	$M_{ser} \text{ fictif} = 59,71 \times 0,62$	27,04
Calcul de $\bar{\alpha}$	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}}$	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200}$	0,53
Calcul de $d (m)$	$d = 0,9 \times h$	$d = 0,9 \times 0,15$	0,14
Calcul de $Z_{ser} (m)$	$Z_{ser} = d \times \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right)$	$Z_{ser} = 0,13 \times \left(1 - \frac{0,53}{3}\right)$	0,11

Sections d'aciers(cm^2)	$A_{st} = \frac{M_{ser\ fictif}}{Z \times \bar{\sigma}_{st}} - \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_{st}}$	$A_{st} = \left(\frac{37,13}{0,11 \times 200} - \frac{59,71}{200} \right) \times 10$	9,14
Section minimal (cm^2)	$A_{smin} = 0,23 \times \frac{f_{t28}}{f_e} \times B$	$A_{smin} = 0,23 \times \frac{2,1}{400} \times 0,15 \times 1 \times 10^4$	1,81
l'épaisseur du piedroit et de 15 cm → double nappes:		$A_{st/nappe} = \frac{A_{st}}{2} = 4,57cm^2$	
choix de armatures principales	6 HA10 ep= 20 cm		
section de aciers trasversaux (cm^2)	$A_{st/nappe} = \frac{A_{st/nappe}}{3} = 1,53cm^2 \rightarrow A_{st/nappe} = A_{smin} = 1,81 cm^2$		
choix de armatures trasversaux	HA8 EP= 15 cm		
Radier			
poids du radier (kN/ml)	$p_{radier} = \gamma_b \times (f \times b) + 2(f \times c)$	$p_{radier} = 25 \times (0,15 \times 1,3) + 2 \times (0,15 \times 0,15)$	6,00
poids des pieddroits P_p (kN/ml)	$P_p = 2 \times (\gamma_b \times ((e \times c) + (a \times d)))$	$P_p = 2 \times (25 \times ((1,8 \times 0,15) + (0,08 \times 0,2)))$	7,71
poids de la dalle P_{dal} (kN/ml)	$P_{dal} = 2 \times \gamma_b \times d \times i \times l$	$P_{dal} = 25 \times 0,20 \times 0,5$	2,50
surcharge due à la roue P_R (kN)	$P_R = R$	$P_R = 100$	100
p (kN/m)	$p = p_{radier} + P_p + P_{dal}$	$p = 6 + 7,71 + 2,50$	16,21
moment de sevice M_{ser} (kN.m)	$M_{ser} = \frac{p \times l^2}{8} + \frac{P_R \times l}{4}$	$M_{ser} = \frac{16,21 \times 1,3^2}{8} + \frac{100 \times 1,3}{4}$	45,19
Calcul de $\bar{\alpha}$	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}}$	$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200}$	0,53
Calcul de d(m)	$d = 0,9 \times h$	$d = 0,9 \times 0,15$	0,14

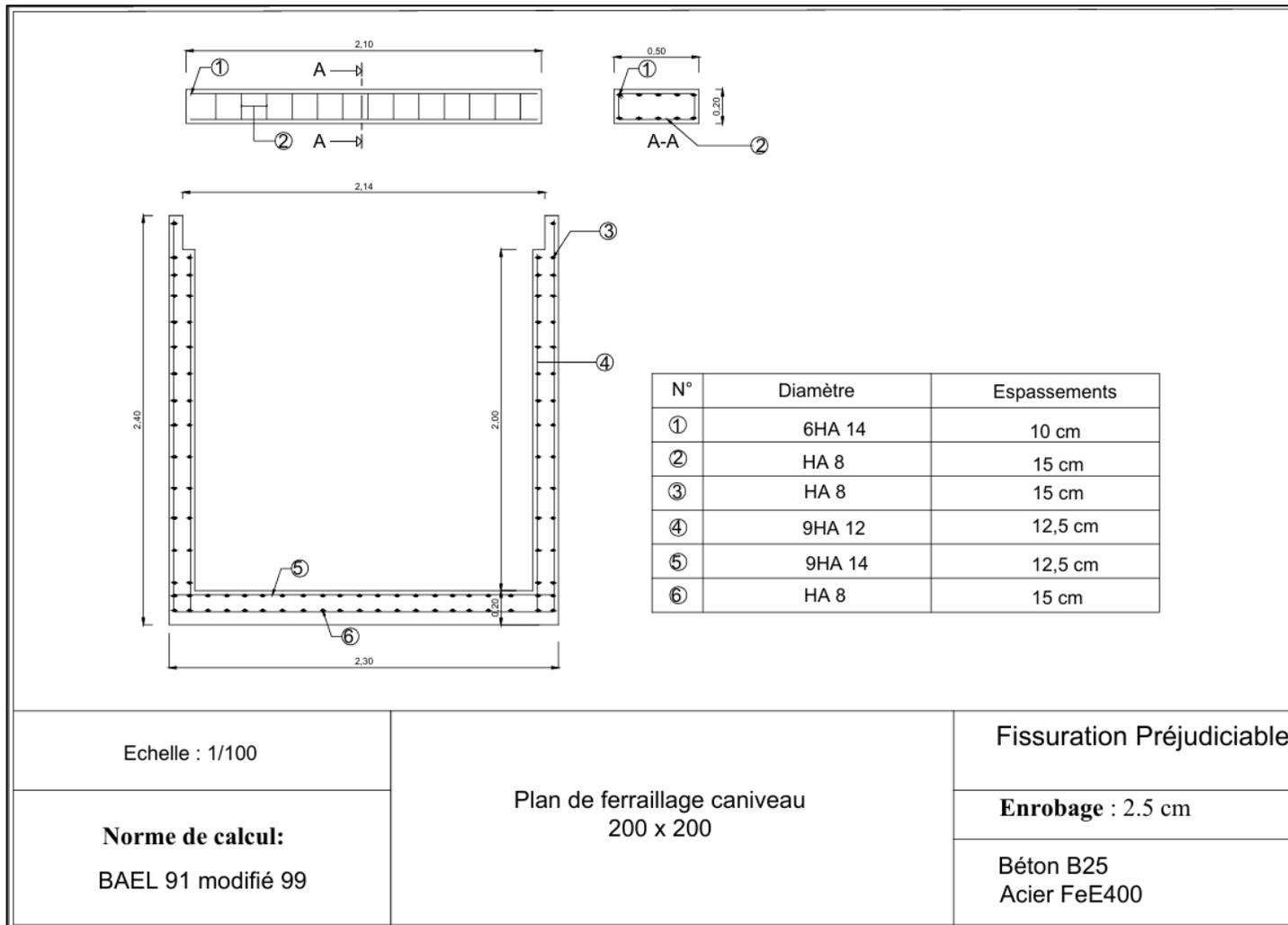
Calcul du bras de levier $Z(m)$	$Z_{ser} = d \times \left(1 - \frac{\bar{\alpha}}{3}\right)$	$Z_{ser} = 0,14 \times \left(1 - \frac{0,53}{3}\right)$	0,11
Calcul de $y_{ser} (m)$	$y_{ser} = \bar{\alpha} \times d$	$y_{ser} = 0,53 \times 0,14$	0,07
Calcul du moment résistant du béton ($kN.m$)	$M_{rb} = \frac{1}{2} \times b \times y_{ser} \times \bar{\sigma}_{bc} \times Z_{ser}$	$M_{rb} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,07 \times 15 \times 10^3 \times 0,11$	59,41
Vérification	$M_{rb} > M_{ser} \rightarrow$ pas de section comprimée		
condition de non fragilité (cm^2)	$A_{smin} = 0,23 \times \frac{f_{t28}}{f_e} \times B$	$A_{smin} = 0,23 \times \frac{2,4}{500} \times 0,35 \times 0,8$	1,81
Section d'aciers	$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z \times \bar{\sigma}_{st}}$	$A_{st} = \frac{59,41}{0,11 \times 201,6} \times 10$	20,14149835
l'épaisseur du piedroit et de 15 cm \rightarrow double nappes:		$A_{st/nappe} = \frac{A_{st}}{2} = 10,07 cm^2$	
choix de armatures principales	9 HA12 ep= 12,5 cm		
section de aciers transversaux (cm^2)	$A_{st/nappe} = \frac{A_{st/nappe}}{3} = 3,35 cm^2$		
choix de armatures transversaux	HA8 EP= 15 cm		

c) Plans de ferrailage :

Caniveau de section 180 x 100 :



Caniveau de section 200 x 200 :



Echelle : 1/100

Norme de calcul:
BAEL 91 modifié 99

Plan de ferrailage caniveau
200 x 200

Fissuration Préjudiciable

Enrobage : 2.5 cm

Béton B25
Acier FeE400

ANNEXE 3 : Conception géométrique :

I. Listing :

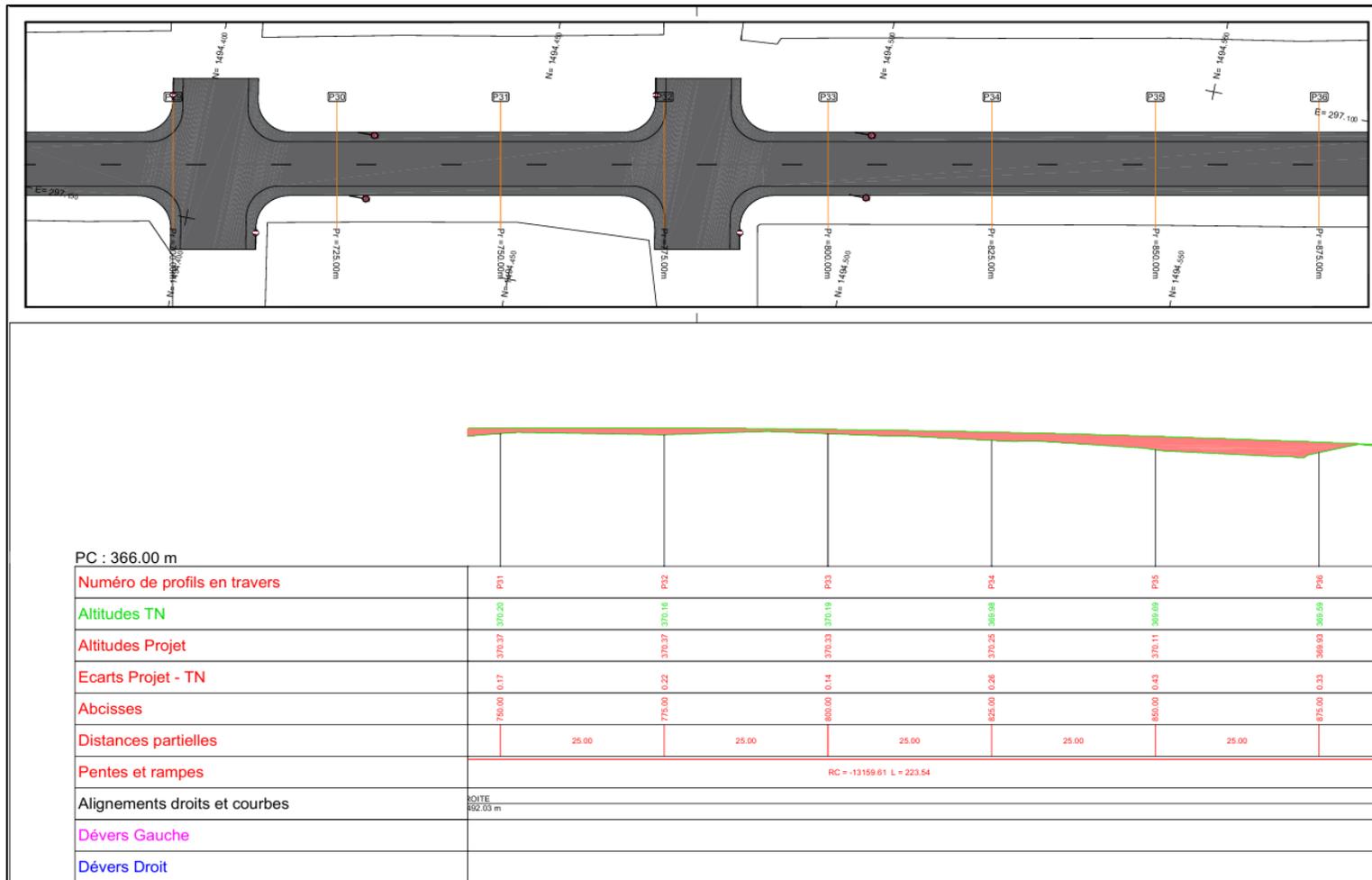
a) Listing du profil en long de la variante 1 :

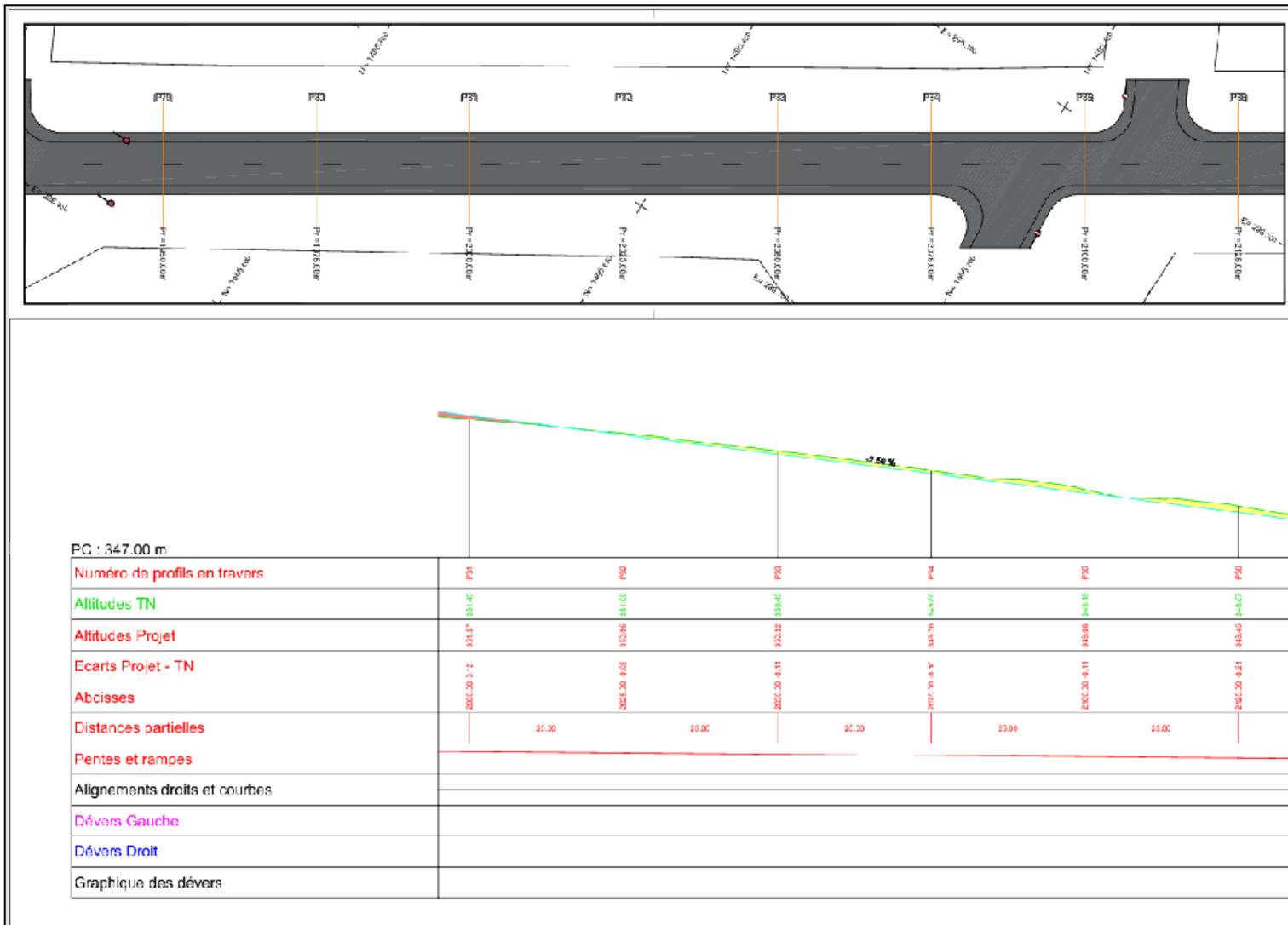
Profil En Long Projet					
Nom du dessin		rue mazadou_V1n.dwg			
Nom de l'axe		mazadou Djika-Descente mairie - Axe			
Table associée		ICTAVRU U60			
Date du listing		18/12/2024 à 22:21:32			
Elts Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude	
Pente 1	Pente 0.50 %	17,496	0,000	371,880	
Parabole 1	Rayon -26710.021 m	429,995	17,496	371,967	
	Sommet Absc. 151.055 m				
	Sommet Alt. 372.301 m				
Pente 2	Pente -1.11 %	102,796	447,491	370,656	
Parabole 2	Rayon 2510.226 m	49,718	550,287	369,515	
	Sommet Absc. 578.146 m				
	Sommet Alt. 369.361 m				
Pente 3	Pente 0.87 %	0,356	600,005	369,456	
Parabole 3	Rayon -17114.671 m	342,025	600,362	369,459	
	Sommet Absc. 749.397 m				
	Sommet Alt. 370.108 m				
Pente 4	Pente -1.13 %	235,793	942,387	369,020	
Pente 5	Pente -1.39 %	311,892	1178,180	366,361	
Parabole 4	Rayon -26337.217 m	141,857	1490,072	362,016	
	Sommet Absc. 1123.190 m				
	Sommet Alt. 364.571 m				
Pente 6	Pente -1.93 %	10,723	1631,928	359,658	
Parabole 5	Rayon -120991.547 m	467,125	1642,652	359,451	
	Sommet Absc. -694.460 m				
	Sommet Alt. 382.023 m				
Pente 7	Pente -2.32 %	50,227	2109,777	349,526	
Parabole 6	Rayon 13679.618 m	69,037	2160,004	348,362	
	Sommet Absc. 2477.058 m				
	Sommet Alt. 344.688 m				
Pente 8	Pente -1.81 %	183,584	2229,041	346,936	
			2412,625	343,607	
Longueur totale de l'axe 2412.625 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 2412.876 mètre(s)					

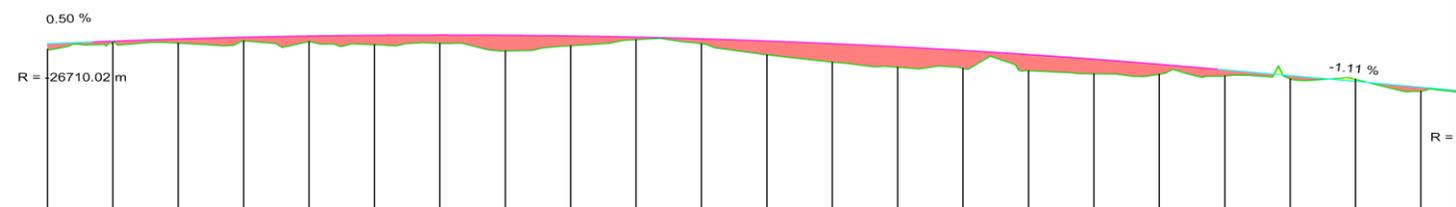
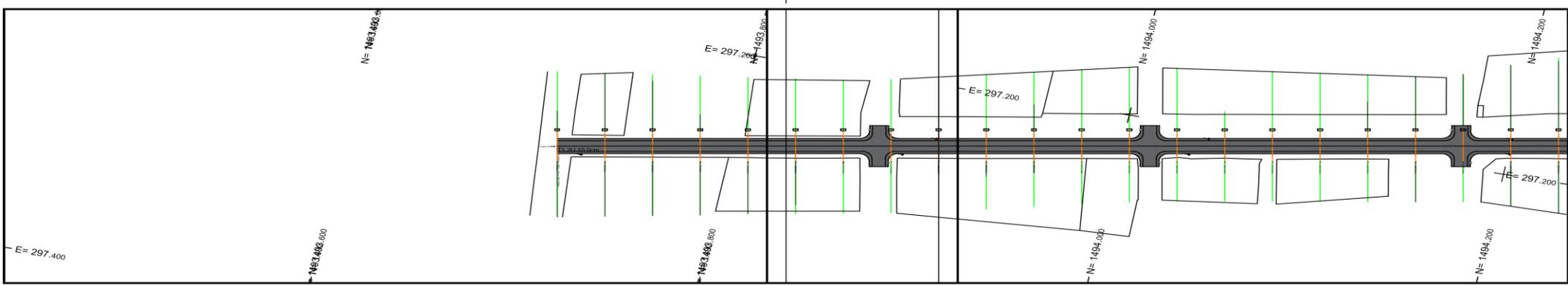
b) Listing du profil en long de la variante 2 :

Profil En Long Projet				
Nom du dessin	rue mazadou_V2finMODIF.dwg			
Nom de l'axe	mazadou Djika-Descente mairie - Axe			
Table associée	ICTAVRU U60			
Date du listing	18/12/2024 à 14:29:09			
Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente -0.51 %	1128,266	0,000	371,742
Parabole 1	Rayon -3577.410 m	23,552	1128,266	365,937
	Sommet Absc. 1109.859 m			
	Sommet Alt. 365.984 m			
Pente 2	Pente -1.17 %	432,208	1151,818	365,738
Parabole 2	Rayon -3110.249 m	29,841	1584,026	360,669
	Sommet Absc. 1547.546 m			
	Sommet Alt. 360.883 m			
Pente 3	Pente -2.13 %	174,454	1613,867	360,176
Parabole 3	Rayon -10735.514 m	38,285	1788,321	356,456
	Sommet Absc. 1559.406 m			
	Sommet Alt. 358.897 m			
Pente 4	Pente -2.49 %	591,266	1826,606	355,571
			2417,873	340,855
Longueur totale de l'axe 2417.873 mètre(s)				
Longueur développée totale de l'axe 2418.155 mètre(s)				

II. Tracé combiné et profile en travers variante 1 :

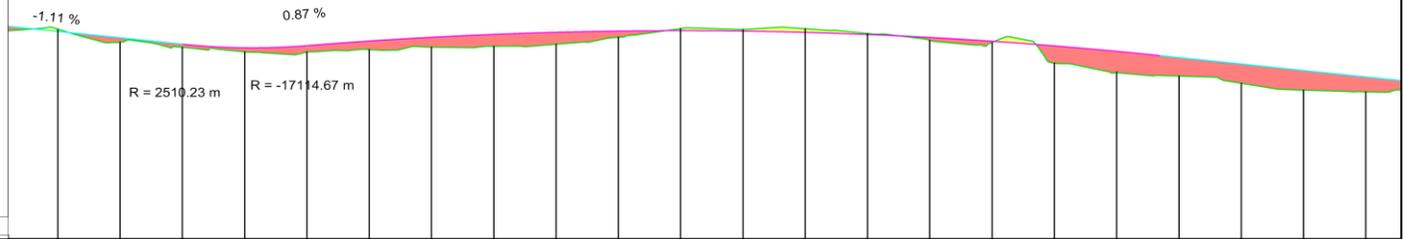
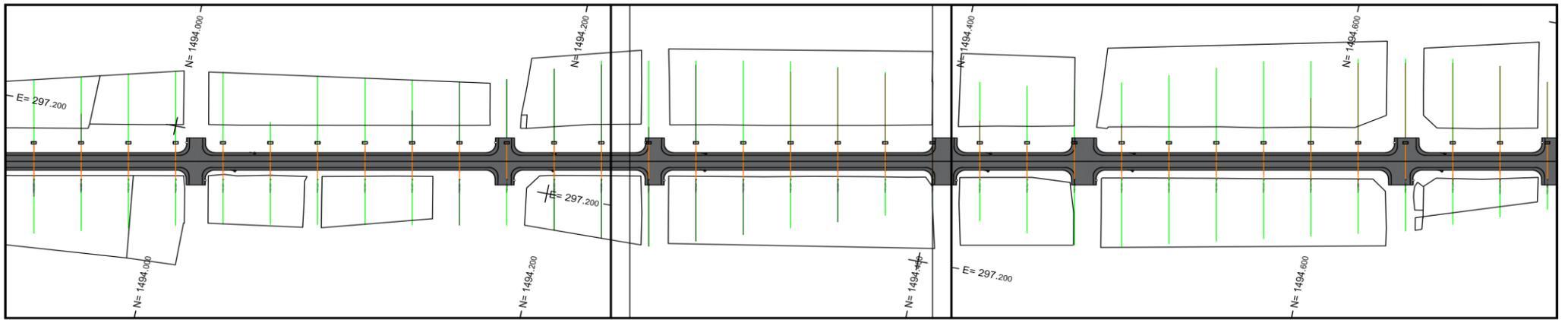






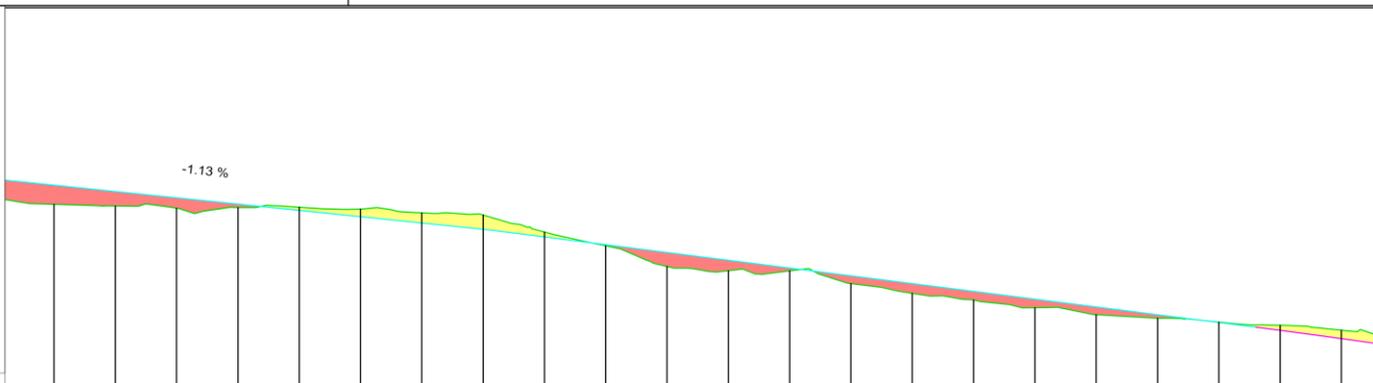
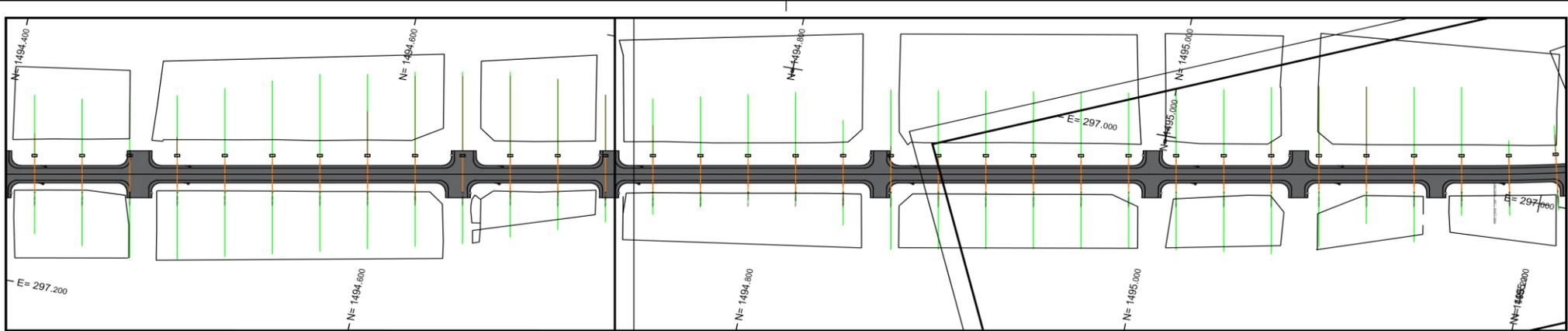
PC : 363.00 m

Numéro de profils en travers	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22									
Altitudes TN	371.61	371.93	371.91	372.01	371.98	371.83	371.89	371.53	371.78	372.07	371.87	371.34	371.00	370.74	370.70	370.58	370.44	370.41	370.33	370.19	370.17	369.61									
Altitudes Projet	371.88	371.97	372.11	372.19	372.25	372.29	372.30	372.29	372.26	372.20	372.12	372.01	371.89	371.73	371.56	371.36	371.14	370.90	370.66	370.35	370.07	369.80									
Ecarts Projet - TN		0.14	0.20	0.18	0.27	0.46	0.41	0.76	0.48	0.13	0.25	0.67	0.89	0.99	0.86	0.78	0.70	0.48	0.34	0.16	-0.10	0.19									
Abcisses	0.00	17.50	25.00	50.00	75.00	100.00	125.00	150.00	175.00	200.00	225.00	250.00	275.00	300.00	325.00	350.00	375.00	400.00	425.00	447.49	475.00	500.00	525.00								
Distances partielles	17.50	7.50	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	22.49	27.51	25.00	25.00	25.00								
Pentes et rampes	<small>DAMP</small> <small>L = 17.50 m</small> <small>P = 0.50 %</small>																			<small>RP = -26710.02 L = 429.99</small>										<small>PENTE L = 102.80 m P = -1.11 %</small>	
Alignements droits et courbes																															
Dévers Gauche																															
Dévers Droit																															



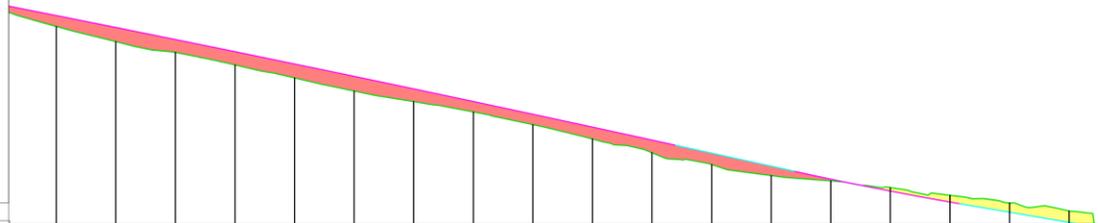
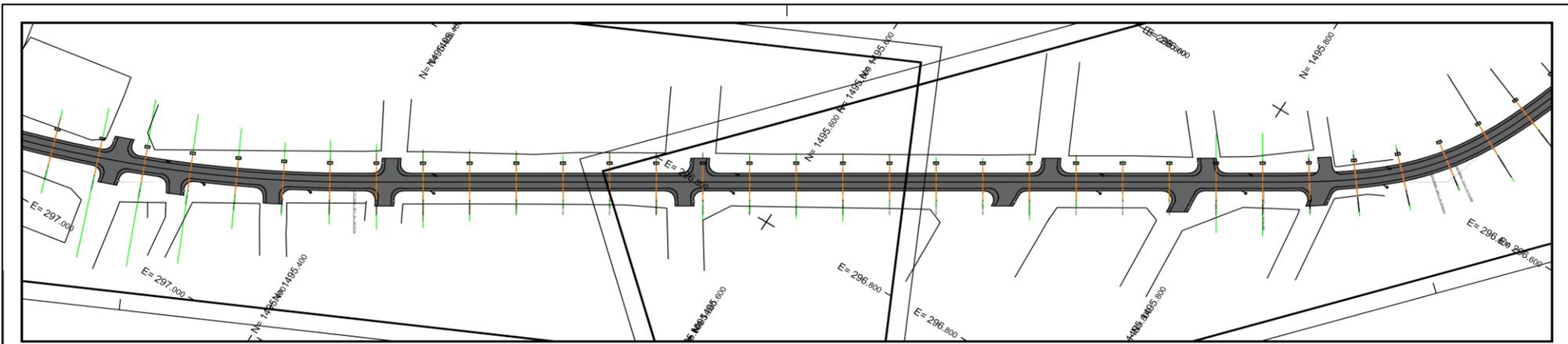
PC : 361.00 m

Numéro de profils en travers	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	P40	P41	P42			
Altitudes TN	370.17	369.61	369.38	369.18	369.18	369.26	369.39	369.42	369.52	369.82	370.20	370.16	370.19	369.98	369.69	369.59	369.69	369.30	369.02	368.93	368.81	367.51	367.43		
Altitudes Projet	370.07	369.80	369.52	369.36	369.46	369.66	369.82	369.95	370.04	370.09	370.11	370.09	370.03	369.94	369.81	369.65	369.45	369.21	369.02	368.93	368.65	368.37	368.09		
Ecarts Projet - TN	-0.10	0.19	0.14	0.18	0.28	0.37	0.43	0.52	0.52	0.27	-0.09	-0.07	-0.16	-0.04	0.13	0.05	0.76	0.91	0.87	0.81	0.85	0.86	0.65		
Abcisses	500.00	525.00	550.00	575.00	600.00	625.00	650.00	675.00	700.00	725.00	750.00	775.00	800.00	825.00	850.00	875.00	900.00	925.00	942.39	950.00	975.00	1000.00	1025.00		
Distances partielles	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	17.39	7.61	25.00	25.00	25.00	25.00	
Pentes et rampes	= 102.80 m P = -1.11 %		RP = 2510.23 L = 49.72		RP = -17114.67 L = 342.03																			PENTE	
Alignements droits et courbes	DROITE L = 1492.03 m																								
Dévers Gauche																									
Dévers Droit																									



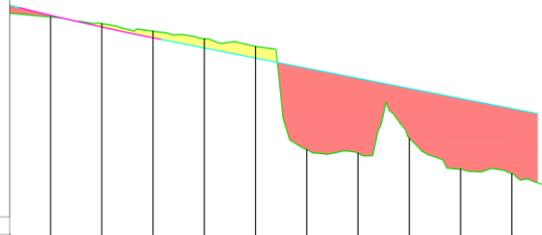
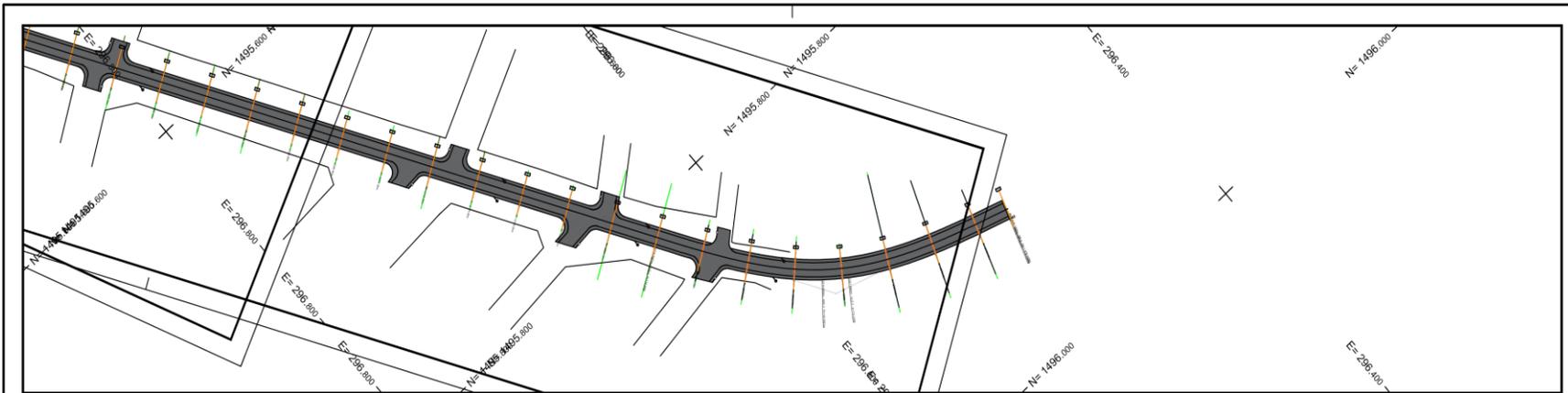
PC : 359.00 m

Numéro de profils en travers	P41	P42	P43	P44	P45	P46	P47	P48	P49	P50	P51	P52	P53	P54	P55	P56	P57	P58	P59	P60	P61	P62		
Altitudes TN	367.51	367.43	367.34	367.36	367.38	367.30	367.13	367.03	366.27	365.66	364.73	364.54	364.54	363.97	363.53	363.23	362.89	362.57	362.41	362.24	362.02	361.88	361.69	
Altitudes Projet	368.37	368.09	367.81	367.52	367.24	366.96	366.68	366.40	366.06	365.71	365.36	365.01	364.66	364.32	363.97	363.62	363.27	362.92	362.57	362.23	362.02	361.88	361.51	
Ecartes Projet - TN	0.86	0.65	0.47	0.16	-0.14	-0.34	-0.45	-0.64	-0.21	0.05	0.63	0.47	0.13	0.35	0.44	0.39	0.38	0.35	0.16	-0.02	-0.10	-0.23	-0.38	
Abcisses	1000.00	1025.00	1050.00	1075.00	1100.00	1125.00	1150.00	1175.00	1200.00	1225.00	1250.00	1275.00	1300.00	1325.00	1350.00	1375.00	1400.00	1425.00	1450.00	1475.00	1490.07	1500.00	1525.00	
Distances partielles	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	15.07	9.93	25.00	25.00
Pentes et rampes	PENTE L = 235.79 m P = -1.13 %												PENTE L = 311.89 m P = -1.39 %										RP	
Alignements droits et courbes																								
Dévers Gauche																								
Dévers Droit																								



PC : 346.00 m

Numéro de profils en travers	P75	P76	P77	P78	P79	P80	P81	P82	P83	P84	P85	P86	P87	P88	P89	P90	P91	P92	P93	P94	P95	P96	
Altitudes TN	354.78	354.11	353.64	353.08	352.50	351.92	351.45	351.00	350.43	349.80	349.19	348.67	348.18	347.94	347.65	347.31	346.97	346.62	346.19	345.65	345.13	344.59	
Altitudes Projet	355.27	354.74	354.21	353.67	353.12	352.57	352.02	351.46	350.90	350.33	349.75	349.17	348.59	348.36	348.02	347.61	347.17	346.72	346.10	345.65	345.20	344.74	
Ecarts Projet - TN	0.49	0.63	0.57	0.59	0.62	0.65	0.57	0.46	0.46	0.53	0.56	0.51	0.42	0.29	0.08	-0.15	-0.30	-0.51	-0.41	-0.36	-0.37	-0.17	
Abcisses	1850.00	1875.00	1900.00	1925.00	1950.00	1975.00	2000.00	2025.00	2050.00	2075.00	2100.00	2125.00	2150.00	2160.00	2175.00	2200.00	2225.00	2250.00	2275.00	2300.00	2325.00	2350.00	
Distances partielles	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	9.78	15.22	25.00	10.00	15.00	25.00	25.00	4.00	20.96	25.00	25.00	25.00	
Pentes et rampes	RP = -120991.55 L = 467.13											PENTE L = 50.23 m P = -2.32 %		RP = 13679.62 L = 69.04		PENTE L = 183.58 m P = -1.81 %							
Alignements droits et courbes	DROITE L = 487.08 m																						
Dévers Gauche																							
Dévers Droit																							



PC : 338.00 m

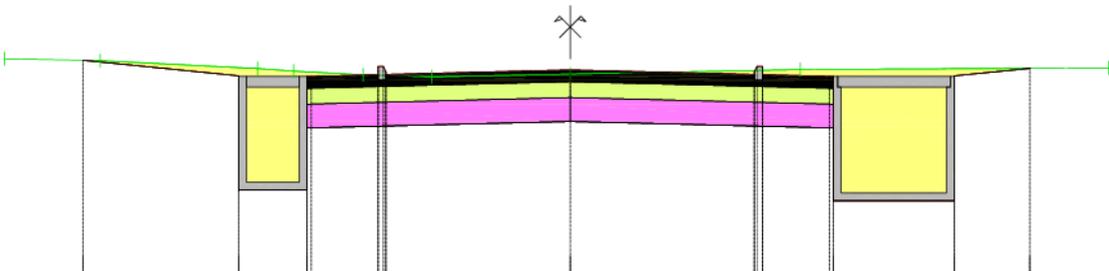
Numéro de profils en travers	P88	P89	P90	P91	P92	P93	P94	P95	P96	P97	P98	
Altitudes TN	347.94	347.65	347.31	346.97	346.62	341.99	341.83	342.50	341.12	340.81	340.44	
Altitudes Projet	348.36	348.02	347.49	347.01	346.56	346.10	345.65	345.20	344.74	344.29	343.84	343.61
Ecarts Projet - TN	0.29	0.08	-0.15	-0.30	-0.41	-0.51	-3.66	-3.37	-2.25	-3.17	-2.93	-3.11
Abcisses	2180.00	2175.00	2200.00	2225.00	2250.00	2275.00	2300.00	2325.00	2350.00	2375.00	2400.00	2412.63
Distances partielles	15.00	25.00	25.00	4.00	20.96	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	12.63
Pentes et rampes	RP = 13679.62 L = 69.04			PENTE L = 183.58 m P = -1.81 %								
Alignements droits et courbes												
Dévers Gauche												-2.50
Dévers Droit												-2.50

2.50 %
0.00 %
-2.50 %

- Déblai
- BETON
- COUCHE DE FONDATION 1
- COUCHE DE FORME
- COUCHE DE BASE 1
- ES

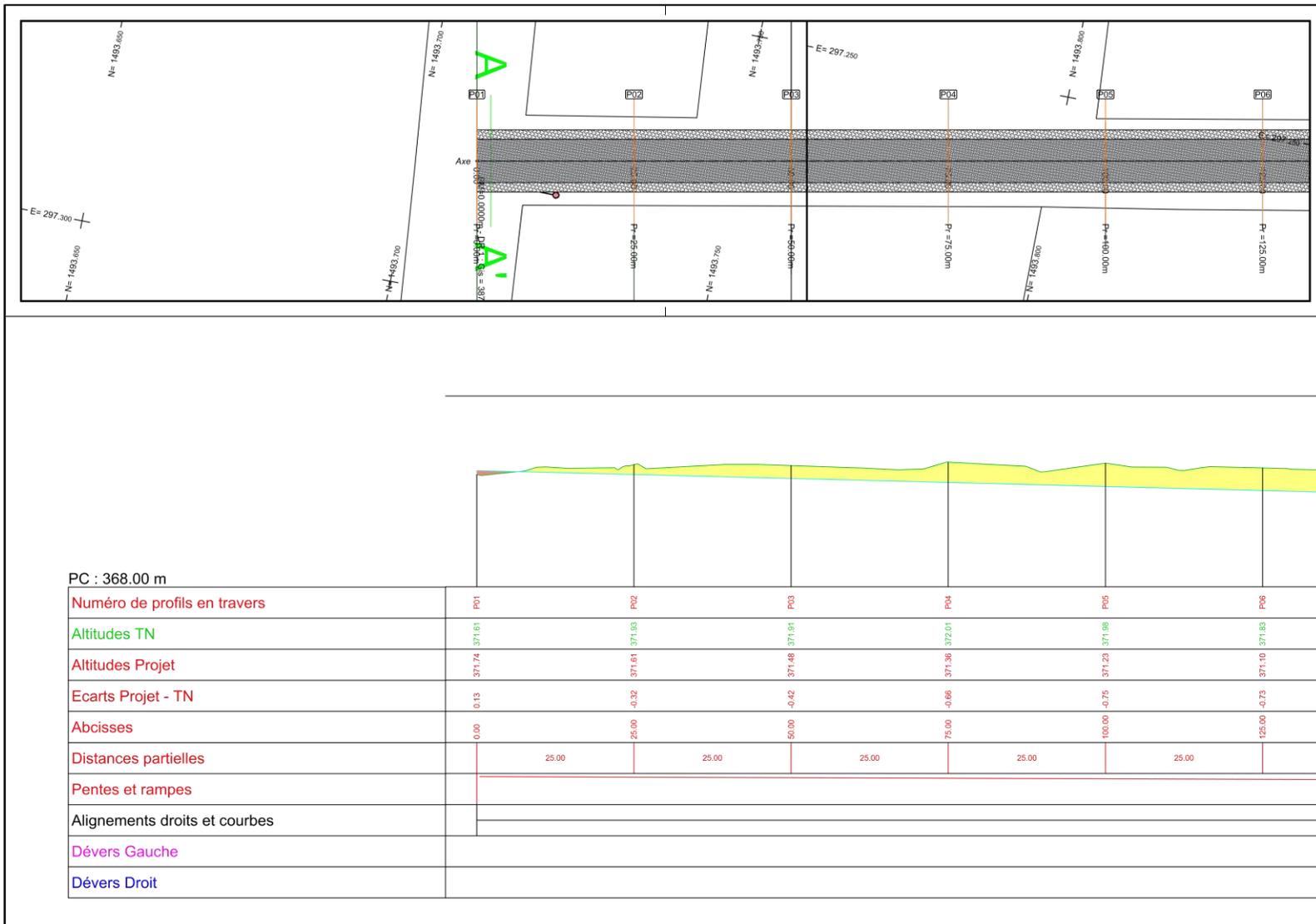
X= 296666.31
 Y= 1495771.21
 Gisement : 64.43 gr

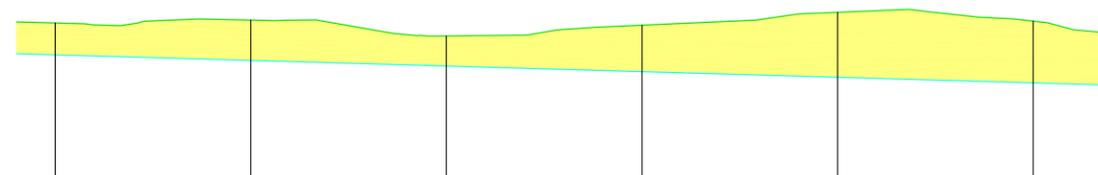
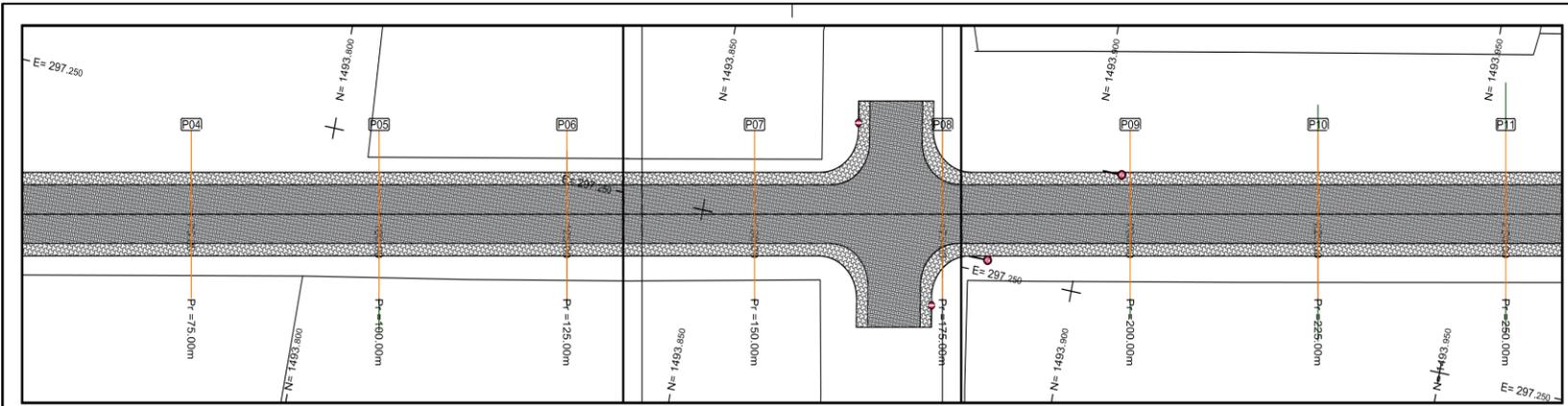
PC : 344.00 m



Altitudes TN	-10.75	-346.23	-8.93	-346.20	-5.94	-346.06	-5.25	-346.00	-3.94	-347.93	-2.63	-347.89	0.00	-347.94	4.37	-346.03	10.23	-346.06
Distances à l'axe TN																		
Altitudes Projet		346.20		347.91	347.91	347.91	347.91	347.91	347.91	347.91	347.91	347.91	348.02	347.91	347.91	347.91	347.91	346.05
Distances à l'axe Projet		-8.25		-8.30	-5.00	-3.95	-3.95	-3.95	-3.95	-3.95	-3.95	-3.95	-0.00	-0.00	5.00	5.00	7.30	8.73
Distances partielles Projet			2.95		1.30	1.27					3.50		3.50	1.27	2.30		1.43	
Distances à l'axe Arase		-8.25		-8.30	-5.00								-0.00		5.00	7.30	8.73	
Altitude Arase		346.20		347.91	346.92								347.94		346.96	347.91	346.05	

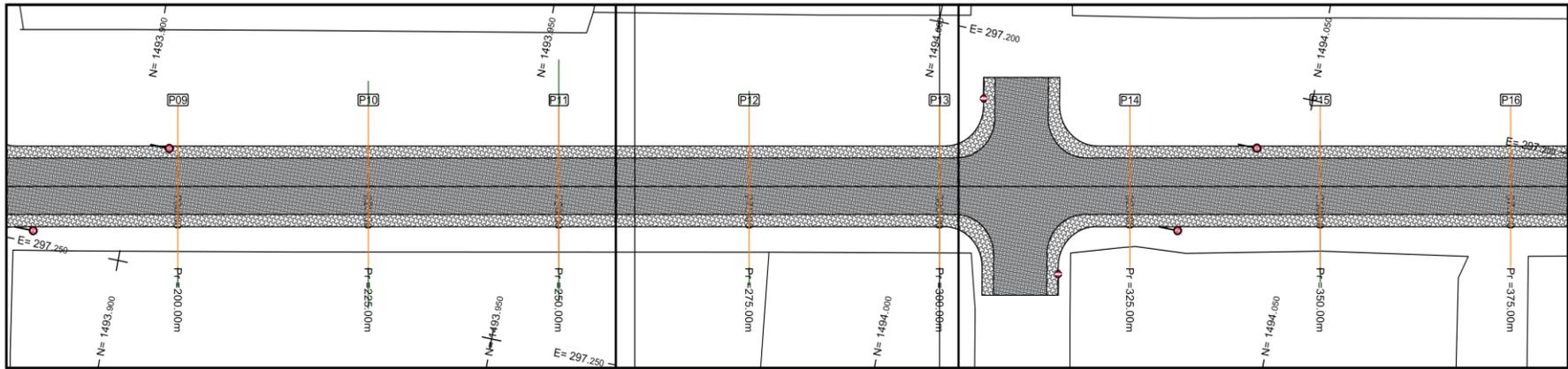
III. Tracé combiné et profile en travers variante 2 :





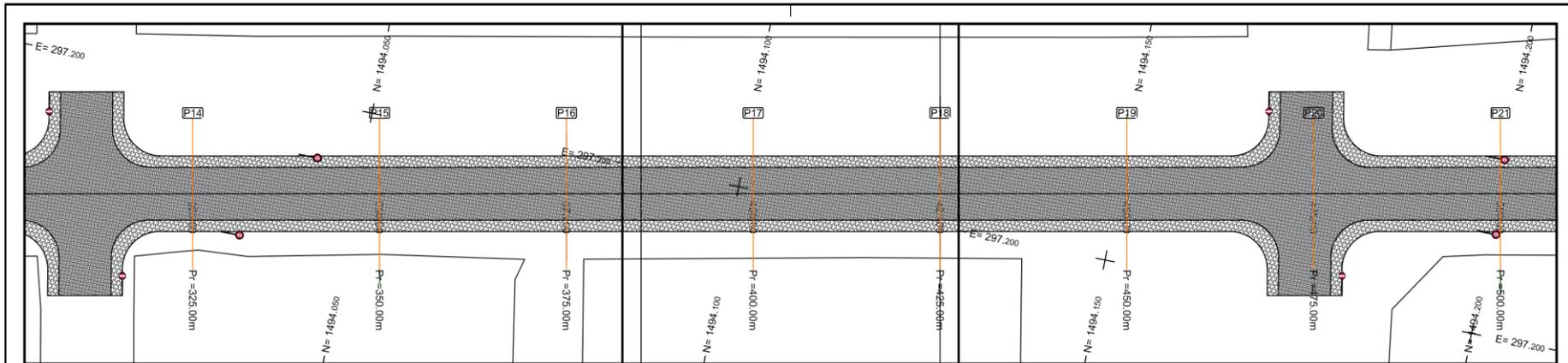
PC : 368.00 m

Numéro de profils en travers	P06	P07	P08	P09	P10	P11
Altitudes TN	371.83	371.89	371.53	371.78	372.07	371.87
Altitudes Projet	371.10	370.97	370.84	370.71	370.58	370.46
Ecarts Projet - TN	-0.73	-0.92	-0.69	-1.06	-1.49	-1.42
Abcisses	125.00	150.00	175.00	200.00	225.00	250.00
Distances partielles		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pentes et rampes						
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche						
Dévers Droit						



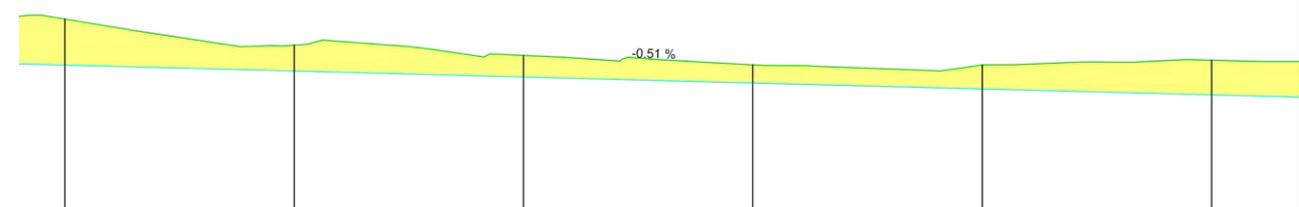
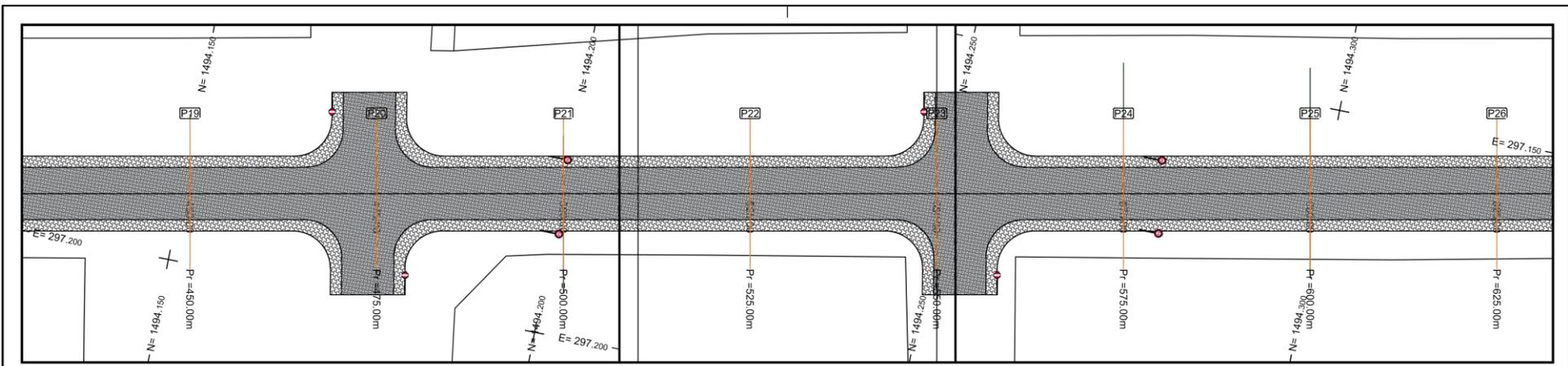
PC : 368.00 m

Numéro de profils en travers	P11	P12	P13	P14	P15	P16
Altitudes TN	371.87	371.34	371.00	370.74	370.70	370.58
Altitudes Projet	370.48	370.33	370.20	370.07	369.94	369.81
Ecart Proj - TN	-1.42	-1.02	-0.80	-0.67	-0.75	-0.77
Abcisses	250.00	275.00	300.00	325.00	350.00	375.00
Distances partielles	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	
Pentes et rampes						
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche						
Dévers Droit						



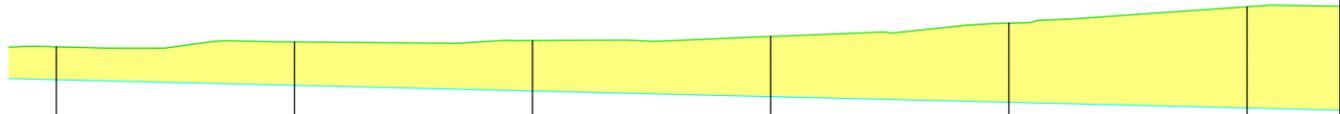
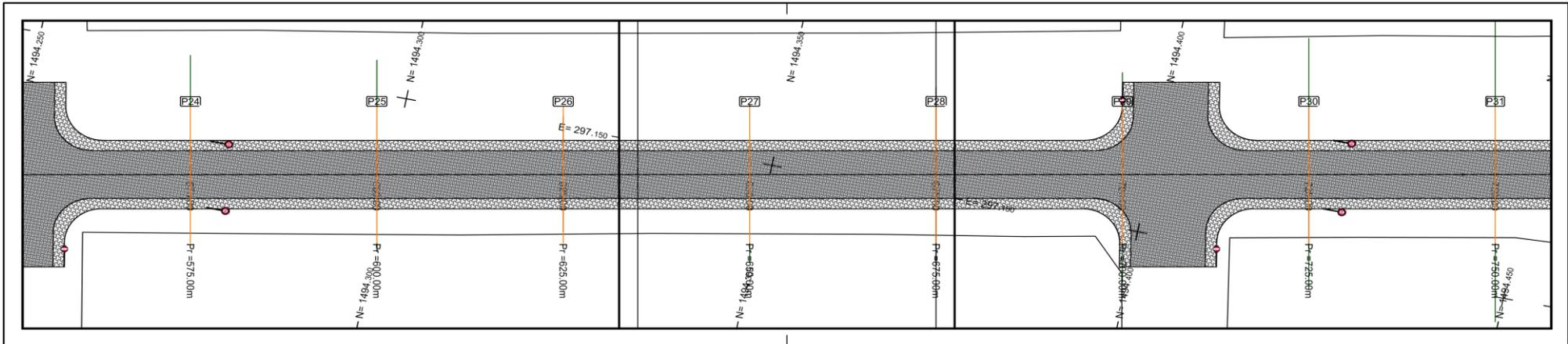
PC : 367.00 m

Numéro de profils en travers	P16	P17	P18	P19	P20	P21
Altitudes TN	370.58	370.44	370.41	370.33	370.19	370.17
Altitudes Projet	369.81	369.68	369.56	369.43	369.30	369.17
Ecarts Projet - TN	-0.77	-0.75	-0.86	-0.91	-0.90	-1.00
Abcisses	375.00	400.00	425.00	450.00	475.00	500.00
Distances partielles		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pentes et rampes						
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche						
Dévers Droit						



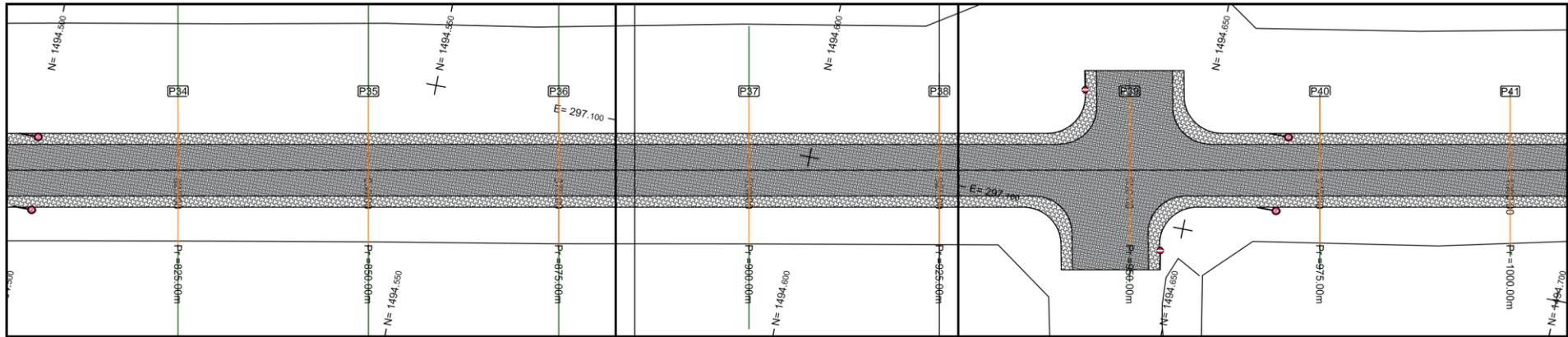
PC : 366.00 m

Numéro de profils en travers	P21	P22	P23	P24	P25	P26
Altitudes TN	370.17	369.61	369.38	369.18	369.18	369.28
Altitudes Projet	369.17	369.04	368.91	368.78	368.66	368.53
Ecart Proj - TN	-1.00	-0.56	-0.47	-0.40	-0.52	-0.75
Abcisses	500.00	525.00	550.00	575.00	600.00	625.00
Distances partielles		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pentes et rampes	PENTE L = 1128.27 m P = -0.51 %					
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche						
Dévers Droit						



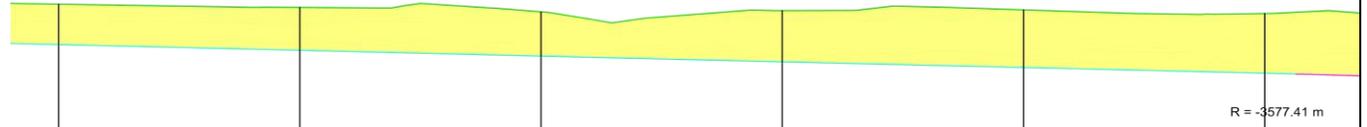
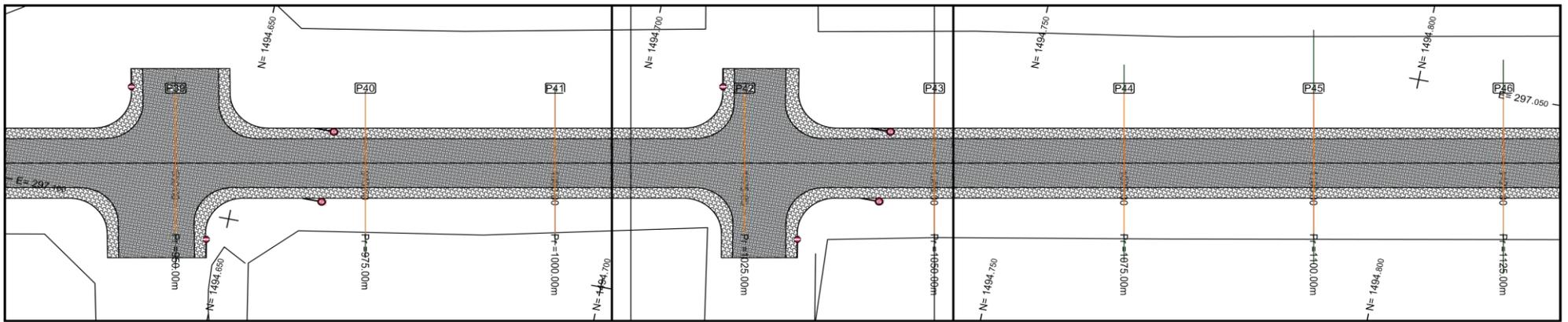
PC : 366.00 m

	P26	P27	P28	P29	P30	P31
Numéro de profils en travers	P26	P27	P28	P29	P30	P31
Altitudes TN	365.28	365.39	365.42	365.52	366.82	370.20
Altitudes Projet	368.53	368.40	368.14	368.01	368.01	367.88
Ecarts Projet - TN	-0.75	-0.99	-1.15	-1.38	-1.81	-2.31
Abcisses	625.00	650.00	675.00	700.00	725.00	750.00
Distances partielles		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pentes et rampes						
Alignements droits et courbes	DROITE L = 1492.03 m					
Dévers Gauche						
Dévers Droit						



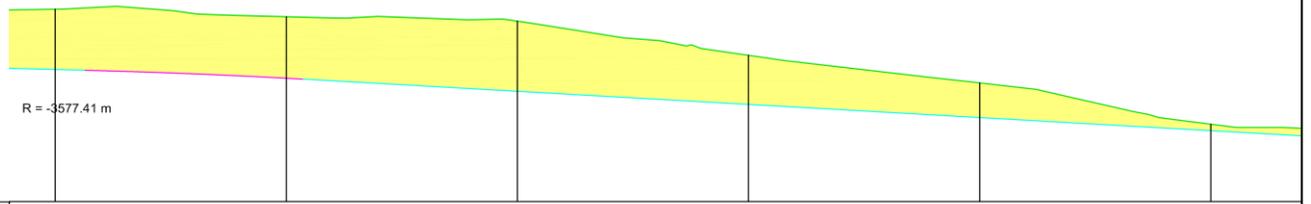
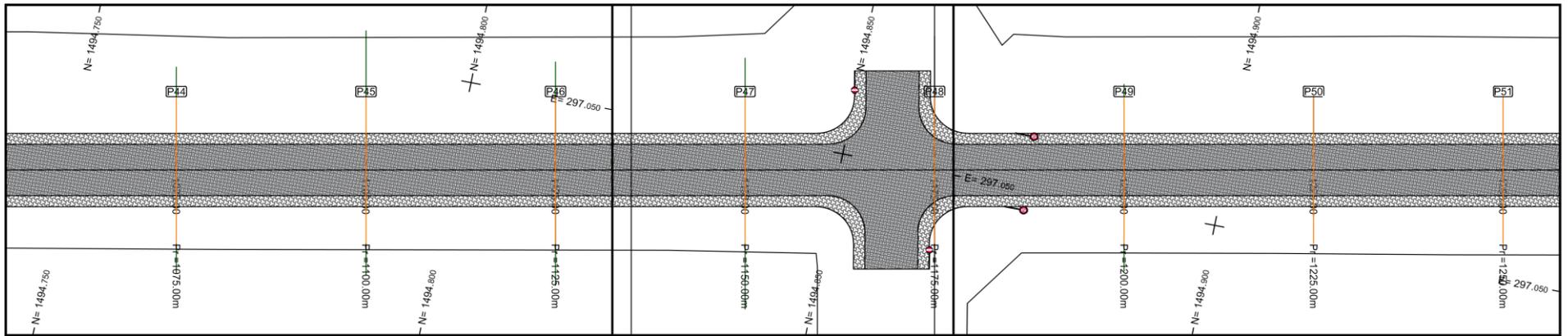
PC : 363.00 m

Numéro de profils en travers	P36	P37	P38	P39	P40	P41
Altitudes TN	369.59	368.69	368.30	368.12	367.81	367.51
Altitudes Projet	367.24	367.11	366.98	366.85	366.73	366.60
Ecarts Projet - TN	-2.35	-1.58	-1.31	-1.27	-1.08	-0.91
Abcisses	875.00	900.00	925.00	950.00	975.00	1000.00
Distances partielles		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pentes et rampes						
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche						
Dévers Droit						



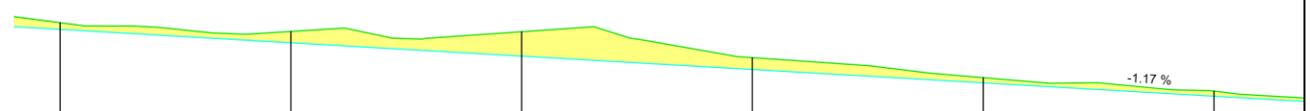
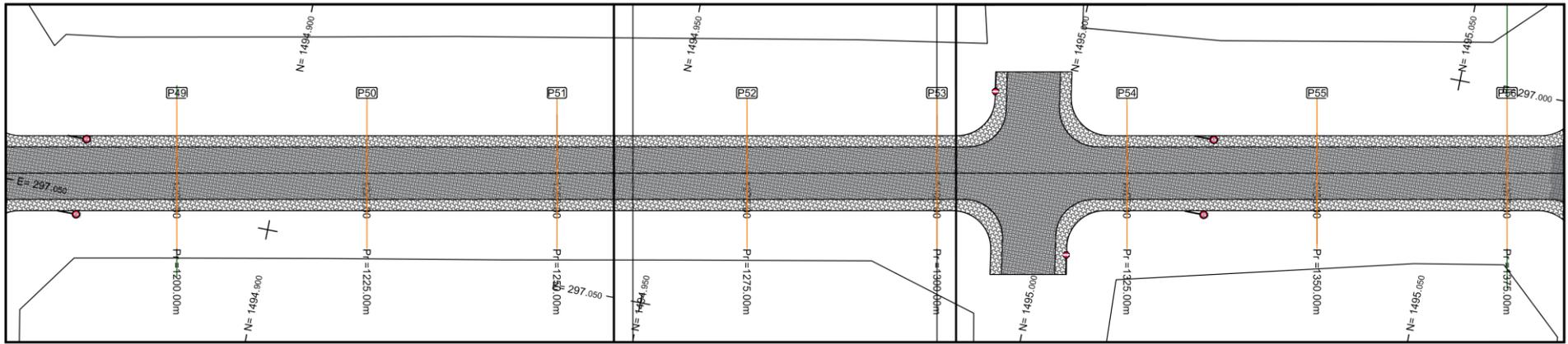
PC : 363.00 m

Numéro de profils en travers	P41	P42	P43	P44	P45	P46
Altitudes TN	367.51	367.43	367.34	367.36	367.38	367.30
Altitudes Projet	366.60	366.47	366.34	366.21	366.08	365.95 365.94
Ecart Proj - TN	-0.91	-0.97	-1.00	-1.15	-1.30	-1.35 -1.39
Abcisses	1000.00	1025.00	1050.00	1075.00	1100.00	1125.00 1128.27
Distances partielles	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	3.27
Pentes et rampes	RP					
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche						
Dévers Droit						



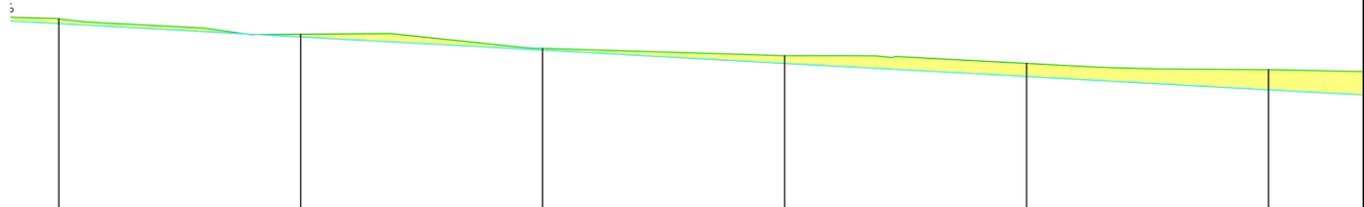
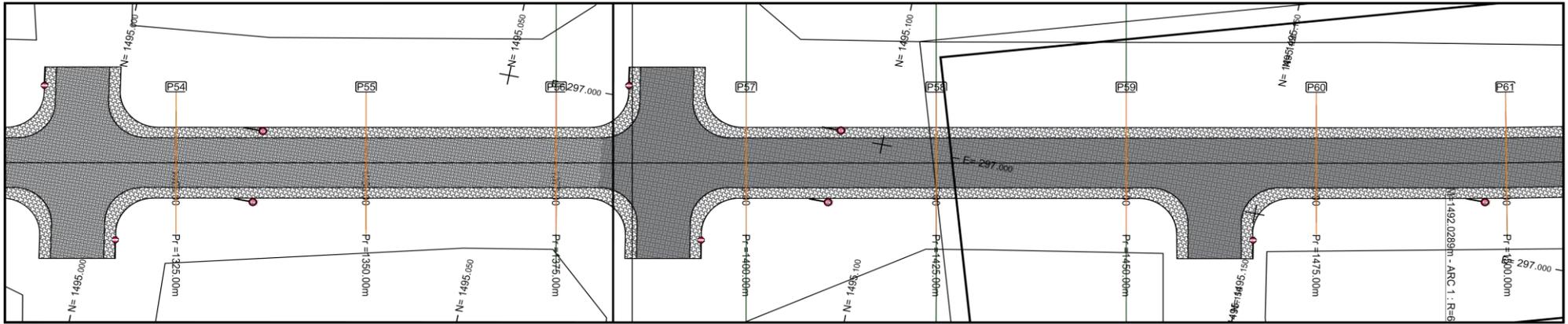
PC : 363.00 m

Numéro de profils en travers	P46	P47	P48	P49	P50	P51
Altitudes TN	367.30	367.13	367.03	366.27	365.66	364.73
Altitudes Projet	365.95 365.94	365.76 365.74	365.47	365.17	364.88	364.59
Ecarts Projet - TN	-1.35 -1.36	-1.37 -1.39	-1.57	-1.10	-0.78	-0.15
Abcisses	1125.00 1128.27	1150.00 1151.82	1175.00	1200.00	1225.00	1250.00
Distances partielles	3.27	21.73	1.82	23.18	25.00	25.00
Pentes et rampes						
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche						
Dévers Droit						



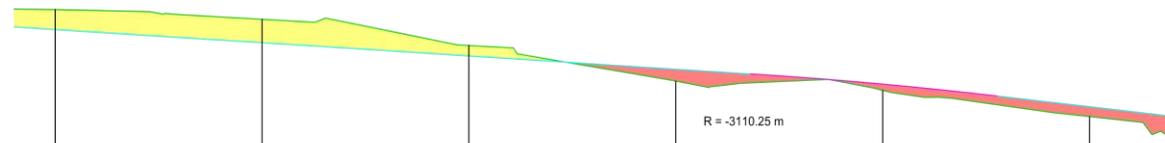
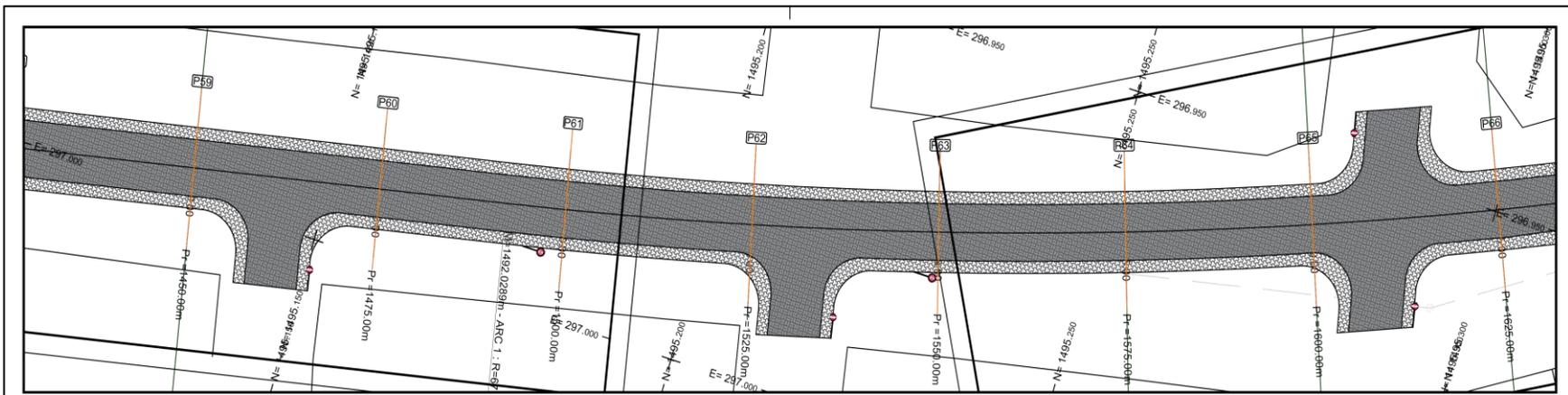
PC : 361.00 m

Numéro de profils en travers	P51	P52	P53	P54	P55	P56
Altitudes TN	364.73	364.54	364.54	363.97	363.53	363.23
Altitudes Projet	364.59	364.29	364.00	363.71	363.41	363.12
Ecart Proj - TN	-0.15	-0.25	-0.53	-0.26	-0.12	-0.11
Abcisses	1250.00	1275.00	1300.00	1325.00	1350.00	1375.00
Distances partielles		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pentes et rampes	PENTE L = 432.21 m P = -1.17 %					
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche						
Dévers Droit						



PC : 359.00 m

Numéro de profils en travers	P56	P57	P58	P59	P60	P61
Altitudes TN	363.23	362.89	362.57	362.41	362.24	362.10
Altitudes Projet	363.12	362.83	362.53	362.24	361.95	361.65
Ecart Proj - TN	-0.11	-0.06	-0.04	-0.17	-0.30	-0.45
Abcisses	1375.00	1400.00	1425.00	1450.00	1475.00	1500.00
Distances partielles	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	
Pentes et rampes	P = -1.17 %					
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche						
Dévers Droit						

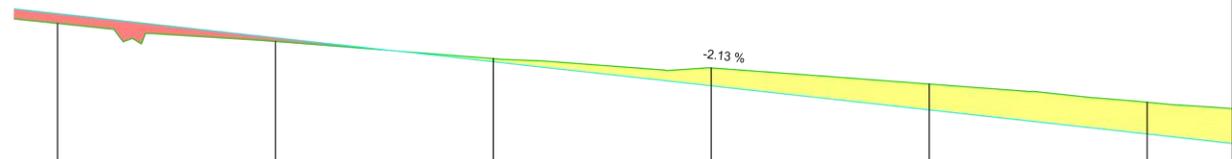
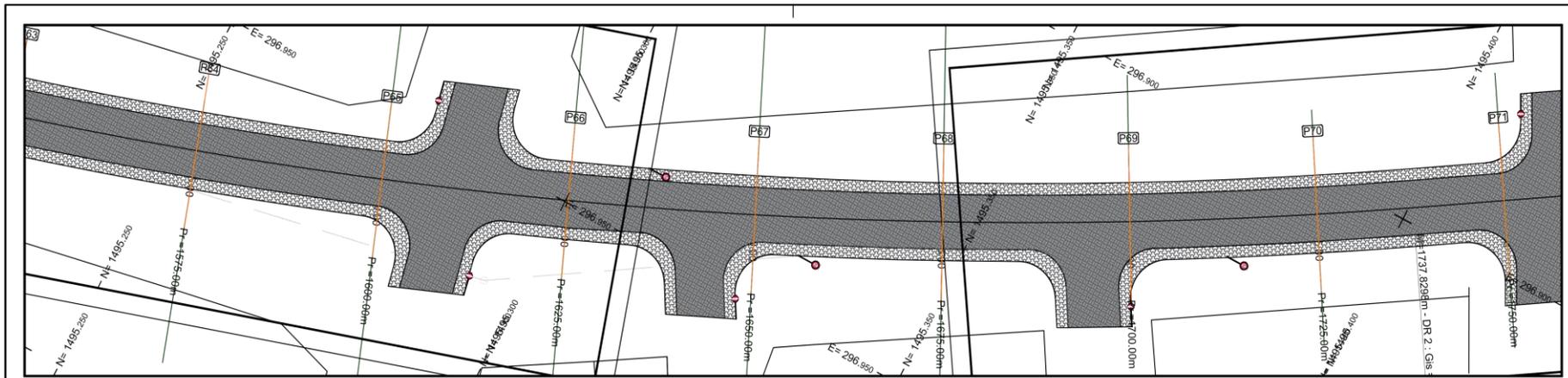


PC : 358.00 m

Numéro de profils en travers	P61	P62	P63	P64	P65	P66
Altitudes TN	362.10	361.89	361.30	360.51	360.30	359.72
Altitudes Projet	361.65	361.36	361.07	360.77	360.44	359.94
Ecart Proj - TN	-0.45	-0.52	-0.23	0.27	0.14	0.20
Abcisses	1500.00	1525.00	1550.00	1575.00	1594.03	1600.00
Distances partielles		25.00	25.00	25.00	9.03	15.97
Pentes et rampes						13.87
Alignements droits et courbes						11.13
Dévers Gauche						
Dévers Droit						

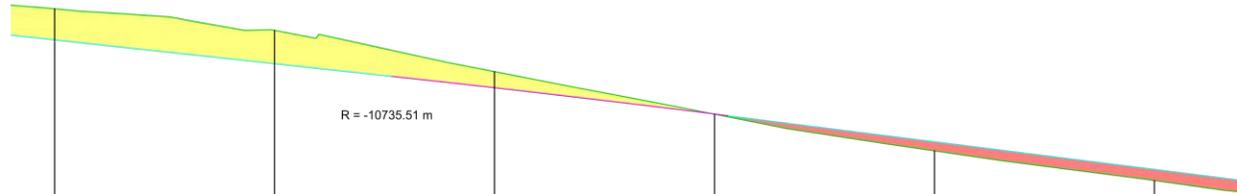
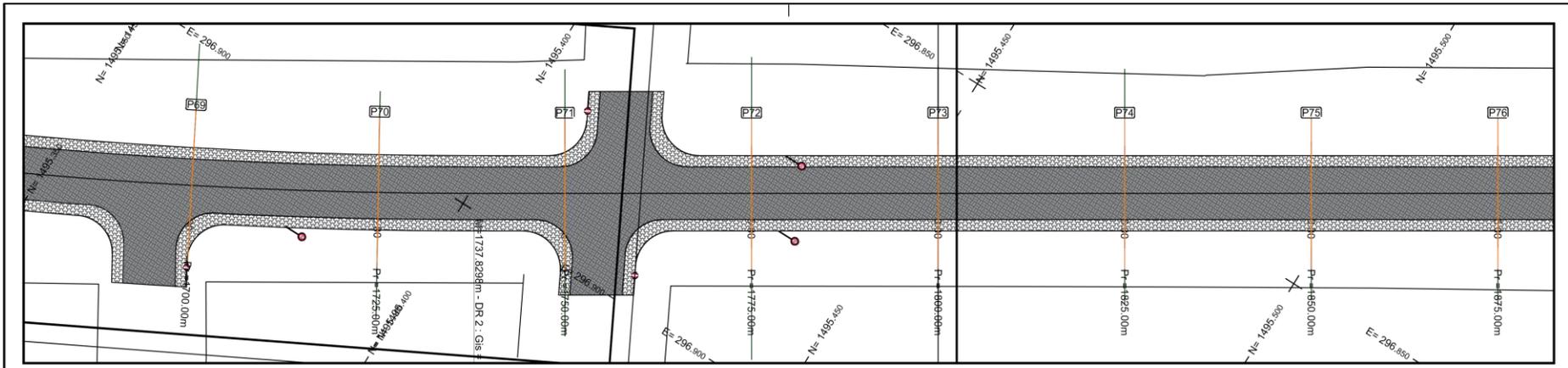
RP = -3110.25 L = 29.84

R = 677.14 m
L = 245.80 m



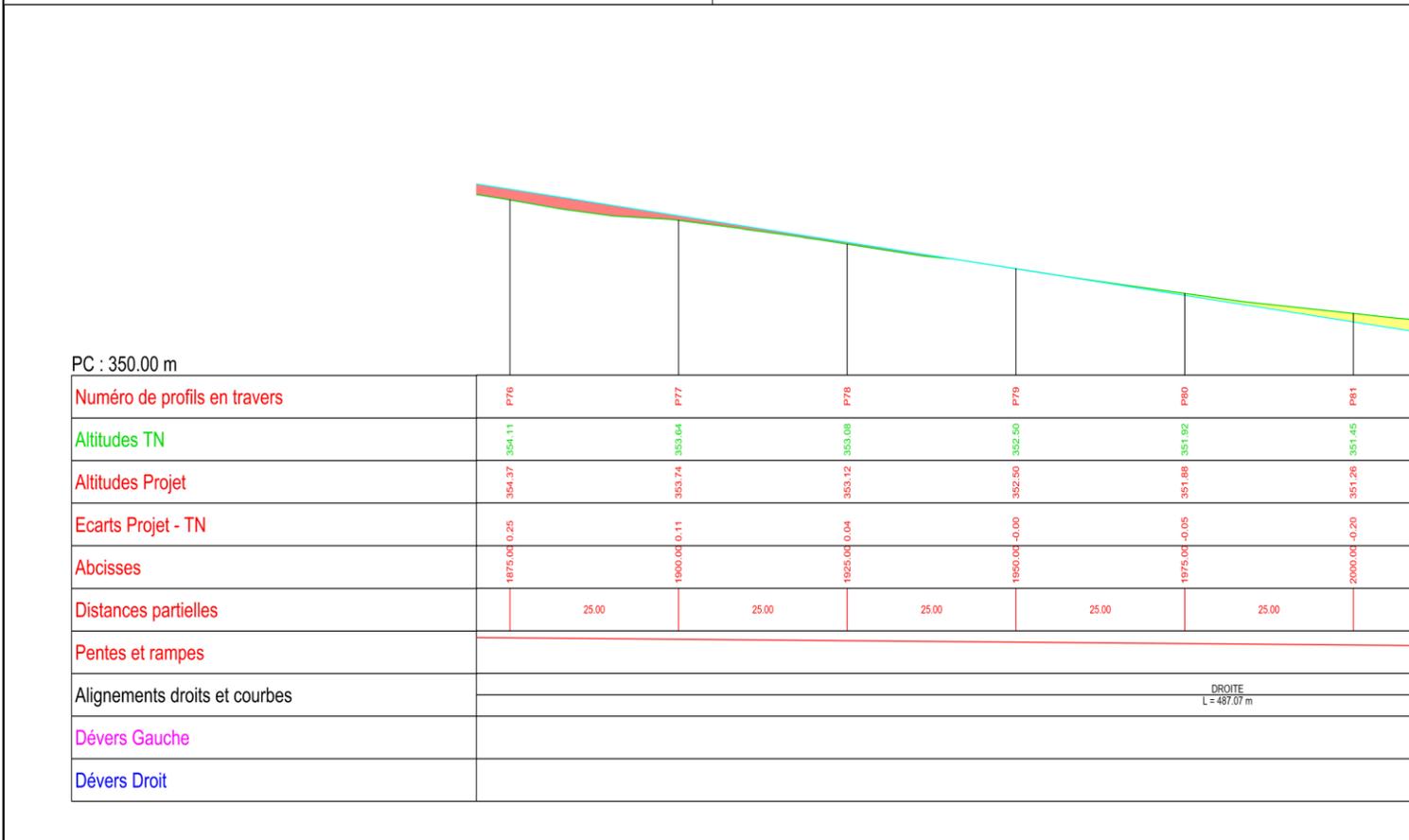
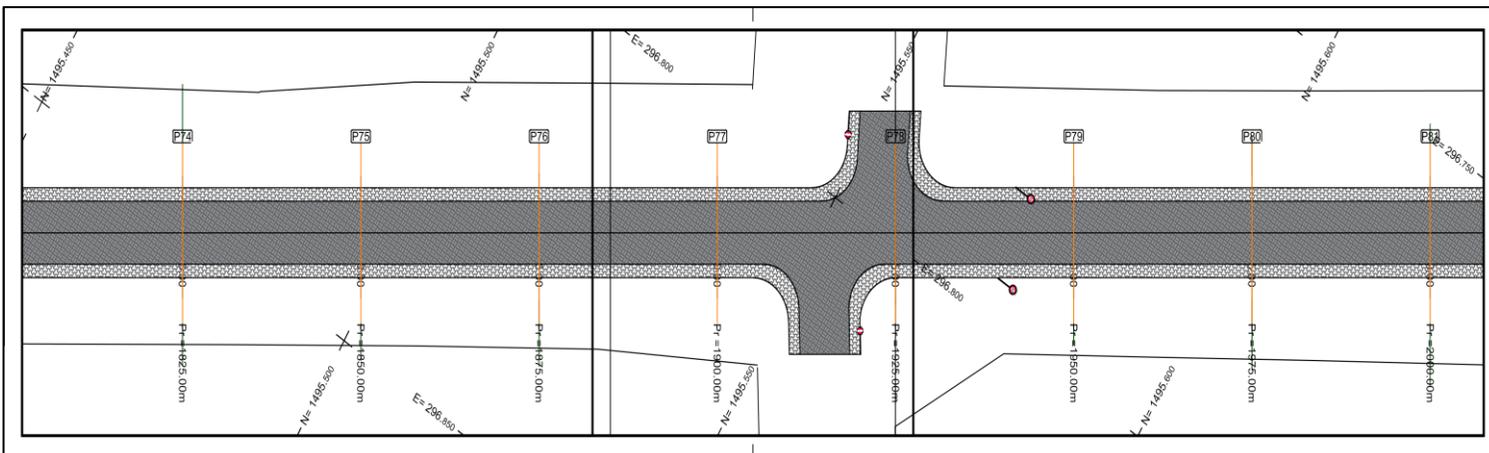
PC : 356.00 m

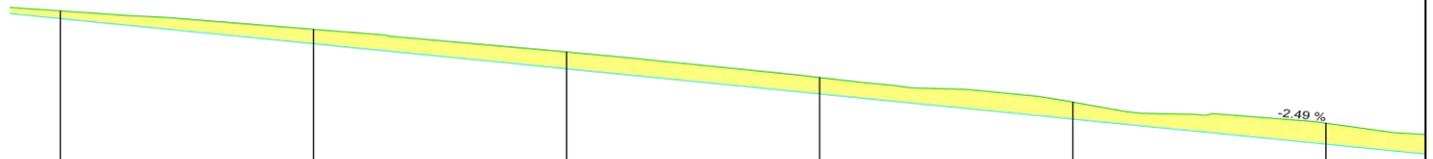
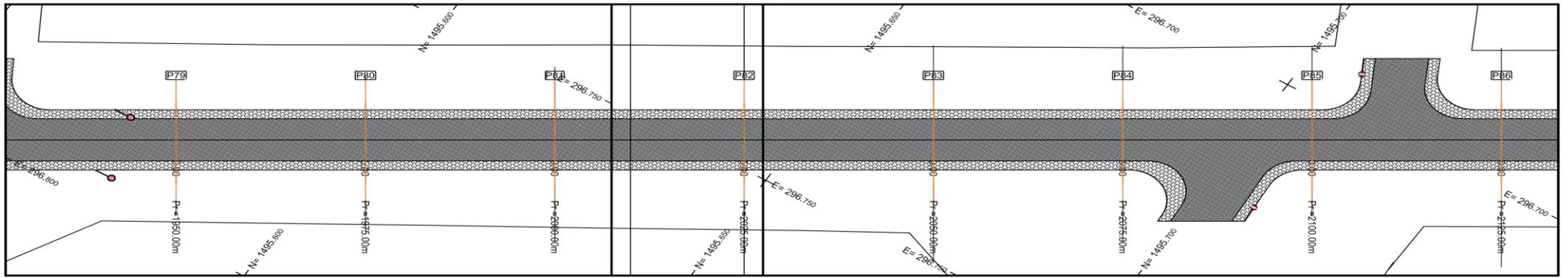
Numéro de profils en travers	P66	P67	P68	P69	P70	P71
Altitudes TN	359.72	359.32	358.94	358.74	358.38	357.98
Altitudes Projet	359.94	359.41	358.87	358.34	357.81	357.27
Ecart Proj - TN	0.22	0.09	-0.07	-0.40	-0.58	-0.70
Abcisses	1625.00	1650.00	1675.00	1700.00	1725.00	1750.00
Distances partielles	3	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pentes et rampes	PENTE L = 174.45 m P = -2.13 %					
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche						
Dévers Droit						



PC : 353.00 m

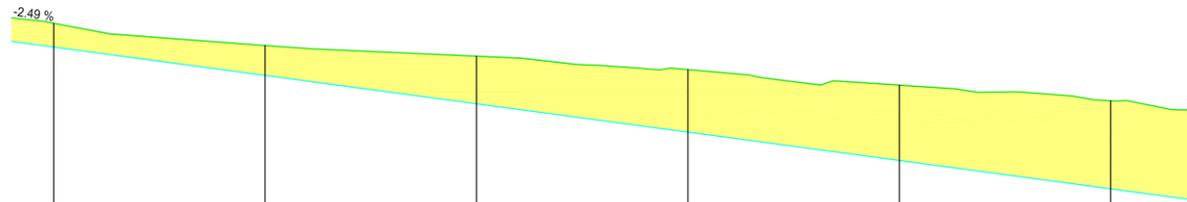
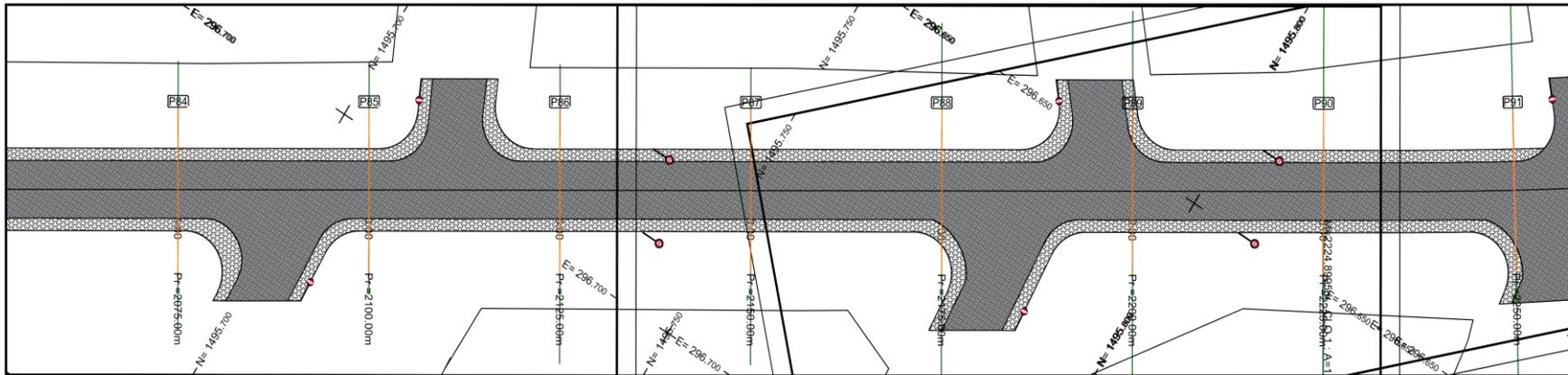
Numéro de profils en travers	P71	P72	P73	P74	P75	P76
Altitudes TN	357.98	357.49	356.56	355.61	354.78	354.11
Altitudes Projet	357.27	356.74	356.46	355.61	354.99	354.37
Ecart Proj - TN	-0.70	-0.75	-0.59	0.00	0.21	0.25
Abcisses	1750.00	1775.00	1788.32	1800.00	1825.00	1875.00
Distances partielles		25.00	13.32	11.68	25.00	1.61
Pentes et rampes	RP = -10735.51 L = 38.29					
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche						
Dévers Droit						





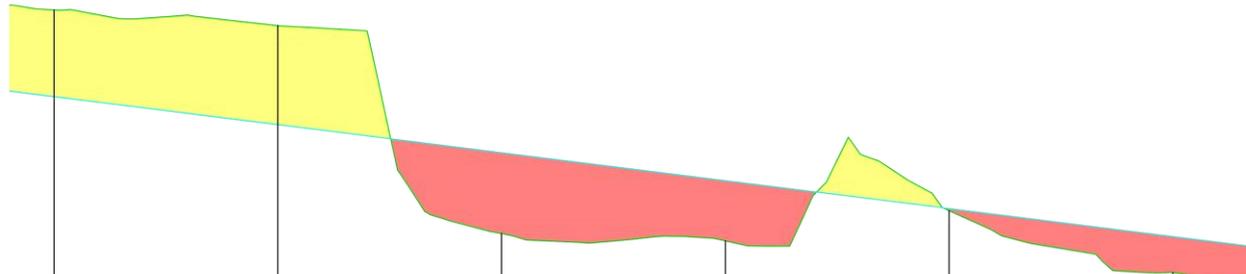
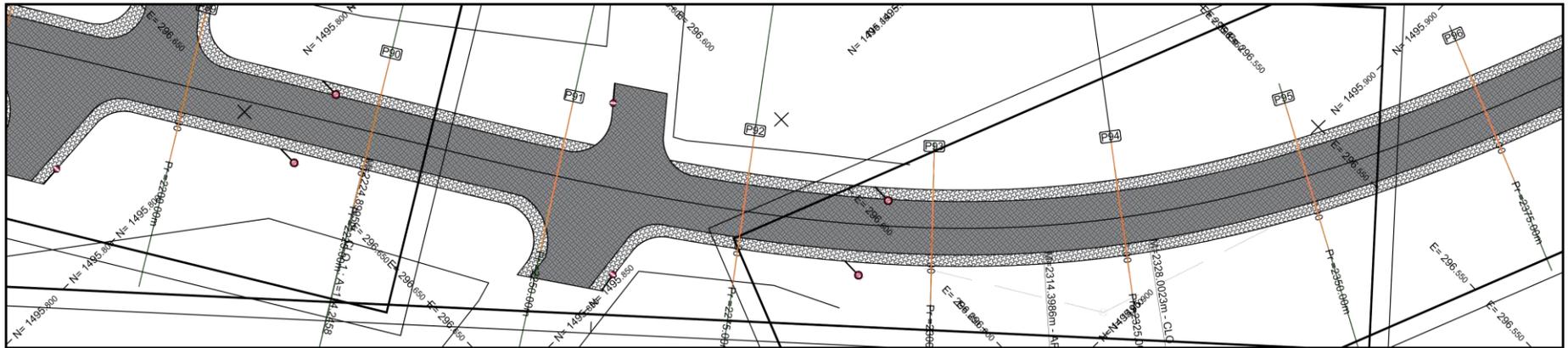
PC : 347.00 m

Numéro de profils en travers	P81	P82	P83	P84	P85	P86
Altitudes TN	351.45	351.00	350.43	349.80	349.19	348.67
Altitudes Projet	351.26	350.63	350.01	349.39	348.77	348.14
Ecart Project - TN	-0.20	-0.36	-0.42	-0.41	-0.42	-0.52
Abcisses	2000.00	2025.00	2050.00	2075.00	2100.00	2125.00
Distances partielles		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pentes et rampes	PENTE L = 591.27 m P = -2.49 %					
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche						
Dévers Droit						



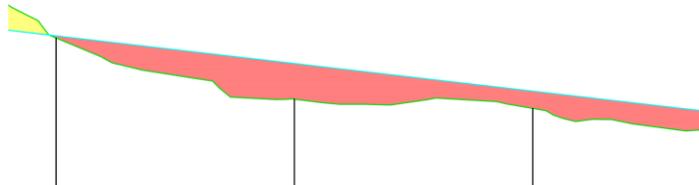
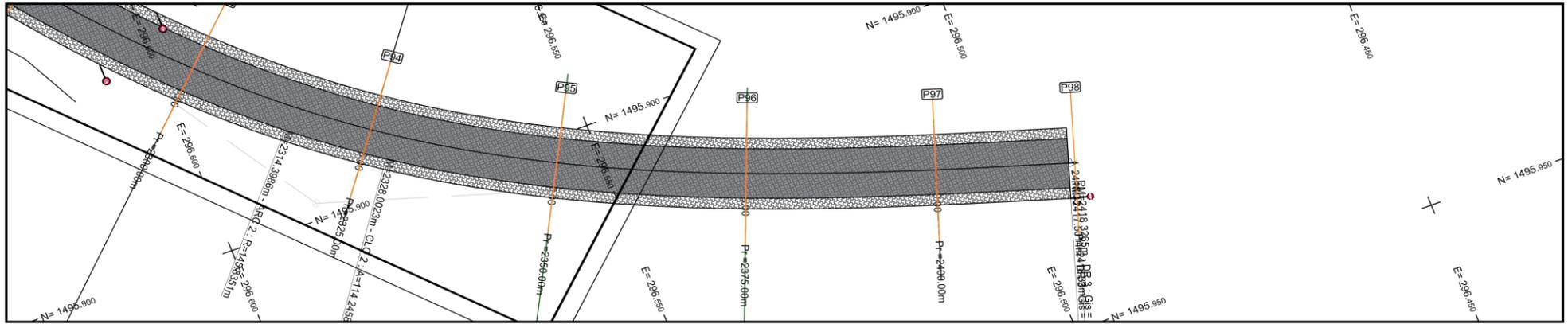
PC : 344.00 m

Numéro de profils en travers	P86	P87	P88	P89	P90	P91
Altitudes TN	348.67	348.18	347.94	347.65	347.31	346.97
Altitudes Projet	348.14	347.52	346.90	346.28	345.66	345.03
Ecart Proj - TN	-0.52	-0.66	-1.04	-1.37	-1.65	-1.93
Abcisses	2125.00	2150.00	2175.00	2200.00	2225.00	2250.00
Distances partielles		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pentes et rampes	91.27 m P = -2.49 %					
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche						
Dévers Droit						



PC : 341.00 m

Numéro de profils en travers	P91	P92	P93	P94	P95	P96
Altitudes TN	346.97	346.62	341.99	341.83	342.50	341.12
Altitudes Projet	345.03	344.41	343.79	343.17	342.54	341.92
Ecart Projet - TN	-1.93	-2.20	-1.80	-1.34	-0.05	0.80
Abcisses	2250.00	2275.00	2300.00	2325.00	2350.00	2375.00
Distances partielles		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pentes et rampes						
Alignements droits et courbes						
Dévers Gauche						
Dévers Droit						



PC : 339.00 m

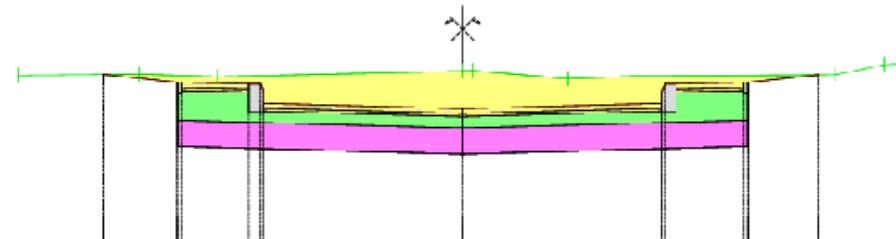
Numéro de profils en travers	P95	P96	P97	P98
Altitudes TN	342.50	341.12	340.91	340.44
Altitudes Projet	342.54	341.92	341.30	340.86
Ecart Project - TN	0.05	0.80	0.39	0.42
Abcisses	2350.04	2375.00	2400.00	2417.87
Distances partielles		25.00	25.00	17.87
Pentes et rampes	-			
Alignements droits et courbes	-			
Dévers Gauche				-2.50
Dévers Droit				-2.50

2.50 %
0.00 %
-2.50 %

- Déblai
- PAVE
- SABLE
- BORDURE 1
- COUCHE DE FONDATION 1
- COUCHE DE FORME

X= 297263.77
 Y= 1493783.31
 Gisement : 87.54 gr

PC : 369.00 m

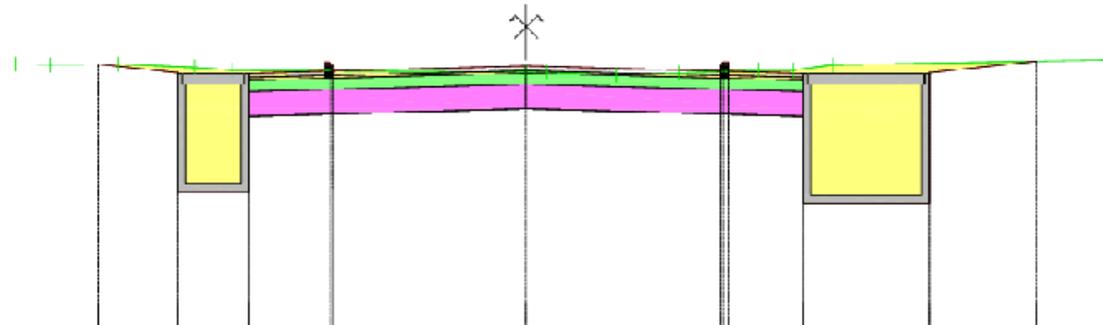


Altitudes TN											
Distances à l'axe TN	-7.82										
Altitudes Projet											
Distances à l'axe Projet											
Distances partielles Projet											
Distances à l'axe Arase											
Altitude Arase											

- Déblai
- BETON
- BORDURE
- PAVE
- SABLE
- COUCHE DE FONDATION 1
- COUCHE DE FORME

X= 296812.10
 Y= 1495538.03
 Gisement : 64.43 gr

PC : 349.00 m



Altitudes TN		-5.24	-6.62	-7.38	-5.98	-6.30	0.00	0.38	1.65	2.75	4.19	4.82	5.55	10.74
Distances à l'axe TN		-5.24	-6.62	-7.38	-5.98	-6.30	0.00	0.38	1.65	2.75	4.19	4.82	5.55	10.74
Altitudes Projet			355.77	355.43	356.17	355.42	355.74	355.89	356.04	356.19	356.34	356.49	356.64	356.82
Distances à l'axe Projet			-7.74	-6.30	-5.00	-3.75	-0.00	3.50	3.25	2.00	0.75	7.30	8.24	9.24
Distances partielles Projet				1.44	1.30	1.35	3.50	3.50	1.35	2.30	1.94			
Distances à l'axe Arase			-7.74	-6.30	-5.00	-3.75	-0.00	3.50	3.25	2.00	0.75	7.30	8.24	9.24
Altitude Arase			355.77	356.43	357.17	356.42	356.74	356.89	357.04	357.19	357.34	357.49	357.64	357.82

ANNEXE 4 : Etude financière

Devis estimatif variante 1 :

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF :					
RUE MAZADOU DJIKA-DESCENTE MAIRIE VARIANTE 1					
N°	DESIGNATION	UNITE	Quantité	PRIX UNITAIRES	COUTS TOTAUX
				en Francs CFA	en Francs CFA
				HT/HD	HT/HD
000	INSTALLATIONS DE CHANTIER				
001	Installations générales du chantier et Amenée de matériel	FF	1,0	60 000 000	60 000 000
002	Repli du chantier et du matériel	FF	1,0	10 000 000	10 000 000
003	Réalisation des voies de déviations et entretien	mois	6,0	2 000 000	12 000 000
	SOUS TOTAL 000				82 000 000
100	TRAVAUX PREPARATOIRES				
101	Débroussaillage et nettoyage de l'emprise de la rue	m2	71 070,0	150	10 660 500
	SOUS TOTAL 100				10 660 500
200	TERRASSEMENTS GENERAUX				
201	Décapage de la terre végétale	m ²	372 005,0	300	111 601 500
202	Remblai				-
202a	Remblai provenant d'emprunt	m ³	15 082,0	8 000	120 656 000
203	Déblais mis en dépôt	m ³	42 804,0	5 000	214 020 000
204	Purge et substitution de sol de mauvaise qualité	m ³	11 507,1	20 000	230 142 000
205	Mise en forme, réglage et compactage de la plate forme	m2	36 932,0	800	29 545 600
	SOUS TOTAL 200				705 965 100
300	CHAUSSÉES				
300a	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation en matériaux graveleux latéritiques	m ³	9 044,0	16 000	144 704 000
300b	Fourniture et mise en œuvre de la couche de base en matériaux graveleux latéritiques	m ³	6 029,3	18 000	108 527 400
300c	Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme en remblai sélectionné	m ³	20 349,0	12 000	244 188 000
	SOUS TOTAL 300				497 419 400
400	REVETEMENT				
400a	Fourniture et mise en œuvre de bitume pour imprégnation	Tonnes	23,5	800 000	18 800 000
400b	Fourniture et mise en œuvre de gravillon	m ²	29 880,0	10 000	298 800 000
	SOUSTOTAL 400				298 800 000
500	ASSAINISSEMENT- DRAINAGE				
501	Caniveau en B.A				
501a	Caniveau en béton armé (section 200 x 200)	ml	1 793,0	260 400	466 897 200
501b	Caniveau en béton armé (section 100 x 180)	ml	1 793,0	170 500	305 706 500
502	Fourniture et Pose de bordures T2	ml	2 930,6	18 000	52 750 800
	SOUS TOTAL 500				825 354 500
600	OUVRAGES DE DRAINAGE				
601	Fouilles en terrain meuble	m3	5 762,3	1 000	5 762 300
602	Béton de propreté C16/20 dosé à 150 kg/m3	m3	277,9	80 000	22 232 000
603	Aciers HA FeE 400 pour béton armé	kg	255 600,0	1 000	255 600 000
	SOUS TOTAL 600				283 594 300
700	ECLAIRAGE PUBLIC				
701	Fourniture et pose de candélabre	u	98,0	1 000 000	98 000 000
	SOUS TOTAL 700				98 000 000
800	SIGNALISATION ET SECURITE				
801	Panneau de signalisation de type B ,C ou AB	u	88,0	300 000	26 400 000
	SOUS TOTAL 800				26 400 000
	SOUS TOTAL 900				
	TOTAL GLOBAL				2 837 593 800

Devis estimatif variante 2 :

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF :					
RUE MAZADOU DJIKA-DESCENTE MAIRIE VARIANTE 2					
N°	DESIGNATION	UNITE	Quantité	PRIX UNITAIRES	COUTS TOTAUX
				en Francs CFA	en Francs CFA
				HT/HD	HT/HD
000	INSTALLATIONS DE CHANTIER				
001	Installations générales du chantier et Amenée de matériel	FF	1,0	60 000 000	60 000 000
002	Repli du chantier et du matériel	FF	1,0	10 000 000	10 000 000
003	Réalisation des voies de déviations et entretien	mois	6,0	2 000 000	12 000 000
	SOUS TOTAL 000				82 000 000
100	TRAVAUX PREPARATOIRES				
101	Débroussaillage et nettoyage de l'emprise de la rue	m2	71 070,0	150	10 660 500
	SOUS TOTAL 100				10 660 500
200	TERRASSEMENTS GENERAUX				
201	Décapage de la terre végétale	m ²	372 005,0	300	111 601 500
202	Remblai				-
202a	Remblai provenant d'emprunt	m ³	7 554,9	8 000	60 439 200
203	Déblais mis en dépôt	m ³	64 858,0	5 000	324 290 000
204	Purge et substitution de sol de mauvaise qualité	m ³	17 772,3	20 000	355 446 000
205	Mise en forme, réglage et compactage de la plate forme	m2	36 932,0	800	29 545 600
	SOUS TOTAL 200				881 322 300
300	CHAUSSÉES				
301	Fourniture et mise en œuvre de la couche de fondation en matériaux graveleux latéritiques	m ³	6 016,0	16 000	96 256 000
302	Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme en remblai sélectionné	m ³	13 536,0	12 000	162 432 000
	SOUS TOTAL 300				258 688 000
400	REVETEMENT				
401	Fourniture et mise en œuvre de bitume pour couches d'imprégnation				
401a	Fourniture et mise en œuvre de bitume pour imprégnation	Tonnes	23,5	800 000	18 800 000
402	Fourniture et mise en œuvre du pavé				-
402.a	Fourniture et mise en œuvre du pavé d'épaisseur de 8 cm	m ²	21 334,0	15 000	320 010 000
402.b	Fourniture et mise en œuvre du pavé d'épaisseur de 6 cm	m ²	9 143,0	12 000	109 716 000
	SOUSTOTAL 400				448 526 000
500	ASSAINISSEMENT- DRAINAGE				
501	Caniveau en B.A				
501a	Caniveau en béton armé (section 200 x 200)	ml	693,0	260 400	180 457 200
501b	Caniveau en béton armé (section 100 x 180)	ml	693,0	170 500	118 156 500
502	BORDURES				
502.a	Fourniture et Pose de bordures T2	ml	4 082,0	18 000	73 476 000
502.b	Fourniture et Pose de bordures spéciales	ml	1 934,4	23 000	44 491 200
502.c	Fourniture et pose de bordure de profil P1	ml	6 803,4	13 000	88 444 200
503	Fourniture et mise en œuvre du sable	m ³	1 372,0	5 000	6 860 000
	SOUS TOTAL 500				511 885 100
600	OUVRAGES				
601	Fouilles				
601a	Fouilles en terrain meuble	m3	5 762,3	1 000	5 762 300
602	Béton				
602a	Béton de propreté C16/20 dosé à 150 kg/m3	m3	135,1	80 000	10 808 000
602b	Béton poutre pour blocage pavé sur chaque 100 m sur la chaussée	m3	6,4	100 000	640 000
602c	Béton poutre pour blocage amorce C20/25 dosé à 300 kg/m3	m3	79,8	110 000	8 778 000
603	Aciers HA FeE 400 pour béton armé	kg	104 573,7	1 000	104 573 700
	SOUS TOTAL 600				130 562 000
700	ECLAIRAGE PUBLIC				
701	Fourniture et pose de candélabre	u	98,0	1 000 000	98 000 000
	SOUS TOTAL 700				98 000 000
800	SIGNALISATION ET SECURITE				
801	Panneau de signalisation de type B ,C ou AB	u	88,0	300 000	26 400 000
	SOUS TOTAL 800				26 400 000
	SOUS TOTAL 900				
	TOTAL GLOBAL				2 448 043 900