République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنسـيس جانســون
École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson



Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Infrastructures de Base

Thème

Étude en APD d'un tronçon autoroutier de la 4ème Rocade d'Alger sur10Km du PK 15+000 au PK 25+000 avec conception d'un échangeur à wilaya d'AIN DEFLA

Présenté par :

SERAOUI Younes

KHADRAOUI Abdallah

Encadré par :

Mr.: KARA Benchohra

Promotion 2020/2021

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba

sommaire

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Introduction : 2

I.2 Préambule : 2

I.3 Les bétons bitumineux : 3

I.3.1 Généralités sur les bétons bitumineux : 3

I.4 Les types de dégradations des chaussées revêtues : 3

I.4.1 Les dégradations de type A : 3

I.4.2 Les dégradations de type B : 5

I.5 Les facteurs influençant les dégradations des routes revêtues : 6

I.6 Types de recyclage des chaussées : 6

I.6.1 Selon la température du procédé : 6

I.6.2 Selon les caractéristiques du matériau à recycler : 6

I.6.3 Selon le type de liant : 7

I.6.4 Selon l'endroit où est effectué le mélange : 8

I.7 Les avantages : 8

I.7.1 Sur le plan environnemental : 9

I.7.2 Sur le plan technique : 9

I.7.3 Sur le plan économique 9

I.8 Conclusion : 10

CHAPITRE II : Présentation du projet

II.1 INTRODUCTION 11

II.1.1 Présentation de la wilaya : 11

II.1.2 Situation géographique : 11

II.1.3 Relief de la wilaya : 12

II.1.4 Le climat : 12
II.1.5 Le Réseau routier : 13
II.2 PRESENTATION DU PROJET 14
II.2.1 Cadre de l'étude : 15

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

III.1 INTRODUCTION : 16
III.2 Différents types de trafics : 16
III.3 Calcul de capacité : 17
III.3.1 Définition de la capacité : 17
III.3.2 Projection future du trafic 17
III.3.3 Calcul de trafic effectif : 17
III.3.4 Débit de pointe horaire normale 18
III.3.5 Débit horaire admissible 18
III.4 APPLICATION AU PROJET 19
III.4.1 Les données de trafic : 19
III.4.2 Projection future de trafic : 19
III.4.3 Calcul de trafic effectif : 20
III.4.4 Débit de pointe horaire normale : 20
III.4.5 Calcule de débit admissible : 20
III.4.6 Le nombre des voies : 20
III.4.7 Calcule L'année de saturation : 21
III.5 Conclusion : 21

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1 Trace en plan : 22
IV.1.1 Introduction : 22
IV.1.2 Choix de la catégorie : 22
IV.1.3 Les éléments de tracé en plan : 23

IV.1.4 Enchainement des éléments du tracé en plan : 25
IV.1.5 Calcul manuel d'axe de tracé en plan : 26
- Cas 01 : Rayon sans courbe de transition 26
- Cas 02 : rayon avec courbe de transition (clothoïde) 28

IV.2 PROFILE EN LONG : 31
IV.2.1 Introduction : 31
IV.2.2 Réglé et normes à respecter dans le tracé de profil en long : 31
IV.2.3 Coordination du tracé en plan et du profil en long : 31
IV.2.4 Les raccordements en profil en long : 32
IV.2.5 La déclivité : 33
IV.2.6 Normes géométrique adoptées : 33
IV.2.7 EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG : 34
IV.2.8 Conclusion : 35
IV.3 PROFIL EN TRAVERS : 36
IV.3.1 Introduction : 36
IV.3.2 Classification du profil en travers : 36
IV.3.3 Les éléments du profil en travers : 36
IV.3.4 Pentes transversales (d'après ICTAAL 2015) : 37
IV.3.5 Application au projet : 37

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

V.1 INTRODUCTION : 29
V.2 Les moyens de la reconnaissance : 29
V.2.1 Etude des archives et documents existants : 29
V.2.2 Les visites sur site et les essais « in-situ » : 29
V.2.3 Les essais de laboratoire : 30
V.3 APPLICATION AU PROJET : 31
V.3.1 Essai in-situ : 31

V.3.2 Essais au laboratoire : 34
V.3.3 Classification du sol support : 35

CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHASSEE

VI.1 INTRODUCTION 49
VI.2 DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES 49
VI.2.1 Chaussée souple : 49
VI.2.2 Couche de roulement : 49
VI.2.3 Couche de base : 50
VI.2.4 Couche de fondation : 50
VI.2.5 Couche de forme : 50
VI.2.6 Chaussée semi-rigide : 50
VI.2.7 Chaussée rigide : 50
VI.3 PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT 51
VI.3.1 METHODE C.B.R (CALIFORNIA – BEARING – RATIO) 52
VI.3.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves 53
VI.4 APPLICATION DE PROJET 54
VI.4.1 Méthode de CBR 54
VI.4.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) 55

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

VII.1 INTRODUCTION 62
VII.2 ETUDE HYDROLOGIQUE 62
VII.2.1 Estimation des débits de crue Q_{max} 62
VII.3 DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE 65
VII.3.1 DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE DRAINAGE TRANSVERSAL 66
VII.3.2 Dimensionnement des dalots 67
VII.3.3 VERIFICATION DES DALOTS ET BUSES CHOISIT : 69

VII.4 DIMENSIONNEMENT DES FOSSES 70
VII.4.1 COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT (C) : 71
VII.4.2 ESTIMATION DES DEBITS D'APPORT (QA) : 71
VII.4.3 CALCUL DES SURFACES DE LA PLATEFORME ET TALUS 71
VII.4.4 L'INTENSITE DE L'AVERSE I(T) : 72

CHAPITRE VIII : CUBATURE

VIII.1 Introduction : 74
VIII.2 DEFINITION : 74
VIII.3 Méthodes de calcul des cubatures : 74
VIII.3.1 Formule de Mr SARRAUS : 75
VIII.3.2 Méthode de gulden : 76
VIII.3.3 Méthode linéaire : 77
VIII.4 Calcule des cubatures de projet : 77

CHAPITRE IX : ETUDE DE STABILITE DES TALUS

IX.1 Introduction : 78
IX.2 Objectif de l'étude : 78
IX.3 Analyse de la stabilité des talus : 78
IX.3.1 Analyse de stabilité du déblai : 79
IX.3.2 Analyse de stabilité du remblai : 81
IX.4 Conclusion 83

CHAPITRE X : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

X.1 INTRODUCTION : 84
X.2 Règles de conception : 84
X.3 Type des échangeurs : 85
X.3.1 Echangeur majeur : 86
X.3.2 Echangeur mineur : 86
X.4 Les constituants des échangeurs : 86

X.5 Choix du type d'échangeur : 87
X.6 APPLICATION AU PROJET : 88
X.6.1 Détermination du tracé : 88
X.6.2 Configuration de tracé à adopter : 89
X.6.3 Analyse 91
X.7 Profil en long d'une bretelle : 91
X.8 Profil en travers d'une bretelle : 91
X.9 Pente transversale : 92
X.10 Visibilité : 92
X.10.1 Visibilité sur une entrée d'autoroute : 92

CHAPITRE XI : OUVRAGE D'ART

XI.1 Introduction : 95
XI.2 Conception des ponts : 95
XI.3 Présentation des ouvrages : 95
XI.3.1 Gabarit réserver : 95
XI.4 Choix du type d'ouvrage : 96
XI.5 Solution technique retenue : 98

CHAPITRE XII : SIGNALISATION

XII.1 INTRODUCTION 99
XII.2 L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE 99
XII.3 CATEGORIES DE SIGNALISATION 99
XII.4 REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION 99
XII.5 TYPE DE SIGNALISATION 100
XII.5.1 Signalisation verticale 100
XII.5.2 Signalisation horizontale 104
XII.5.3 Signalisation de l'échangeur 109
XII.6 Eclairage : 114

XII.6.1 Catégories d'éclairages : 114
XII.6.2 Paramètres d'implantation des luminaires : 114
XII.6.3 Application au projet : 115

CHAPITRE XIII : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1 INTRODUCTION 115
XIII.2 CADRE JURIDIQUE 115
XIII.3 OBJECTIF D'ETUDE 115
XIII.4 IMPACTS DU PROJET 116
XIII.4.1 Impacts pendant la phase des travaux 116
XIII.4.2 Impact pendant la phase d'exploitation 118
XIII.5 Conclusion 119

CHAPITRE XIV : DEVIS QUANTITATIF

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE 121
ANNEXES 121
LISTING 121

LISTE DES FIGURES

Figure I-1: Schéma explicatif des différents procédés de recyclage des enrobés 3
Figure I-2 : Schème de production de la mousse de bitume 7
Figure II-1 : Carte de limites administratives de la Wilaya d'Ain Defla 11
Figure II-2: Température et précipitations moyennes 12
Figure II-3: Réseau routier de la wilaya d'AIN-DEFLA 13
Figure II-4: Tronçon de notre projet 15
Figure IV-1: Les éléments de tracé en plan 23
Figure IV-2: paramètres de raccordement par arc 26
Figure IV-3: paramètres de la clothoïde 28
Figure IV-4: schéma illustratif d'un rayon concave et convexe 32
Figure IV-5: paramètres de la parabole concave 34
Figure IV-6: Eléments constitutifs du profil en travers 36
Figure V-1: Classement de matériau selon GTR 36
Figure V-2: Diagramme de cassagnarde 37
Figure VI-1 : les différents types de chaussées 51
Figure VI-2 : Démarche du catalogue 53
Figure VI-3: Les structures possibles 58
Figure VI-4: Les résultats obtenus pas Alize LCPC 61
Figure VI-5: Structure retenue 61
Figure VII-1: représentatif d'une buse 66
Figure VII-2: Dimensions des dalots 68
Figure VII-3: Dimensions de fossé 70
Figure VII-4: dimensions de notre fossé 73
Figure IX-1: Cas long terme (déblai) 80
Figure IX-2: Cas court terme (déblai) 80
Figure IX-3: Cas dynamique 81
Figure IX-4: Cas court terme (remblai) 82
Figure IX-5: Cas long terme 82
Figure IX-6: Cas dynamique (remblai) 83
Figure X-1: type d'échangeurs 85
Figure X-2: Différents types des bretelles 87
Figure X-3: Abaque Vitesse/Rayon de la courbe 89

Figure X-4: Dispositif de sortie de l'autoroute 90
Figure X-5: Dispositif d'entrée sur l'autoroute 90
Figure X-6: Profil en travers de la bretelle 92
Figure X-7: distance d'arrêt 93
Figure X-8: Visibilité sur une entrée d'autoroute 93
Figure XI-1: coupe transversal pont caisson 97
Figure XI-2: coupe transversal pont poutre 98
Figure XII-1: Caractéristiques de tous les types de lignes discontinues selon les normes européennes .. 106
Figure XII-2: Flèche de rabattement 107
Figure XII-3: Flèches de sélection 108
Figure XII-4: Paramètres de l'imploration des luminaires 114

LISTE DES TABLEAU

Tableau III-1: Coefficient d'équivalence P 18
Tableau III-3: Coefficient « K1 » 18
Tableau III-4: Coefficient « K2 » 19
Tableau III-5: Valeur de la capacité théorique 19
Tableau IV-1: Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (Source ICTAAL 2015) 24
Tableau IV-2: Les données de l'axe à calculer 26
Tableau IV-3: Les données de l'axe à calculer 29
Tableau IV-4: tables de clothoïdes 29
Tableau IV-5: Valeurs limites des paramètres du profil en long 33
Tableau IV-6: les données du PL pour l'axe calculé 34
Tableau V-1: Les différents essais au laboratoire 30
Tableau V-2: Résultats des puits de reconnaissance. 31
Tableau V-3: Résultats des sondages carottés. 32
Tableau V-4: Résultats des essais pressiométriques 33
Tableau V-5: Résultat de l'essai granulométrique 34
Tableau V-6: limites d'Atterberg 34
Tableau V-7: Essai Proctor 35
Tableau V-8: Indice CBR 35
Tableau V-9: Résultats de la classification GTR pour puits de reconnaissances. 36

Tableau V-10: Résultats de la classification LCPC pour les puits de reconnaissances 37
Tableau V-11: Conditions d'utilisation des matériaux en remblai (GTR). 38
Tableau V-12: Caractéristiques des carriers utilisés. 39
Tableau VI-1: Coefficients d'équivalence 52
Tableau VI-2 : Classes de trafic du poids lourds 56
Tableau VI-3 : Coefficient d'agressivité de PL par rapport à l'essieu de référence de 13t .. 57
Tableau VI-4 : La portance de sol support 57
Tableau VI-5: Les performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux 60
Tableau VII-1: Caractéristiques principales des bassins versants 63
Tableau VII-2: Les valeurs des débits d'apport 65
Tableau VII-3: dimensions des buses 67
Tableau VII-4: dimension des dalots 68
Tableau VII-5: Coefficient de ruissellement 71
Tableau VII-6: SURFACES DE LA PLATEFORME ET TALUS 71
Tableau VII-7: Calcul de débit d'apport 72
Tableau IX-1: hauteur maximale des différents tronçons de remblais/déblais 78
Tableau IX-2: Facteurs de sécurité 79
Tableau IX-3: Paramètres Géotechniques 79
Tableau IX-4: Paramètres Géotechniques 82
Tableau X-1: Valeur limites du PL 91
Tableau X-2: Largeurs des composants du profil en travers 91
Tableau X-3: pente transversale 92
Tableau X-4: Principales distances de visibilité 94
Tableau XI-1 : les ouvrages préconisés pour notre tracé 95
Tableau XI-2: Solution technique retenue 98
Tableau XII-1:Les dimensions détaillées des panneaux 102
Tableau XII-2: Modulation des lignes discontinues 105

LISTES DES ABRIVIATIONS

ICTAAL : instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison
ICTAVRI : instruction sur les conditions techniques d'aménagement des voies rapides interurbaines
SDRA : schéma directeur routier et autoroutier
APD : avant-projet détaillé
ICTVRU : Conception des accès sur Voies Rapides Urbaines
BDD : Bande dérasé de droite
BDG : Bande dérasé de gauche
TJMA : trafic journalier moyen annuel
UVP : Unité de véhicule particulière
PL : Poids lourd
TPC : Terre-plein Central
DBA : double séparateur en béton
BAU : Bande d'Arrêt d'Urgence
VB : Vitesse de base
GNT : Grave non traité
GB : Grave bitume
BB : Béton bitumineux
GTR : Guide des terrassements routiers
SC : sondage carotté
LA : Los angles
MDE : Micro devale en présence d'eau
CBR : California – Bearing – Ratio
IP : Indice de plasticité
WL : Limite de liquidité
Dmax : Diamètre maximale
Tc : temps de concentration
TC : trafic cumule de poids lourd
TEC : trafic cumulé équivalent
BV : Bassin versant
Wn : Teneur en eau naturelle
Wopn : Teneur en eau optimale
Dms : Distance de manoeuvre de sortie
Da : Distance d'arrêt
Dvm : Distance de visibilité sur marquage
Lc: Distance de lecture
RHm: Rayon horizontale minimal
RHn : Rayon horizontale normal
RHd : Rayon au dévers minimal
RHnd : Rayon horizontal non déversé
AP : Argile Plastique

INTRODUCTION GENERALE

A la fin de chaque cycle de formation à l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics l'élève ingénieur doit traiter un sujet de fin d'étude, L'objectif principal de ce travail est de traiter un projet réel afin de permettre à l'élève ingénieur de mieux s'intégrer dans le monde du travail, de connaitre les missions et les responsabilités d'un ingénieur d'état en travaux publics et de compléter les connaissances acquises au cours de la formation au sein de l'école.

On s'intéresse dans ce travail à la 4eme rocade d'Alger. Cette dernière entre dans l'étude et la réalisation de plusieurs rocades destinées à réduire le trafic dans la région du grand Alger à savoir :

- La 2éme rocade qui relie Zeralda à Boudouaou.
- La 3éme rocade qui relie Cherchel à Tizi-Ouzou.
- La 4éme rocade qui relie Khemis Miliana à Bordj Bou Arreridj.

Le travail réalisé a été structuré en 3 parties, notamment :

A : proposer des choix tenant en compte des perspectives de l'aménagement.

B : opter pour un choix qui sera retenue selon les critères suivants :

- Sécurité commodité et débit.
- Économie (d'utilisation et de réalisation)
- Environnement (emprise du terrain, impact sur l'environnement).

C : Etude A.P.D . On synthétise dans ce mémoire organisé sous forme de plusieurs chapitres traitant les détails de conceptions et dimensionnements des ouvrages réalisés dans le cadre de ce projet.

CHAPITRE I : RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Les bétons bitumineux recyclés

I.1 Introduction :

Le recyclage des enrobés consiste à réutiliser des enrobés récupérés après mélange avec des granulats neufs et un liant d'ajout.

Outre l'existence d'importants gisements d'enrobés dans les réseaux routiers des pays industrialisés, divers facteurs d'ordre économique et technique sont à l'origine du développement du recyclage des enrobés bitumineux en centrale. D'une part, le coût des constituants des enrobés croît continuellement, le bitume étant un produit pétrolier et l'exploitation des ressources en granulats étant de plus en plus délicate. D'autre part, un certain nombre de nouveaux moyens techniques rendent possible la récupération à grande échelle des enrobés (généralisation des fraiseuses à froid) tandis que les nouvelles centrales d'enrobage à tambour sécheur enrôleur peuvent, moyennant quelques aménagements, fabriquer des enrobés en recyclant une quantité importante d'enrobés récupérés.

L'objectif du recyclage des enrobés est de fabriquer un enrobé ayant des qualités comparables à celles d'un enrobé neuf en réutilisant le plus possible de matériaux récupérés (bitume et granulats), soit en fabriquant un enrobé contenant un maximum de matériaux récupérés, soit en réalisant des quantités importantes d'enrobés contenant un pourcentage plus faible de matériaux récupérés.

I.2 Préambule :

Le présent chapitre a pour objectif de recenser les différentes pratiques existantes en matière de réutilisation des matériaux de chaussées issus de couches de surface et de couches d'assises, en fonction de leur futur domaine d'emploi. Il constitue donc une réponse à la nécessité de construire et entretenir les chaussées avec le souci d'une économie durable dans le respect des contraintes environnementales de plus en plus pressantes.

Quatre techniques seront examinées :

- Retraitement en place à froid,
- Retraitement en centrale à froid,
- Recyclage en place à chaud,
- Recyclage en centrale à chaud.

Les deux premières concernent les matériaux d'assises (matériaux traités ou non avec un liant hydraulique) et les matériaux des couches de surface.

Les deux dernières concernent les matériaux bitumineux de couches de surface ou de couches de base.

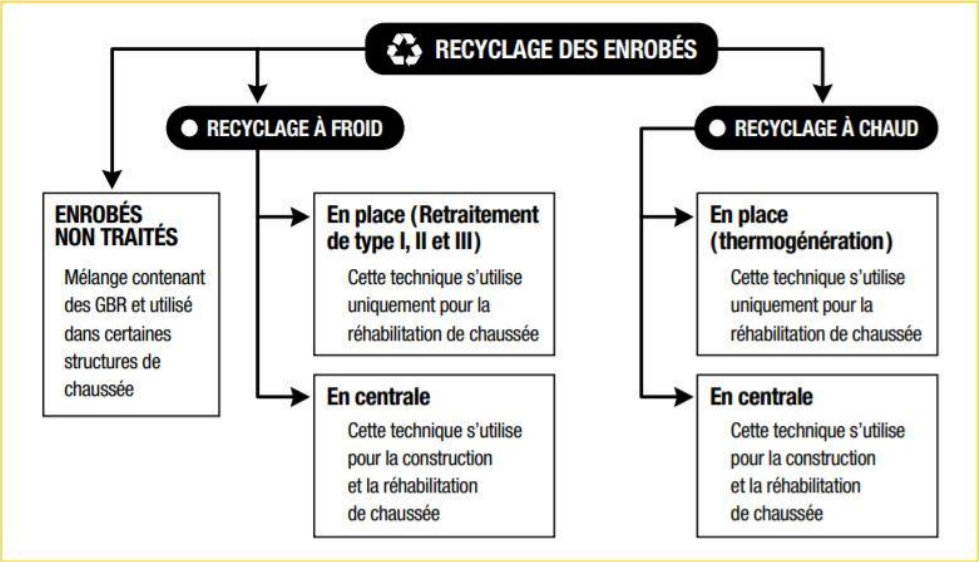


Figure I-1: Schéma explicatif des différents procédés de recyclage des enrobés

I.3 Les bétons bitumineux :

I.3.1 Généralités sur les bétons bitumineux :

Un béton bitumineux est défini comme un mélange de liant bitumineux (5 à 6 % en masse), d'agrégats et de fines (passant à 80 μm). Ces enrobés font appel à des propriétés bien spécifiques en particulier, un pouvoir d'adhésion aux granulats et une consistance variable avec la température.

On distingue trois types d'enrobés : **Béton bitumineux très mince, béton bitumineux mince et l'enrobé à module élevé.**

L'enrobé bitumineux choisi doit être assez souple à faible température de service pour empêcher la fissuration et être suffisamment rigide à haute température de service pour prévenir l'orniérage. Les problèmes d'orniérage des couches de surface sont le résultat de l'accumulation de déformations permanentes sous l'effet de températures élevées. Plusieurs études ont montré que la cause principale de ces dégradations était la faible stabilité de la couche de roulement. Pendant les périodes chaudes, l'orniérage est d'autant plus important que la circulation est canalisée à faible vitesse dans les zones d'accélération ou de décélération.

Le type d'orniérage le plus rencontré sur les chaussées souples est issu du fluage de l'enrobé bitumineux.

I.4 Les types de dégradations des chaussées revêtues :

Les dégradations sont classées en deux catégories **:**

- Les dégradations de type A
- Les dégradations de type B

I.4.1 Les dégradations de type A :

Elles caractérisent un état structurel de la chaussée, soit lié à l'ensemble des couches et du sol, soit seulement lié à la couche de surface. Ce sont des dégradations issues d'une insuffisance de capacité structurelle de la chaussée qui interviennent dans la recherche de la solution en association avec d'autres critères et notamment la portance caractérisée par la déflection statique. Ces dégradations sont au nombre de trois :

- **La déformation :**

Les ornières :

Les causes probables sont :

- Inadéquation entre la formulation et la température d'usage ;
- Trafic lourd important et canalisé ;
- Rampes : vitesse lente des véhicules ;
- Zones de freinages, courbes à petit rayon ;
- Maniabilité élevée de l'enrobé ;
- Inadéquation entre la formulation et le trafic.
- Enrobé à stabilité réduite par temps chaud (ex : bitume trop mou ou surdosage).
- Enrobé trop faible pour bien résister au trafic lourd (ex : fluage).
- Compactage insuffisant de l'enrobé lors de la mise en place.
- Usure de l'enrober en surface (abrasion).
- Vieillissement (accumulation des déformations permanentes).
- Compactage insuffisant dans les couches granulaires à la construction.
- Capacité structurale insuffisante de la chaussée.
- Mauvais drainage des matériaux granulaires de la chaussée.

Les Ondulations :

Ces défauts se présentent d'une façon irrégulière sous forme de dépression le long ou en travers de la route. Les causes les plus connues sont au nombre de trois :

- Un retrait ou un gonflement non uniforme des sols dû à des variations de la teneur en eau, particulièrement dans les sols argileux
- Un soulèvement non uniforme causé par le gel
- Un tassement non uniforme ou différentiel sous le poids du remblai de la route.

- **Affaissement :**

C'est une distorsion du profil en bordure de la chaussée ou au voisinage de conduites souterraines. Les causes probables sont :

- Manque de support latéral et instabilité du remblai
- Présence de matériaux inadéquats ou mal compactés
- Zone de déblai argileux ou secteurs marécageux
  - Affouillement ou assèchement du sol support (milieu urbain)
  - Mauvais état des réseaux souterrains (milieu urbain).

- **La fissuration :**

Hors fissures de fatigue : c'est les fissures longitudinales de joint, les fissures transversales de retrait thermique.

- **Le faïençage :** Les causes probables sont :
  - Fatigue excessive de l'assise provoquée par un excès de contrainte de traction par flexion à la base des couches traitées
  - Décollement de la couche de roulement.

L'évolution prévisible :

- Départ de matériaux, formation de nids de poules ou encore pelade ;
- Chute de portance due à la pénétration de l'eau dans le corps de chaussées. Cela est à l'origine de déformation (orniérage à grand rayon, affaissement de rive et hors rive)
- Augmentation des zones faïencées.

I.4.2 Les dégradations de type B :

Ces dégradations engendrent des réparations qui généralement ne sont pas liées à la capacité structurelle de la chaussée. Leur origine est soit un défaut de mise en oeuvre, soit un défaut de qualité d'un produit, soit une condition locale particulière que le trafic peut accentuer bien évidemment.

Dans les dégradations de type B on distingue :

- Les nids-de-poule
- Les arrachements et de manière générale tous les défauts du revêtement de type ressuage, plumage, etc.
- Le retrait thermique des matériaux bitumineux
- Le retrait argileux des couches de chaussées.

I.5 Les facteurs influençant les dégradations des routes revêtues :

- Effets de la circulation ;
- Effets de l'eau sur surface
- La qualité des matériaux :
  - ✓ Les granulats
  - ✓ Le liant
- La mise en ouvre
- Envahissement par la végétation
- Envahissement par le sable

I.6 Types de recyclage des chaussées :

Plusieurs classifications des principaux types de recyclage peuvent être faites selon :

- La température du processus
- Les caractéristiques du matériau à retraiter
- Le type de liant
- L'endroit où est effectué le mélange.

I.6.1 Selon la température du procédé :

- **A froid :**

Le retraitement à froid, sans chauffer les matériaux existants de la chaussée, est généralement effectué en place mais il peut également être exécuté en centrale fixe.

- **A chaud :**

Quand le matériau est retraité en centrale, le fraisât est mélangé à chaud avec du bitume et de nouveaux granulats ajoutés pour corriger la granularité. Les mélanges contiennent habituellement moins de 40% de matériau recyclé, mais ils peuvent comporter jusqu'à près de 100% de recyclés.

Quand le matériau est retraité en place à chaud, des machines de chauffage spéciales élèvent la température de la chaussée pour faciliter son fraisage et le mélange.

I.6.2 Selon les caractéristiques du matériau à recycler :

Le recyclage peut être limité à une couche relativement homogène (par exemple, une couche granulaire recouverte par un enduit superficiel ou par une épaisseur réduite de mélange bitumineux) ou elle peut concerner deux couches ou plus de matériaux différents (par exemple, une couche granulaire recouverte d'une épaisseur importante de mélanges bitumineux par suite de recouvrements successifs).

I.6.3 Selon le type de liant :

- **Ciment :**

Le dosage en ciment est ajusté pour obtenir une résistance au moins égale à celle d'un sol traité au ciment, bien que, selon les caractéristiques du matériau à retraiter et la teneur en ciment, des valeurs beaucoup plus élevées puissent être obtenues. Par exemple, dans le cas de matériaux granulaires relativement propres, les caractéristiques et la résistance du mélange après retraitement seront semblables à celles d'un grave traité au ciment.

- **Chaux et ciment :**

Avec les matériaux très plastiques, comme certaines couches de fondation granulaires polluées par des argiles, un traitement mixte chaux et ciment peut être adapté. Chaque liant à son rôle :

- La chaux flocule les particules fines, avec une réaction rapide d'échange ionique. La teneur en eau est réduite en même temps
- Le ciment augmente rapidement la résistance mécanique.

- **Emulsion de bitume :**

Le matériau fragmenté est mélangé à l'émulsion et à la quantité nécessaire d'eau. Une fois mis en place et compacté, le mélange obtenu a des caractéristiques comparables à celles d'une grave émulsion ou d'un enrobé bitumineux dense à froid.

- **Mousse de bitume :**

La mousse est produite par l'injection d'une quantité contrôlée d'eau (habituellement, environ 2 à 3% en masse) et d'air dans le bitume chaud. La viscosité de bitume est ainsi nettement diminuée, ce qui permet le mélange avec le matériau de chaussée fraisé.

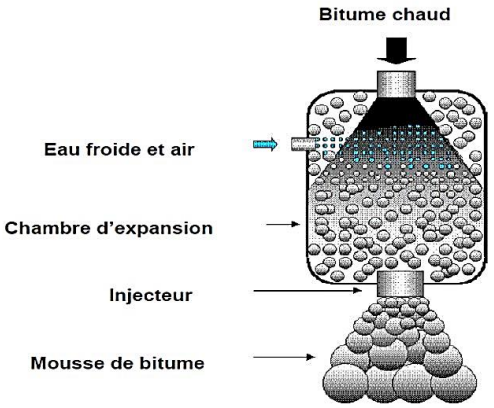


Figure I-2 : Schème de production de la mousse de bitume

- **Ciment et émulsion ou mousse de bitume :**

Avec la combinaison des deux liants, le but est d'obtenir un mélange ayant une résistance accrue mais, du fait de l'émulsion ou de la mousse de bitume et de la faible teneur en ciment, le mélange reste souple avec un retrait plus faible que celui des graves traitées au ciment.

- **Bitume :**

Le retraitement à chaud en centrale des enrobés recyclés utilise le bitume comme liant.

I.6.4 Selon l'endroit où est effectué le mélange :

- **En place :**

Les matériaux fraisés et le liant sont mélangés en place. Dans cette méthode les matériaux de la chaussée existante sont le constituant principal, parfois avec l'addition de granulats vierges.

Le liant est répandu en surface de la chaussée (dans le cas du ciment ou de la chaux) ou est injecté dans le matériel de retraitement (coulis de ciment, émulsion de bitume, mousse de bitume) et est mélangé intimement au matériau fraisé. De l'eau, est habituellement ajoutée pendant les phases de fraisage et de mélange.

- **En centrale :**

Le matériau fraisé est stocké, puis traité pour obtenir une granulométrie appropriée et mélangé en centrale pour former un nouveau matériau traité au ciment ou avec un liant bitumineux. Les malaxeurs peuvent être continus ou discontinus. Le matériel retraité est ensuite transporté sur le site où il est répandu et compacté mécaniquement.

I.6.4.1 Organisation des études préalables :

La conformité des enrobés (y compris ceux fabriqués avec des agrégats d'enrobés) aux normes produites constitue aujourd'hui, une obligation en dehors des chantiers expérimentaux.

Les études préalables, situées en amont de la réalisation du chantier, permettent de caractériser l'enrober proposer et de fournir à la centrale de fabrication la composition à respecter en fonction du taux de recyclage.

En dehors de l'aspect matériel, le choix du taux de recyclage est conditionné par les éléments Suivants :

- Réutilisation de tout ou partie des agrégats d'enrobés disponibles
- Caractéristiques de ces agrégats d'enrobés
- Destination de l'enrobé de recyclage.

Quel que soit le contexte, ces études préalables comprennent toujours, par ordre Chronologique :

- L'identification des constituants
- La mise au point de la formule
- La réalisation de l'épreuve de formulation.

I.7 Les avantages :

Les avantages les plus reconnus du recyclage sont dans le domaine environnemental avec l'élimination de la mise au rebut des matériaux et la diminution de l'utilisation de ressources naturelles. Tout en cherchant à respecter l'environnement, le recyclage des enrobés doit aussi répondre à des éléments de performance technique et de rentabilité économique.

I.7.1 Sur le plan environnemental :

Le recyclage des enrobés se traduit par :

- **Une économie des ressources naturelles**. Il y a une diminution de l'utilisation de nouveaux matériaux tels que les granulats et le bitume. Le recyclage à froid (surtout le retraitement de type I, II et III10) permet également de diminuer la quantité d'enrobés chauds conventionnels nécessaires lors de réhabilitation de la chaussée ;
- **Une diminution de la quantité de rebuts**. Avec le nouveau règlement qui sera bientôt en vigueur, il n'y aura plus de possibilité d'ouvrir de site d'enfouissement et les sites actuels devront s'ajuster aux normes sans s'agrandir. Le recyclage des enrobés préserve donc la capacité de mise à décharge des municipalités afin d'y déposer les déchets qui sont plus difficilement recyclables ou réutilisables ;
- **Une diminution des gaz à effet de serre (GES)**. Que ce soit par procédé à froid ou à chaud, le recyclage des enrobés diminue la quantité de GES émise ;
- **Une meilleure rentabilité énergétique**. Lorsque le cycle de vie complet des enrobés est considéré, le recyclage à chaud a une meilleure rentabilité énergétique que la fabrication et la mise en œuvre à partir de matériaux neufs. Quant au recyclage à froid, il consomme cinq fois moins d'énergie lors de l'opération de mise en œuvre routière que les enrobés à chaud conventionnels11 ;
- **Une économie de transport**. Lors de procédé de recyclage en place, il y a une diminution du transport et donc de l'usure et de la sollicitation du réseau adjacent nécessaire lors d'un apport de nouveaux matériaux.

I.7.2 Sur le plan technique :

Différents avantages sont réalisés selon la technique de recyclage utilisée. Pour le recyclage à chaud, les avantages généralement rencontrés sont les suivants :

- Amélioration de la résistance au désenrobage12 ;
- Amélioration à l'essai de tenue à l'eau du mélange. Les mélanges d'enrobés contenant des GBR répondent aux mêmes exigences de performance que les enrobés constitués uniquement de matériaux neufs. Le seuil de recyclage généralement reconnu par les donneurs d'ouvrage est de 20%. Pour le recyclage à froid en place, qui est une technique permettant uniquement la réhabilitation de chaussée, d'autres avantages techniques peuvent être observés
- Renforcement de la structure de la chaussée (pour le retraitement en place à froid de type II et III) ;
- Élimination du patron de fissuration de la chaussée existante ;
- Ralentissement de la remontée de fissure dans le revêtement de surface ;
- Prolongation de la durée de vie de la chaussée.

I.7.3 Sur le plan économique

Le taux de GBR utilisé lors du recyclage influence la rentabilité du procédé. Certaines techniques de recyclage et surtout, le recyclage à froid, permettent généralement une économie

de coûts sur une intervention globale, notamment lors du transport des matériaux. Globalement, l'utilisation stratégique des techniques de recyclage permet de réduire les coûts sur le cycle de vie complet de la chaussée.

Lors du recyclage à chaud des GBR, la rentabilité économique du recyclage des enrobés est reliée aux facteurs suivants :

- Au taux d'utilisation des GBR
- Au coût actualisé des matériaux neufs
- Au coût du procédé technique de recyclage utilisé.

Le recyclage devient encore plus rentable lorsqu'un gouvernement impose un prix de mise en décharge des déchets ou interdit de déverser des déchets recyclables. Plusieurs pays renforcent donc le recyclage avec ce type de politique environnementale.

I.8 Conclusion :

Le recyclage des enrobés est avantageux autant du point de vue technique, environnemental qu'économique. Non seulement les enrobés sont des matériaux de construction recyclables ; ils sont de plus réutilisables dans leur application première, soit en revêtement de chaussée. L'objectif de tout intervenant routier doit être de recycler de plus en plus et d'augmenter progressivement les taux de GBR dans les divers mélanges d'enrobés à chaud.

Cette nouvelle approche permettra de diminuer l'utilisation des ressources naturelles, de l'énergie de fabrication et de mise en œuvre des chaussées souples. Dans un contexte actualisé de développement durable et de préservation de l'environnement, les efforts de tous les intervenants doivent continuer tout en ayant comme objectif ultime que 100% des GBR produits annuellement soient recyclés.

CHAPITRE II : Présentation du projet

II.1 INTRODUCTION

II.1.1 Présentation de la wilaya :

La Wilaya d'Aïn Defla est une wilaya d'Algérie. Elle compte 766 014 habitants sur une superficie de 4 260 km². La densité de population de la Wilaya d'Aïn Defla est donc de 179,8 habitants par km².

Khemis Miliana, Aïn Defla et El Attaf sont les plus grandes villes de la Wilaya d'Aïn Defla parmi les 36 villes qui la compose. Le Climat méditerranéen avec été chaud est le climat principal de la Wilaya d'Aïn Defla.

II.1.2 Situation géographique :

Elle est limitée administrativement par :

- La wilaya de Tipaza au Nord.
- La wilaya de Blida au nord-est.
- La wilaya de Médéa au sud-est.
- La wilaya de Tissemsilt au sud.
- La wilaya de Chlef à l'ouest.

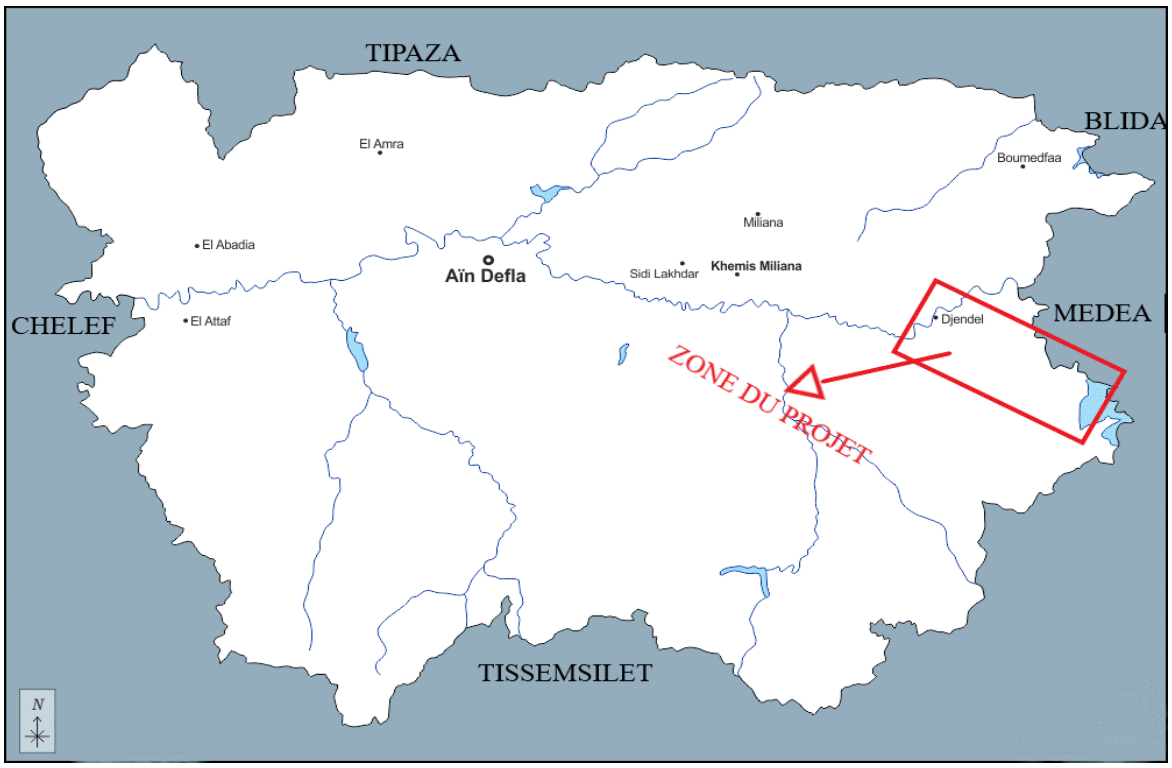


Figure II-1 : Carte de limites administratives de la Wilaya d'Ain Defla

II.1.3 Relief de la wilaya :

La wilaya d'Aïn Defla est une wilaya montagneuse qui fait partie intégrante de la région du Tell, elle est formée par le massif de la Dahra au nord qui culmine au mont Zaccar (1 550 m) au nord de Miliana, par l'Ouarsenis qui culmine au mont Achaouen près de 1 800 m au sud-est de Tarik ibn ziad, et la vallée de Chellif entre les deux massifs.

II.1.4 Le climat :

Le climat de la wilaya d'Aïn Defla est de type méditerranéen semi-aride, avec un caractère de continentalité très marqué et un écart de température de 20°C entre les températures du mois de janvier et celle d'aout. L'été s'étend sur 5 à 6 mois environ avec des masses d'air chaud à partir du mois de mai.

La pluviométrie reste variable et atteinte 500 à 600 mm/an. Une série d'étage climatiques qui va du sub-aride au fond de la vallée au sub-humide sur les reliefs cette situation est liée à l'orographie : plus l'altitude est élevée plus l'étage est humide.

De même pour l'enneigement qui touche les reliefs de plus de 600 m d'altitude.

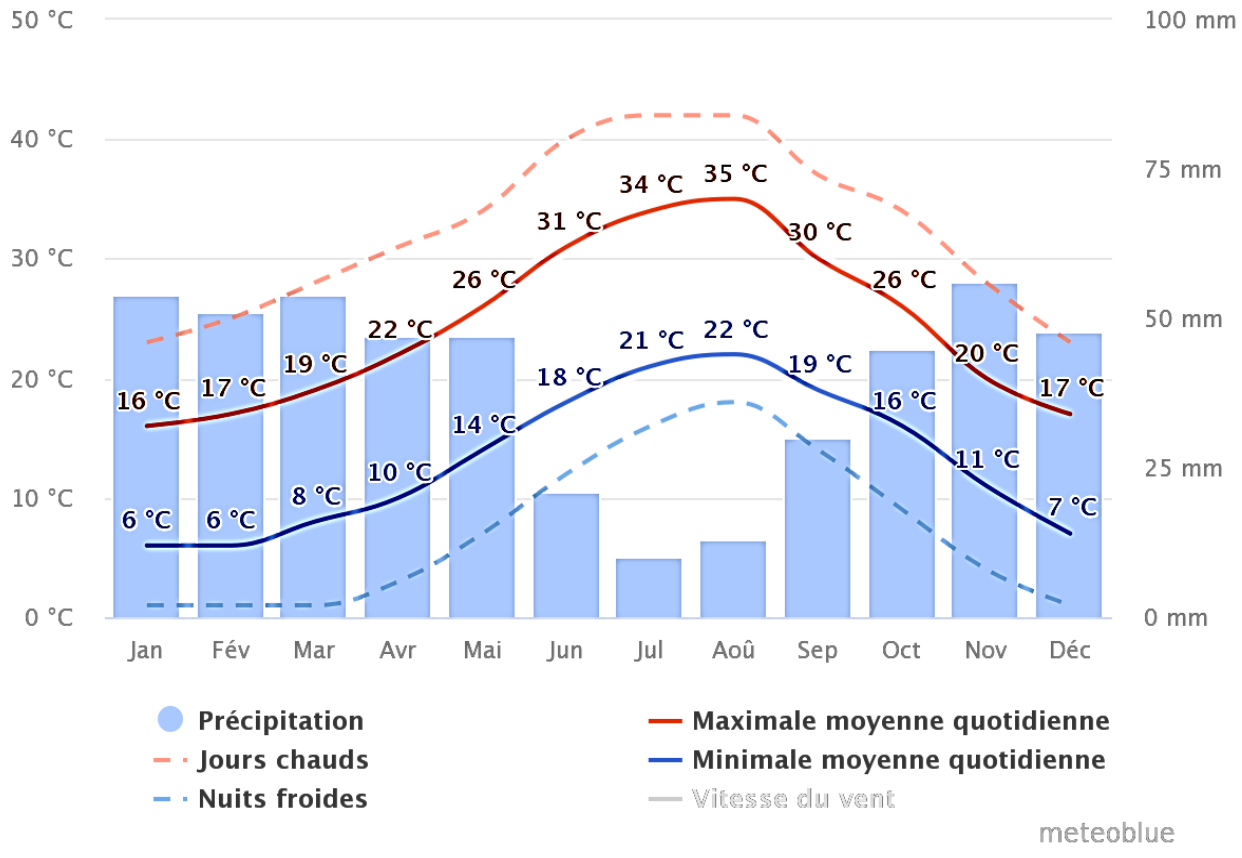


Figure II-2: Température et précipitations moyennes

II.1.5 Le Réseau routier :

- Réseau routier de plus de 3000 km dont :
  - Autoroute Est-ouest 104 km.
  - Routes nationales 310 km.
  - Projet de la rocade n°04 entre Khemis Miliana et Bordj Bouareridj) 300 km.
  - Projet de route en double voies entre Khemis Miliana, Tisemsilet et Tiaret sur 160 km.
  - Chemin communal 2126 km
- Réseau ferroviaire sur 92 km dont 53 km dédoublé.

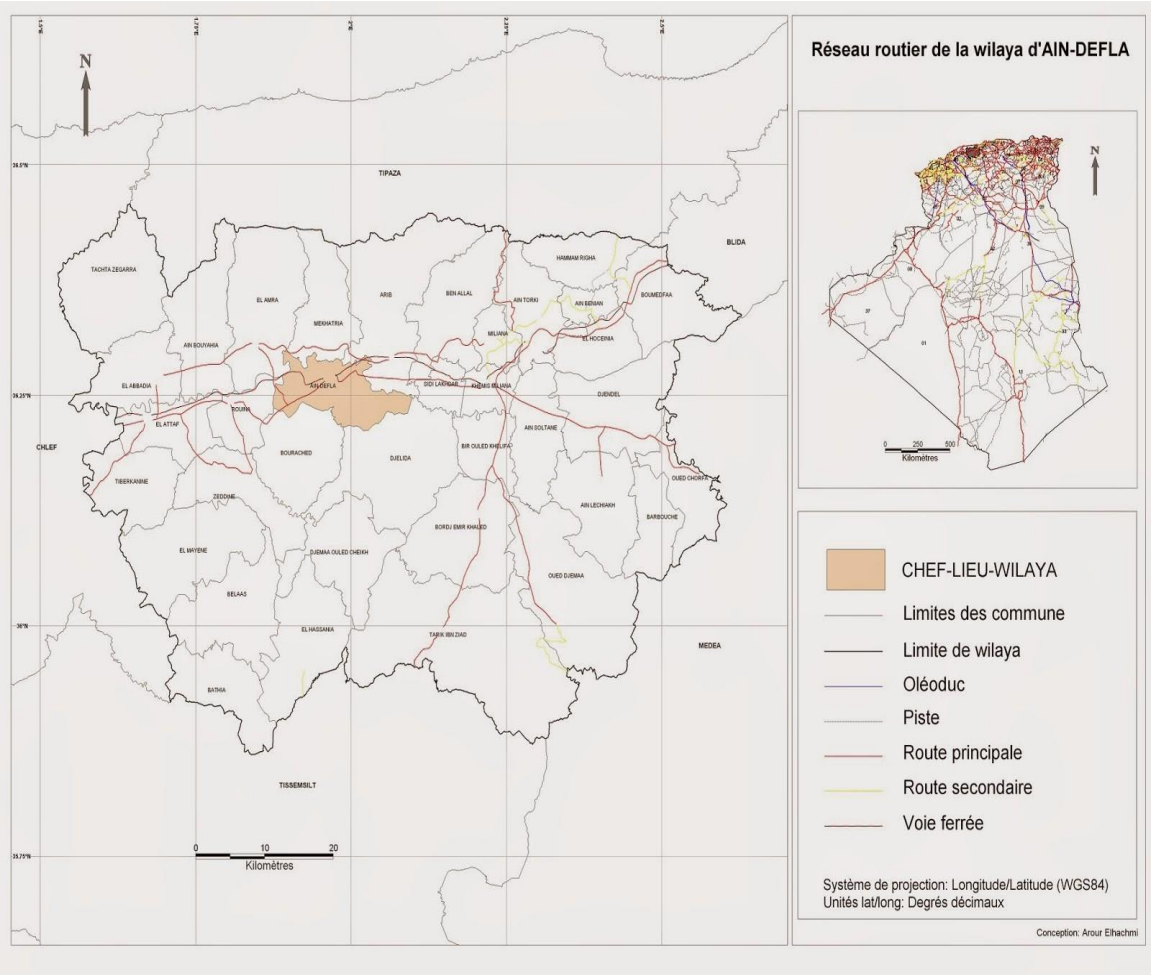


Figure II-3: Réseau routier de la wilaya d'AIN-DEFLA

II.2 PRESENTATION DU PROJET

La réalisation de la 4emerocade apportera un soulagement certain aux principaux axes routier autour de la capitale et principaux axes routiers de la capitale et principalement les axes EST/OUEST (RN5, RN4), et NORD/SUD (RN1). Elle facilitera de ce fait les échanges entre l'est et l'ouest du pays.

Le projet, d'un linéaire de 300 km, prend naissance à Khmis Miliana dans la wilaya de Ain Defla et traverse 05 wilaya du centre pays (AIN Defla, Médéa, Bouira, Msila et Bordj Bou Arreridj).

Il desservira les villes suivantes : Djendel, Berouaghia, Sour EL Gho-zlane, Sidi-Aissa et Bou Arreridj.

La 4eme rocade sera soumise au péage au même titre que l'Autoroute Est/ouest pour des raisons d'entretien, le projet a été scindé en 03 lots :

Le lot 1 : d'un linéaire de 80 km, allant de l'échangeur RN18 (w. Ain Defla) à l'échangeur RN1(Médéa).

Le Lot 2 : d'un linéaire de 90km, allant de l'échangeur RN1(Médéa) à l'échangeur RN8 (Est de la localité de Dirah).

Le Lot 3 : d'un line aire de 130km, allant de l'échangeur RN8 (Est de la localité de Dirah) à la ville de Bordj Bou Arreridj.

Les études techniques sont en cours.

Consistance physique du projet

Quantités préliminaires telles que définies dans la fiche technique du projet :

- Linéaire d'autoroute……300 km
- Linéaire de routes secondaires et rampes d'échangeurs……90km
- Nombre d'échangeurs (avec péage) ……...30 U
- Nombre d'ouvrage d'art non courants……210 U
- Nombre de viaducs……. 30 U
- Nombre de tunnels (éventuels).....2U

II.2.1 Cadre de l'étude :

Notre projet consiste à faire une étude avant-projet détaillé (APD) d'un tronçon routier de la rocade 4 sur 10 km du PK 15+000 jusqu'au PK 25+000 (entre la daïra de Djendel jusqu'à Hanacha wilaya de Médéa) avec conception d'un échangeur au niveau du PK 25+000.

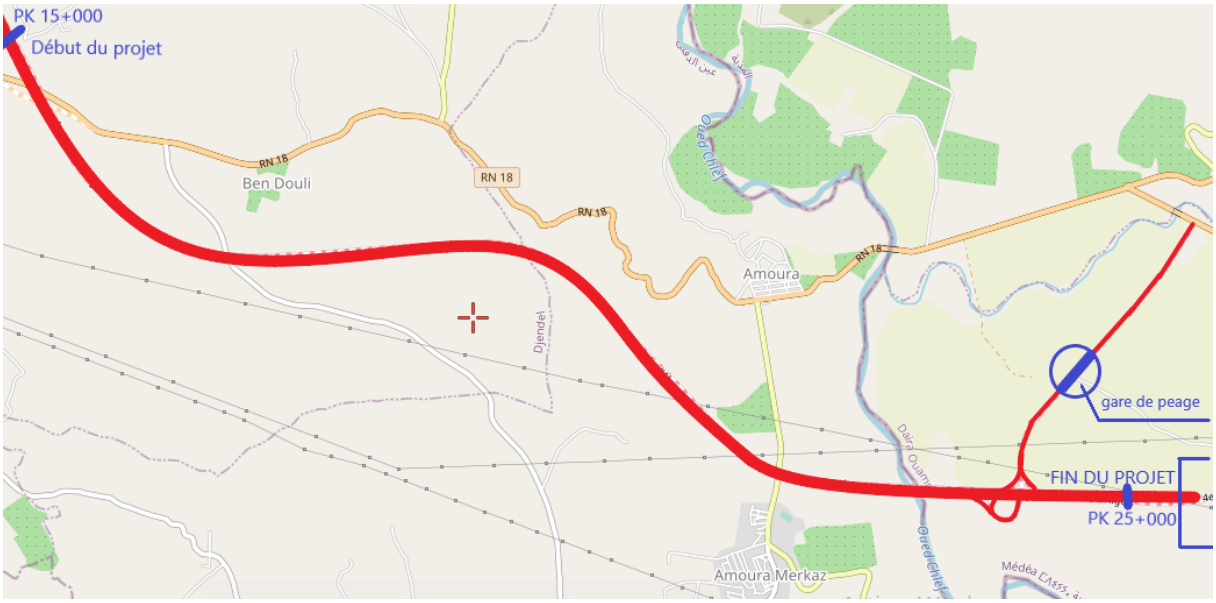


Figure II-4: Tronçon de notre projet

CHAPITRE III : ETUDE DE TRAFIC

III.1 INTRODUCTION :

Une étude de trafic est une phase fondamentale qui doit intervenir en amont de toute réflexion relative à un projet routier. Elle permet de déterminer l'intensité du trafic et son agressivité et en particulier les poids lourds (PL). Le dimensionnement du corps de chaussée nécessite la connaissance à priori du trafic journalier moyen annuel (TJMA) ainsi que la répartition des différentes catégories de véhicules.

En effet, cette étude nous ramène à pré-dimensionner le profil en travers type (PTT) pouvant recevoir en termes de capacité le volume de trafic à l'horizon (nombre des voies). Pour pouvoir concevoir un PTT ayant capacité de reprendre les charges mobiles dues essentiellement aux PL, il est à entreprendre une compagne géotechnique permettant de mettre en évidence la nature de sol traversé.

III.2 Différents types de trafics :

- **Trafic normal :**

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en compte le nouveau projet

- **Trafic dévié :**

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. En d'autres termes la déviation de trafic n'est qu'un transfert entre les différentes routes qui atteignent le même point

- **Trafic induit :**

C'est le trafic qui résulte de :

  - Des nouveaux déplacements des personnes qui d'effectuer et qui raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destination.
  - Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des couts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier

- **Trafic total :**

C'est le trafic total sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié en plus du trafic normal.

III.3 Calcul de capacité :

III.3.1 Définition de la capacité :

La capacité et le nombre des véhicules qui peuvent raisonnablement passer sur une direction de la route (ou deux directions) avec les caractéristiques géométriques et de circulation qui lui est propres durant une période bien déterminé, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

III.3.2 Projection future du trafic

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

$$\mathbf{T_{JMAh} = T_{JMA0}(1+\tau)^n}$$

Avec :

$\mathbf{T_{JMAh}}$: le trafic à l'année horizon.

$\mathbf{T_{JMA0}}$: le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

$\boldsymbol{\tau}$: taux d'accroissement du trafic (%).

III.3.3 Calcul de trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (uvp), en fonction de type de route et de l'environnement.

Pour cela on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les PL en (uvp).

Le trafic effectif est donné la relation suivante :

$$\mathbf{T_{eff} = [(1-z) + p.z].T_{JMAh}}$$

Avec :

$\boldsymbol{T_{eff}}$: trafic effectif à l'année horizon en (uvp).

Z : pourcentage de poids lourd.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

Tableau III-1: Coefficient d'équivalence P

Classe D'Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	6-16	16-24

III.3.4 Débit de pointe horaire normale

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon il est exprimé en unité de véhicule particulier (uvp) et donné par la formule suivante :

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) . T_{eff}$$

Avec :

Q : débit de pointe horaire

$\frac{1}{n}$: Coefficient de pointe en général 0.12

T_{eff} **:** Trafic effectif

III.3.5 Débit horaire admissible

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule :

$$Q_{adm} = K_1 . K_2 . C_{th}$$

Avec :

K_1 : Coefficient lié à l'environnement.

K_2 : Coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : Capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Tableau III-2: Coefficient « K1 »

Environnement	E1	E2	E3

K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau III-3: Coefficient « K2 »

	Catégorie de la route				
Environnement	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau III-4: Valeur de la capacité théorique

	Capacité Théorique(uvp/h)
Route à 2voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à 3voies de 3.5m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

III.4 APPLICATION AU PROJET

III.4.1 Les données de trafic :

D'après les données du trafic qui nous ont été fournis par le bureau d'étude

- Le trafic à l'année 2014 $T_{JMA2014}$**=8324 v/j**
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté **i=4%**
- La vitesse de base sur le tracé V_b**=110km/h**
- Le pourcentage de poids lourds **Z=25%**
- L'année de mise en service en **2021**
- Le trafic à l'année de mise en service $T_{JMA2021}$**=10954 v/j**
- La durée de vie estimée de **20ans**
- **P=6** (Route à bonne caractéristique)
- **K1=0.85** Environnement E2 (Terrain vallonné), **K2=0.99** (Environnement E2, Catégorie C1)

III.4.2 Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2021)

Pour le trafic prévisible en utilisant la formule suivante :

$$T_{JMAh} = T_{JMA0}(1+\tau)^n$$

$T_{JMA2021} = T_{JMA2014}(1+0.04)^{7}$=10954 v/j

$T_{JMA2041} = T_{JMA2021}(1+0.04)^{20}$=24002 v/j

III.4.3 Calcul de trafic effectif :

$$\mathbf{T_{eff} = [(1-z) + p.z].T_{JMAh}}$$

$T_{eff2014} = [(1-0.25) + 6.0.25].T_{JMA2014}$=18729 uvp/j

$T_{eff2021} = [(1-0.25) + 6.0.25].T_{JMA2021}$=24647 uvp/j

$T_{eff2041} = [(1-0.25) + 6.0.25].T_{JMA2041}$=54003 uvp/j

$\boldsymbol{T_{eff2021}}$=24647 uvp/j

$\boldsymbol{T_{eff2041}}$=54003 uvp/j

III.4.4 Débit de pointe horaire normale :

$$\mathbf{Q = \left(\frac{1}{n}\right).T_{eff}}$$

$Q_{2014} = 0.12 * 18729$=2248 uvp/h

$Q_{2021} = 0.12 * 24647$=2958 uvp/h

$Q_{2041} = 0.12 * 54003$=6481 uvp/h

III.4.5 Calcule de débit admissible :

$$\mathbf{Q_{adm} = K_1.K_2.C_{th}}$$

C_{th}=1800 uvp/h d'après le B40 pour une chaussée séparée

$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1800$=1515 uvp/h

III.4.6 Le nombre des voies :

Notre type de route est une section d'une autoroute à chaussée unidirectionnelle. Le nombre des voies par chaussée est alors le nombre le plus proche du rapport **S×Q/Q_{adm}** Où **S** est un coefficient de dissymétrie (en général **S=2/3)** et $\boldsymbol{Q_{adm}}$débit admissible par voie. Le nombre des voies **N** est :

$$\mathbf{N = \frac{S \times Q}{Q_{adm}}} \text{ AN : } \quad N = \frac{\left(\frac{2}{3}\right) \times 6481}{1515} = \mathbf{2.85 \approx 3}$$

On Optera dans notre étude une autoroute de **2x3** voies

III.4.7 Calcule L'année de saturation :

Le calcul de l'année de saturation se fait pour un sens donc on multiplie par 2 car le calcul de débit de pointe horaire s'est fait par une seule voie

$$\begin{cases} Q_{saturation} = 3 \times Q_{adm} \\ Q_{adm} = K_1 . K_2 . C_{th} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 1800 = 1515\ uvp/h/sens \\ Q_{saturation} = 3 \times Q_{adm} = 4545 uvp/h/sens. \end{cases}$$

On a :

Q_{2021}=2958 uvp/h

Q_{2021}=1972 uvp/h/sens

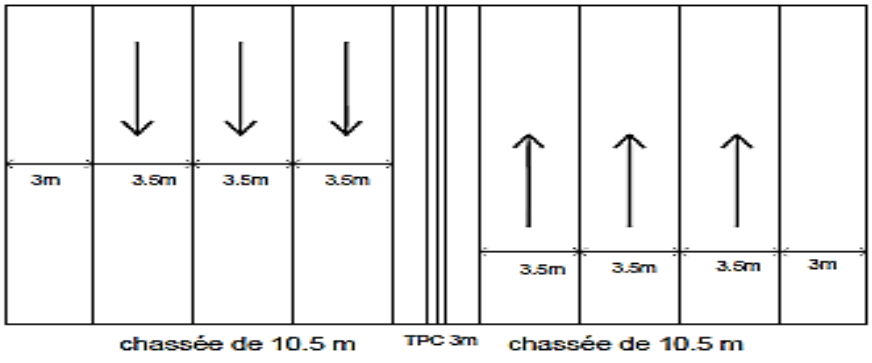
$$N = \frac{\log\left(\frac{Q_{saturation}}{Q_{2021}}\right)}{\log(1.04)} = \frac{\log(2.3)}{\log(1.04)} = 21 \text{ ans}$$

Donc la saturation surviendra 21 ans après l'années de mis en service soit en 2041

III.5 Conclusion :

La rocade doit être dimensionnée avec 3 voies pas sens de 3.5 m, et selon l'instruction ICTAAL le terre-plein central est de 3m, il sera à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation deux eaux) et le cas échéant, des piles d'ouvrages et des aménagements paysagers.

Une B.A.U de 3m permet de faciliter l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, la récupération d'un véhicule déviant de sa trajectoire, l'évitement d'un obstacle sur la chassée, l'intervention des services de secours, d'entretien et d'exploitation.



CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE

IV.1 Trace en plan :

IV.1.1 Introduction :

La définition du tracé en plan est la projection verticale de la route sur un plan horizontale (carte topographique, plan de situation, carte satellitaire) ; l'axe de tracé constitué d'une succession de courbes et d'alignements droits séparés pas des raccordements successifs, l'élaboration de ce dernier est privilégiée par certaines conditions.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long visent à assurer la sécurité et le confort des usagers.

Règles à respecter dans le tracé en plans :

En premier lieu, il y a lieu de définir les règles de conception, on a utilisé dans notre projet l'ICTAAL 2015, dont elles peuvent être résumées ci-dessous :

- Respecter les points de départ et d'arrivée.
- Eviter les sections rectilignes de grande longueur.
- Eviter la démolition du bâti (maisons, constructions et habitats).
- Eviter le passage sur des terres agricoles notamment irriguées et aussi les zones forestières et d'arboricultures.
- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassement excessif et inutile, de préférence suivre les courbes de niveau.
- Tenir compte des contraintes de réseaux (installations électriques, conduites de gaz, conduites principales d'assainissement et d'eau potable).
- Réduire les portées des ouvrages d'art aux niveaux des oueds en les traversant sur un plan perpendiculaire.
- Localiser en distance cumulée (PK) l'ensemble des points singuliers (croisement de routes, pistes, réseaux électriques, téléphonique, hydraulique etc.…)

IV.1.2 Choix de la catégorie :

Les autoroutes ou sections d'autoroute sont classées en deux catégories se distinguant par le niveau de leur caractéristique de tracé en plan et de profil en long, Le choix de la catégorie résulte de l'environnement (relief, occupation du sol…) dans lequel d'inscrit l'autoroute et doit être cohérent avec la perception qu'en aura l'usager. On distingue :

- La catégorie L_1 : appropriée en région de plaine ou vallonnée ou les contraintes de relief sont modérées.
- La catégorie L_2 : mieux adaptée aux sites de relief plus difficile, compte tenu des impacts économique et environnementaux qu'il implique.

Ces catégories L_1 et L_2 sont respectivement appropriées à des vitesses maximales autorisées de 130 et 110 km/h.

Notre projet ce situ dans un site difficile du coup on prend la catégorie L2.

IV.1.3 Les éléments de tracé en plan :

L'axe en plan est constitué d'une succession de :

- Alignements.
- Arc de cercle.
- Courbe de raccordement.

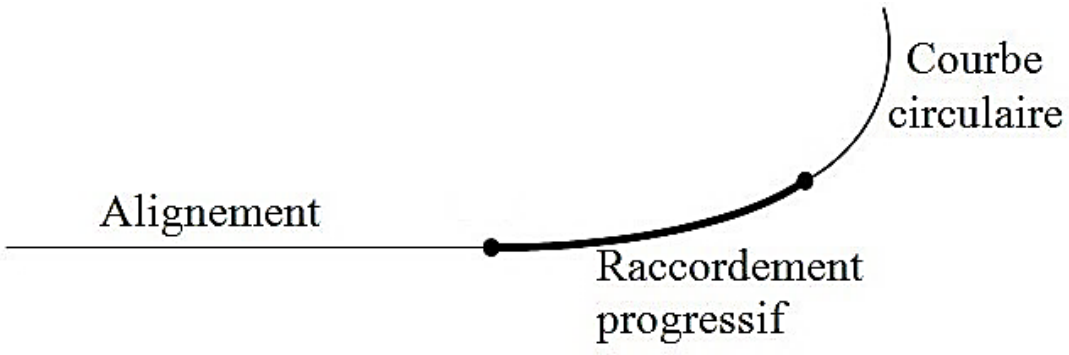


Figure IV-1: Les éléments de tracé en plan

IV.1.3.1 Les alignements :

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple et le plus utiliser, son emploi dans le tracé des routes est restreint à cause de la mauvaise adaptation de la route au paysage et la monotonie de conduite qui peut engendrer de accidents.

IV.1.3.2 Arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- La stabilité des véhicules.
- L'inscription de véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- La visibilité dans les tranchées en courbe.

IV.1.3.3 Les rayons :

La limitation des valeurs des rayons dépond de la stabilité des véhicules, l'inscription de véhicules longs dans les courbes et la visibilité en courbe.

Les rayons en plan doivent respecter les valeurs minimales résumées dans le tableau :

Tableau IV-1: Valeurs minimales des rayons du tracé en plan (Source ICTAAL 2015)

Catégorie		L_2
Rayon minimal	R_m	400m
Rayon minimal non déversé	R_{nd}	650m
Rayon minimum sans courbe de transition	$1.5 \times R_{nd}$	975m

- Il est conseillé de remplacer des longs alignements droits par des grands rayons.
- L'emploi des rayons supérieurs ou égaux à 1.5 R_{nd} est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcout sensible, afin d'améliorer le confort.

Pour des raisons économiques, les courbes ont été évitées au niveau des ouvrages d'art.

IV.1.3.4 Les courbes de raccordement :

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du devers et la condition du confort et de sécurité.

La courbe de raccordement la plus utilisée et la clothoïde grâce à ses particularités, c'est-à-dire pour son accroissement dans les zones de variation du devers (condition de gauchissement) et assure l'introduction de devers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique qui sont limitées par unité de temps de variation de la sollicitation transversale des véhicules.

a) Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre condition conditions suivantes :

- Stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

b) Type de courbe de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

- **Parabole cubique :** Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer).
- **Lemniscate :** Cette courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « tréflé d'autoroute »
- **Raccordements progressifs (clothoïdes) :**

Les courbes de rayon inférieur à 1.5 R_{nd} sont introduites par des raccordements progressifs (clothoïdes).

Leur longueur est au moins égale à la plus grande des deux valeurs : {14|Δδ| et R/9}.

Avec :

- R : rayon de courbure en (m).
- Δδ : la différence des pentes transversales (%) des éléments du tracé raccordés.

Tel que : $|\Delta\delta| = |\delta_1 - \delta_0|$

- δ_0 : la pente transversale initiale : $\delta_0 = -2.5\ \%$.
- δ_1 : le dévers de la courbe $\delta_1 = 2.5\%$.

IV.1.4 Enchainement des éléments du tracé en plan :

Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des rayon supérieurs ou égaux à 1.5 Rnd, en respectant toujours les conditions de confort et les règles de visibilité.

- Deux courbes successives doivent satisfaire à la condition « $R1 \leq 1.5R2$ », ou R1 est le rayon de la première courbe rencontrée et « $R2 < 1.5R_{nd}$ » celui de la seconde.
  Cette recommandation est impérative dans une section risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent.
- Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m, sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

IV.1.5 Calcul manuel d'axe de tracé en plan :

- **<u>Cas 01 :</u> Rayon sans courbe de transition**

Tableau IV-2: Les données de l'axe à calculer

V_b=110 km/h	X(m)	Y(m)	R(m)
A(P_1)	449735.901	4008508.529	1450
S(P_2)	450566.2093	4008242.7572	
B(P_3)	45115.0130	4005797.0160	

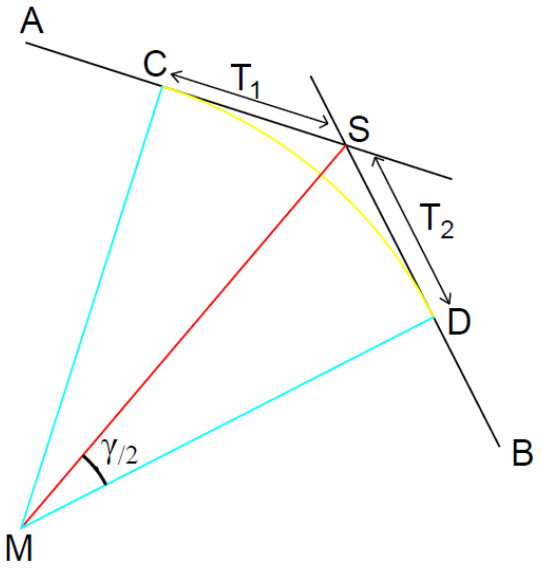


Figure IV-2: paramètres de raccordement par arc

Calcule des gisements

- **Gisement AS :**

$\alpha=\text{arctg}\left(\frac{XS-XA}{YS-YA}\right)=\text{arctg}\left(\frac{\Delta X}{\Delta Y}\right)$

$\Delta x+ \Delta Y+$: gisement AS= α

$\Delta x+ \Delta Y-$: gisement AS= 200-α

$\Delta x- \Delta Y-$: gisement AS= 200+α

$\Delta x- \Delta Y+$: gisement AS= 400-α

$\Delta x=450566.2093-449735.901=830.308 >0$

$\Delta Y=4008242.7572-4008508.529= -265.771<0$

$\Rightarrow$ $\alpha=\text{arctg}\left(\frac{830.308}{265.771}\right)=80.278$ gr

Donc: $G_{A-S}=200-80.278=119.721$ gr ..... (1)

- **Gisement SB:**

$\Delta x = 451815.0130 - 450566.2093 = 1248.803 > 0$

$\Delta Y = 4005797.0160 - 4008242.7572 = -2445.741 < 0$

$\Rightarrow \alpha = \text{arctg}\left(\frac{1248.803}{2445.741}\right) = 30.054 \text{ gr}$

$G_{S-B} = 200 - 30.054 = 169.94 \text{ gr}$ …… (2)

- **Calcule de l'angle γ :**

$\gamma = |G_{A-S} - G_{S-B}| = |119.721 - 169.94| \Rightarrow$ **$\gamma = 50.219$ gr**

- **Calcule des distances :**

$\overline{AS} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{(830.308)^2 + (265.771)^2} = 871.805$ m

$\overline{SB} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{(1248.803)^2 + (2445.741)^2} = 2746.116$ m

- **Calcule des tangentes :**

$T_1 = T_2 = T = R \times \text{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 1450 \times \text{tg}\left(\frac{50.219}{2}\right) = 603.53$ m

- **Calcule de la longueur de la courbe :**

$L = R \times \gamma = 1450 \times \left(\frac{50.219 \times \Pi}{200}\right) = 1143.81$ m

- **Calcule des coordonnées C et D :**

Distance $CS = T_1 = T = 603.53$ m

- **Coordonnées de point C : (fin de la tangente)**

$X_C = Xs - T \times \sin(G_{A-S}) = 450566.2093 - 603.53 \times \sin(119.721) = 449991.406$ m

$Y_C = Y_S - T \times \cos(G_{A-S}) = 4008242.7572 - 603.53 \times \cos(119.721) = 4008426.740$ m

- **Coordonnées de point D (fin de l'arc – début de la 2^{éme} tangente) :**

$X_D = Xs - T \times \sin(G_{S-B}) = 450566.2093 + 603.53 \times \sin(169.94) = 450840.712$ m

$Y_D = Y_S - T \times \cos(G_{S-B}) = 4008242.7572 - 603.53 \times \cos(169.94) = 4007705.266$ m

- **Calcule des coordonnées du centre du cercle M :**

$G_{C-M} = G_{A-S} + 100 = 219.721$ gr

$X_M = X_C - R \times \sin(G_{C-M}) = 449991.406 + 1450 \times \sin(219.721) = 449549.400$ m

$Y_M = Y_C - R \times \cos(G_{C-M}) = 4008426.740 + 1450 \times \cos(280.279) = 4007045.757$ m

- **Cas 02 : rayon avec courbe de transition (clothoïde)**

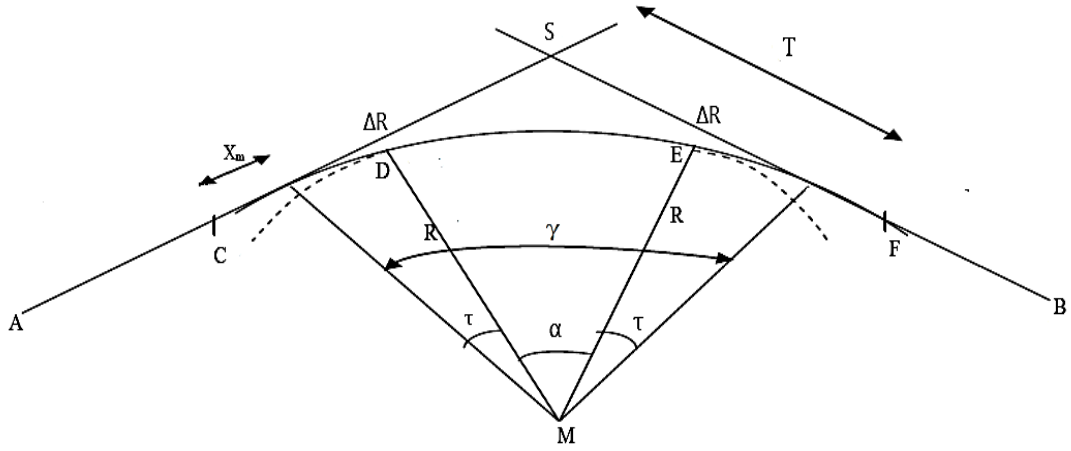


Figure IV-3: paramètres de la clothoïde

Les éléments de la clothoïde sont :

- A : paramètre de la clothoïde.
- R : rayon du cercle à l'abscisse curviligne.
- M : centre du cercle d'abscisse X_M.
- C : début de la clothoïde 1.
- D : fin de la clothoïde 1.
- E : début de la clothoïde 2.
- F : fin de la clothoïde 2.
- τ : angle de tangente.
- σ : l'angle polaire.
- ΔR : Ripage

Tableau IV-3: Les données de l'axe à calculer

V_b=110 km/h	X(m)	Y(m)	R(m)
A(P_1)	451815.0130	4005797.0160	800
S(P_2)	454550.2928	4005977.4649	
B(P_3)	456023.7697	4004375.4298	

- **Calcule de la longueur de raccordement progressif :**

$L_s \geq \max\{14|\delta_1-\delta_0|=70 ; \frac{R}{9}=88.88\}$.

On prend L_S= 200m.

Avec :

δ_0 : la pente transversale initiale : δ_0= -2.5 %.

δ_1 : le dévers de la courbe δ_1= 2.5%.

- **Calcule du paramètre A :**

$A=\sqrt{L \times R}=\sqrt{200 \times 800}$ = 400.

La condition :

$R/3 \leq A \leq R$ ⟹ 266.66≤400≤800 (OK)

- **Caractéristique de la courbe de raccordement :**

  - **Calcule de ΔR :**

$\Delta R = \frac{L^2}{24R}=\frac{200^2}{24\times800}$ =2.08 ; $\frac{L}{R}=\frac{200}{800}$ =0.25

À partir des tables de clothoïdes, on tire les valeurs suivantes :

Tableau IV-4: tables de clothoïdes

Paramètres	$\frac{\Delta R}{R}$	ΔR	$\frac{Xm}{R}$	Xm	$\frac{X}{R}$	X	$\frac{Y}{R}$	Y
Valeurs	0.0020	1.6	0.1249	99.92	0.2496	199.68	0.0104	8.32

- **Calcule des gisements :**

Δx=454550.2928-451815.0130=2735.2798 >0

ΔY=4005977.4649-4005797.0160= 180.4489>0

⟹ α=arctg $(\frac{2735.2798}{180.4489})$ =95.80 gr

Donc : G_A^S= α =95.80 gr.

Δx=456023.7697-454550.2928=1473.4769 >0

ΔY=4004375.4298-4005977.4649= -1602.035<0

⟹ α=arctg $(\frac{1473.4769}{1602.035})$ =47.34 gr

Donc : G_S^B= 200-α =152.66gr

- **Calcul des angles :**

$\gamma = |\ G_A^S - G_S^B\ |$ ⟹ $\gamma = 56.86$ gr

- **Calcul de la longueur de l'arc de cercle :**

$\tau = \frac{200 \times L}{2 \times \pi \times R} = \frac{200 \times 200}{2 \times \pi \times 800} = 7.9577$ gr

- **Vérification de non chevauchement :**

$\frac{\gamma}{2} = 28.43$ gr

$\tau = 7.9577$ gr

Donc : $\tau < \frac{\gamma}{2}$ (pas de chevauchement).

- **Calcul des distances :**

$\overline{AS} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{(2735.2798\ )^2 + (180.4489)^2} = 2741.22$m (OK)

$\overline{SB} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{(1473.47\ )^2 + (1602.0352)^2} = 2176.609$ m (OK)

Calcul de la longueur de l'arc de cercle :

$L = \frac{R(\gamma - 2\tau) \times \pi}{200} = \frac{800 \times (56.86 - 2 \times 7.9577) \times \pi}{200} = 514.52$ m (OK)

- **Calcul de la tangente T :**

$T = X_m + t = X_m + (R + \Delta R) \times tg\ (\gamma/2)$

$T = 99.92 + (800+1.6) \times tg\ (\frac{56.86}{2}) = 483.75$m.

- **Calcule des coordonnées des points de début et fin de la clothoïde :**

$X_C = X_S - T \sin(G_A^S) = 454550.2928 - (483.75 \times \sin(95.80)) = 454067.59$ m (OK)

$Y_C = Y_S - T \cos(G_A^S) = 4005977.4649 - (483 \times \cos(95.80)) = 4005945.57$ m (OK)

$G_C^D = G_A^S + \sigma = 95.80 + 2.65 = 98.45$ gr

Pour le calcul du 2 éme point D on utilise l'approche d'angle polaire et de la corde.

- La corde polaire : $S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = 199.85$m
- L'angle polaire: $\sigma = \text{arctg}\ (\frac{Y}{X}) = \text{arctg}(\frac{8.32}{199.68}) = 2.65$ gr.

$X_D = X_C - S_L \sin(G_C^D) = 454067.59 + (199.85 \times \sin(98.45)) = 454267.38$ m (OK)

$Y_D = Y_C + S_L \cos(G_C^D) = 4005945.57 + (199.85 \times \cos(98.45)) = 4005950.43$ m (OK)

IV.2 PROFILE EN LONG :

IV.2.1 Introduction :

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'un coup longitudinal fictif. Donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne.

Le profil en long est toujours composé des éléments des lignes droites raccordés par des paraboles constituant les raccordements verticaux (convexe et concaves).

On rapporte dans ce chapitre les conditions et les normes à respecter pour l'élaboration du profil en long. On présente les résultats élaborant.

IV.2.2 Réglé et normes à respecter dans le tracé de profil en long :

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projet retenue n'est pas arbitraire mais il doit répondre à certaines conditions pour avoir le bon confort, la visibilité la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales.

- S'adapter au terrain naturel pour minimiser les volumes de terrassement excessif.
- Respecter les valeurs des paramètres intitulés par le règlement.
- Pour avoir un bon écoulement des eaux. On applique aux zones qui on pas un devers une pente dans le profil en long.
- Faire l'équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, cette coordination doit obéir à certaines règles notamment :
  - ✓ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
  - ✓ Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique
  - ✓ Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

IV.2.3 Coordination du tracé en plan et du profil en long :

Pour qu'une route présente des caractéristiques satisfaisantes, il ne suffit pas que son tracé en plan et son profil en longs, considérés isolements, soient aux règles qui leur sont propres il

faut aussi que le tracé en plan et le profil en long de la route aient l'objet d'une étude d'ensemble assurant leur coordination.

La coordination du tracé en plan et du profil en long à pour objectif principal d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route (conditions de visibilité et autant que possible un certain confort visuel).

Les règles qu'il faut suivre pour éviter les défauts résultants, d'une mauvaise coordination tracée en plan et profil en long sont :

- ➔ Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan
- ➔ Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long
- ➔ Respecter la condition :
  $\mathbf{R_{vertical} > R_{horizontal}}$ pour éviter un défaut d'inflexion.

IV.2.4 Les raccordements en profil en long :

-On distingue deux types de raccordement :

- <u>Raccordements convexes (angle saillant) :</u>

Leur conception doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

- <u>Raccordements concaves (angle rentrant) :</u>

Dans un raccordement concave, les conditions de confort et de visibilité de jour ne sont pas déterminantes, par contre on a un problème de visibilité de nuit pour les routes non éclairées.

On doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle.

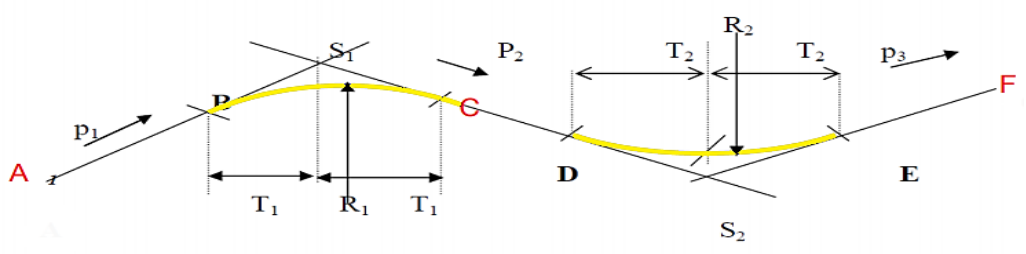


Figure IV-4: schéma illustratif d'un rayon concave et convexe

IV.2.5 La déclivité :

La déclivité d'une route est la tangente de l'angle qui fait la ligne rouge avec l'horizontale. Elle est nommée aussi la pente pour les descentes et rampe pour les montés.

- **Déclivité minimum :**

La pente transversale ne suffit pas seul pour l'écoulement des eaux de pluies, donc il faut éviter le palier (tronçon de route absolument horizontale) pour que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante.

Déclivité minimum : $\mathbf{i_{min}=0.5\%,}$ de préférences **1%** (selon L'ICTTAL 2015)

- **Déclivité maximum :**

Elle dépend de :

- Condition d'adhérence entre pneus et chaussée.
- Vitesse minimum de PL.
- Condition économique.

Selon L'ICTTAL 2015 pour une route de catégorie L2, La déclivité maximum

$$\mathbf{I_{max}=6\%}$$

IV.2.6 Normes géométrique adoptées :

D'après L'ICTTAL 2015 on définit les suivants paramètres :

Tableau IV-5: Valeurs limites des paramètres du profil en long

Paramètres	Valeurs
Vitesse de base V_B (km/h)	110
Déclivité max I_{max} (%)	6
Déclivité min I_{min} (%)	0.5
Rayon minimal en angle saillant R_m (m)	6000
Rayon minimal en angle rentrant R_m(m)	3000

IV.2.7 EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG :

- **Cas d'un rayon concave** :

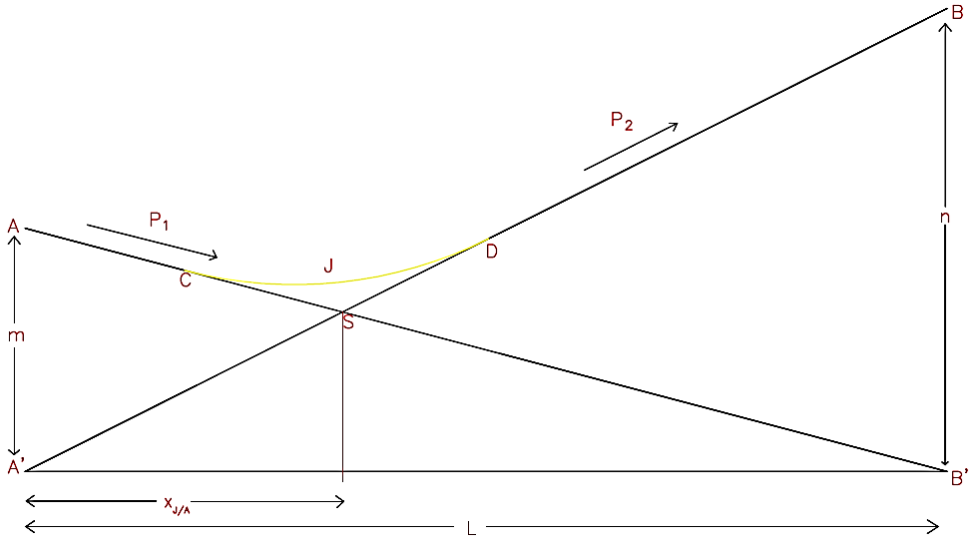


Figure IV-5: paramètres de la parabole concave

Tableau IV-6: les données du PL pour l'axe calculé

Point	X	Z
A	0.00	380.324
S	549.23	391.501
B	1600.90	442.372

On a R=10000 m

- **Calcul des pentes:**

$P_1=\frac{Z_S-Z_A}{X_S-X_A}$ => P_1=2.035%

$P_2=\frac{Z_D-Z_S}{X_D-X_S}$ => P_2=4.837%

- **Calcul des tangents:**

$T=\frac{R}{2}\times(|P_1|-|P_2|)$ => T= 140.1 m

- **Calcul de la flèche B_x :**

$B_x = \frac{T^2}{(2\times R)}$ => B_x = 0.981 m

- **Calcul des coordonnées des points de tangentes** :

$X_C = X_S - T$ => X_C = 409.13m

$Z_C = Z_S - (T\times|P_1|)$ => Z_C= 388.649m

$X_D = X_S + T$ => X_D = 689.33m

$Z_D = Z_S + (T\times|P_2|)$ => Z_D= 398.27m

- **Calcul de la longueur de raccordement :**

$L=2\times T$ => L=280.2m

- **Calcul des coordonnées du point J** :

$X_{J/A} = R\times P_1$ = 203.5 m

$Z_{J/A} = X_{J/A}\times P_1 - \frac{X_{J/A}^2}{2\times R}$ = 2.07 m

$X_J = X_C + X_{J/A}$ ==> X_J = 612.63m

$Z_J = Z_C - Z_{J/A}$ ==> Z_J = 386.579m

Remarque : Les résultats de calcul de profil en long sont joints dans une annexe.

IV.2.8 Conclusion :

Au cours de la conception de la ligne rouge, on a respecté la hauteur de chaque ouvrage pour les routes existante, les oueds et les pistes agricoles. On a aussi respecté les normes dictées dans l'ICTAAL pour le profil en long.

IV.3 PROFIL EN TRAVERS :

IV.3.1 Introduction :

Le profil en travers : est la coupe de la route suivant un plan perpendiculaire à son axe. Il définit notamment toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs de la voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc.…)

IV.3.2 Classification du profil en travers :

Ils existent deux types des profils :

- **Profil en travers type :** Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblai, déblai ou mixte).
- **Profil en travers courant :** est une pièce de base dessinée dans les projets à distances régulières (10, 15, 20, 25m). Qui servent à calculer les cubatures.

IV.3.3 Les éléments du profil en travers :

Les définitions des éléments de profil en travers sont représentées dans **l'annexe 1.**

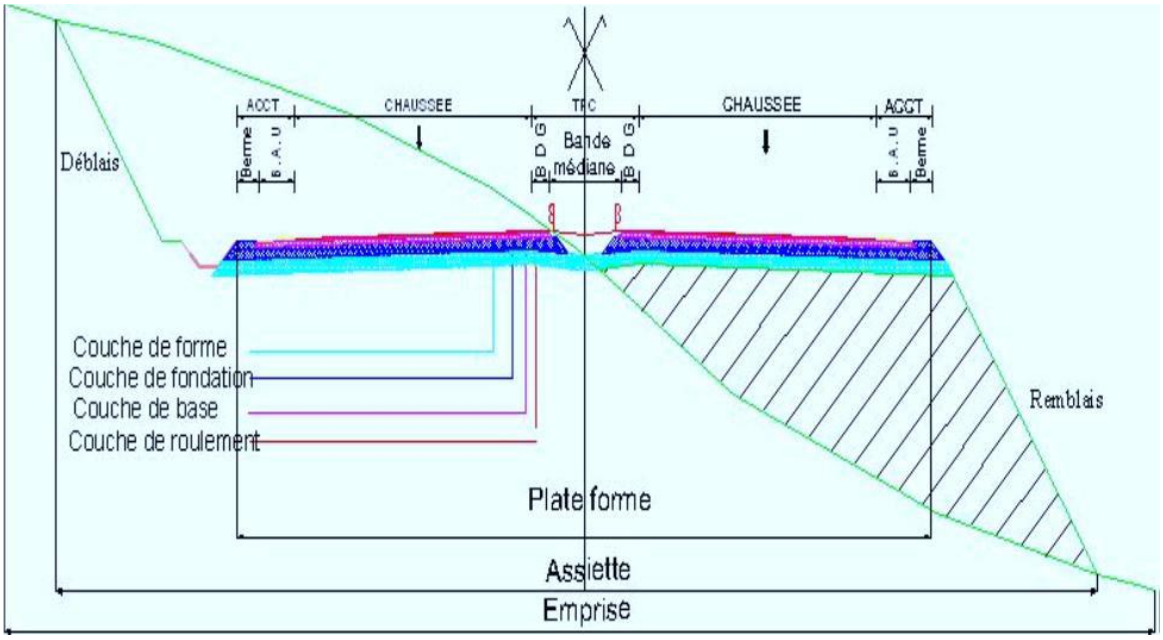


Figure IV-6: Eléments constitutifs du profil en travers

IV.3.4 Pentes transversales (d'après ICTAAL 2015) :

Dans notre cas tous les rayons de courbe sont supérieurs au rayon minimal déversées (tous les courbes sont non déversées), ce qui nous donne :

- La pente transversale d'une chaussée est de 2.5% vers l'extérieur.
- La pente d'une B.A.U (ou d'une B.D.D.), est identique à celle de la chassée adjacente, mais au-delà de là sur largeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4% pour des raisons techniques.
- Les pentes des B.D.G. et du versant en toit d'un T.P.C revêtu sont identiques à celle de la chassée adjacente.
- La berme extérieure présente une pente transversale de 8% qui peut être portée jusqu'à 25% dans le cas où elle est intégrée au dispositif d'assainissement.

IV.3.5 Application au projet :

D'après les normes de L'ICTAAL 2015, les éléments du profil en travers type de notre projet seront comme suit :

- Deux chaussées de trois (03) voies de **3.5m** chacune
- Un terre-plein central de 3m avec :
  - Bande dérasé gauche BDG de **1.2m**
  - Bande médiane de **0.3m**
- Accotement de **4m** avec :
  - Une Bande d'Arrêt d'urgence de **3m**
  - Une berme **1m**
- Pente de talus :
  - Remblais : **2H :1V**
  - Déblais : **3H :2V**
- Pente de la chaussée **2.5%**
- Pente de terre-plein central :
  - Bande dérasé gauche BDG **2.5%**

La largeur totale de notre plateforme de route et égale à 32m.

Remarque : le profil en travers type de notre projet est joins dans **l'annexe**

CHAPITRE V : ETUDE GEOTECHNIQUE

V.1 INTRODUCTION :

La géotechnique a pour but d'analyser les caractéristiques mécaniques et physiques du sol support.

Pour l'élaboration et l'exécution d'un projet il est nécessaire d'avoir une connaissance des terrains traverses. Pour cela, la reconnaissance géotechnique constitue une source d'information indispensable, car elle permet :

- En phase d'étude, de bien définir le projet (dimensionnement du corps de chaussée, choix des matériaux).
- En phase d'exécution : elle permet de réaliser les travaux avec un minimum de risque possibles (choix des moyens et des matériaux adaptés à la nature des sols).

V.2 Les moyens de la reconnaissance :

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement :

- L'étude des archives et documents existants.
- Les visites de site et les essais (in-situ).
- Les essais de laboratoire.

V.2.1 Etude des archives et documents existants :

Etude d'archive est une source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, peut aussi nous aider pour avoir une première idée de la nature des formations existantes.

V.2.2 Les visites sur site et les essais « in-situ » :

V.2.2.1 Objective :

- Préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités.
- La connaissance précise des caractéristiques des sols en présence nécessite des investigations «in-situ » qui permet de :
  - Soit la mesure de certaines caractéristiques en place.
  - Soit le prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.

V.2.2.2 La reconnaissance « in-situ » :

Le programme peut comprendre une gamme assez variée d'investigation que l'on présentera dans ce qui suit :

a) Les forages :

Objective :

- Reconnaitre l'épaisseur et la nature des couches des sols.
- Prélève des échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.
- Reconnaitre le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l'aide de type piézométrique.

Les forages peuvent être réalisés :

- **Manuellement :** en utilisant la main ou à la pelle mécanique avec une profondeur qui ne dépasse pas 3 à 4m.
- **A la tarière :** c'est un outil hélicoïdal que l'on enfonce dans le sol et permettent de remonter en surface les terrains traversés à l'état remanié.
- **A la sondeuse :** on peut atteindre plusieurs dizaines de métré de profondeur en utilisant des tubes carottiers et couronnes diamantées.
  Les couches de sols sont identifiées visuellement, des échantillons sont prélevés pour les essais de laboratoire.

b) Les essais de pénétration :

Le principe consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges muni d'une pointe ou d'une trousse coupante à son extrémité et de mesure de la résistance du sol à l'effort de pénétration.

Les types de pénétromètres sont utilisés :

- Le pénétromètre dynamique.
- Le pénétromètre statique.
- Standard pénétromètre test « SPT ».

V.2.3 Les essais de laboratoire :

Les essais faits en laboratoire sont :

Tableau V-1: Les différents essais au laboratoire

Les essais mécaniques	Les essais d'indentification
Essai PROCTOR Essai CBR	Analyse granulométrique Limites d'Atterberg Teneur en eaux

V.3 APPLICATION AU PROJET :

Le maitre de l'ouvrage avec le laboratoire qui a élaboré un plan d'intervention sur site pour avoir le maximum d'information qui vont nous servir dans l'étude de dimensionnement. Le programme d'intervention est comme suite :

- Réalisation de 08 puits pour analyse du sol support de la chassée, le long du notre tracé.
- Réalisation des essais de laboratoires : analyse géotechnique sur les différents matériaux prélevés.

V.3.1 Essai in-situ :

V.3.1.1 Puits de reconnaissance : (xp p 94-011)

Le but de ces puits et d'identifier le comportement des couches supérieures du sol, et ils servent aussi à déterminer la portance de terrain.

Dans le tableau suivant on présente les résultats obtenus dans ces puits :

Tableau V-2: Résultats des puits de reconnaissance.

Puits	PK	Profondeur (m)	Prof	Nature lithologique
P-01	15+950	3.7	0.0-0.2	Terre végétale
			0.2-2.3	Marne
			2.3-3.7	Argile
P-02	16+100	3.7	0.0-0.3	Terre végétale
			0.3-1.5	Marne
			1.5-3.7	Argile dure
P-03	17+110	3.7	0.0-0.4	Terre végétale
			0.4-2.8	Marne
			2.8-3.7	Argile dure
P-04	17+700	3.7	0.0-0.2	Terre végétale
			0.2-2.0	Marne
			2.0-3.7	Argile rigide
P-05	18+700	3.7	0.0-0.8	Terre végétale
			0.8-1.4	Marne
			1.4-3.7	Argile dure
P-06	19+600	3.7	0.0-0.4	Terre végétale
			0.4-1.6	Alternation de grés
			1.6-3.7	Marne
P-07	20+357	3.7	0.0-0.3	Terre végétale
			0.3-1.8	Argile
			1.8-3.7	Argile
P-08	25+000	3.7	0.0-0.2	Terre végétale
			0.2-1.5	Argile
			1.5-3.7	Limon

V.3.1.2 Sondages carottés : (xp p 94-202)

Il sert à collecter le maximum d'information concernent la structure du sous-sol et de distinguer les différents types de formation du terrain.

Les sondages mécaniques sont exécutés à la rotation et accompagnés de l'exécution d'essai **SPT.**

Tableau V-3: Résultats des sondages carottés.

N°sondage	PK	Profmax(m)	Prof(m)	Nature géologique
S-01	15+330	14.33	0.00-5.00	Argile limoneux
			5.00-14.33	Argile sableux
S-02	17+266	17.00	0.00-2.00	Terre végétale
			2.00-17.00	Argile limoneuse
S-03	18+965	17.55	0.00-0.50	Terre végétale
			0.50-1.40	Argile limoneux
			1.40-2.40	Argile limoneux sableux
			2.40-17.55	Alternation de grés/sable
S-04	20+848	21.6	0.00-2.40	Argile solide
			2.40-9.5	Argile très solide partiellement sablé
			9.5-14	Argile rigide
			14-21.6	Alternation argile/marne
S-05	24+800	12.85	0.0-0.30	Terre végétale
			0.3-3.60	Argile rigide limoneux
			3.6-9.1	Gravier à matrice argile/sable
			9.1-12.85	Alternation argile/marne

V.3.1.3 Essai pressiométrique :

L'objectif de l'essai pressiométrique est d'obtenir un relation contrainte-déformation du terrain in situ, de sorte qu'on puisse calculer le module de déformation pressiométrique du terrain.

Les résultats de l'essai sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau V-4: Résultats des essais pressiométriques

N° d'essai	PK	Profondeur maximale (m)	Profondeur (m)	Aperçu des résultats des essais pressiométrique	
				E(bars)	PL (bars)
Sp-1	15+420	12.4	2.00	146.74	15.20
			4.00	286.06	18.10
			6.00	569.73	33.56
			8.00	569.73	42.30
			10.00	452.05	56.51
			12.00	655.40	48.91
Sp-2	20+848	21.6	2.00	146.74	15.20
			4.00	286.06	18.10
			6.00	569.73	33.56
			8.00	569.73	42.30
			10.00	452.05	56.51
			12.00	655.40	48.91
Sp-3	22+020	20	2.00	294.99	16.15
			4.00	165.33	20.32
			6.00	585.4	25.53
			8.00	372.99	22.46
			10.00	280.84	21.39
			12.00	321.97	34.75
			14.00	339.75	30.83
			16.00	416.45	37.19
			18.00	367.81	37.32
			20.00	544.46	41.25
Sp-4	23+320	15.00	2.00	66.53	6.55
			4.00	220.15	11.15
			6.00	130.11	11.19
			8.00	245.40	12.75
			10.00	152.36	16.52
			12.00	300.33	17.58
			14.00	384.8	24.34

Avec :

- E : module de pressiométrique.
- PL : pression limite, pression qui correspond à la rupture du terrain. Celui-ci n'admet plus d'augmentation de pression.

V.3.2 Essais au laboratoire :

V.3.2.1 Essais d'indentification :

a) Essai granulométrique (NFP 94-056) :

L'essai granulométrique nous a donné les résultats suivants :

Tableau V-5: Résultat de l'essai granulométrique

Puits	PK	%<20mm	%<2mm	%<0.4mm	%<0.08mm
P-01	15+950	100%	99%	93%	81%
P-02	16+100	/	99%	/	79%
P-03	17+110	/	98%	/	69%
P-04	17+700	100%	99%	96%	85%
P-05	18+700	100%	94%	59%	39%
P-06	19+600	100%	100%	91%	68%
P-07	20+357	100%	99%	96%	76%
P-08	25+000	100%	98%	96%	76%

Interprétation des résultats :

Les analyses granulométriques des puits de reconnaissance ont donné les résultats suivants :

- ➔ Pourcentage des fines (<80µm) varie entre 39 à 85%.
- ➔ Pas de grands élément (20mm).
- ➔ Pourcentage des éléments supérieurs à 2mm varie entre 1 à 6%.

b) Limites d'Atterberg (NFP 94-051) :

Les résultats sont les suivants :

Tableau V-6: limites d'Atterberg

Puits	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08
W_L (%)	35	34	33	53	25	28	45	51
IP (%)	13	12.5	17	35	11.5	11.6	28	29
W_P (%)	22	22	16	19	14	16	17	22

WL : Limite de liquidité, **WP :** Limite de plasticité, **IP** : Indice de plasticité

Interprétation des résultats :

- ➔ **WL** des différents échantillons varie entre 25 à 53%.
- ➔ **WP** des différents échantillons varie entre 16 à 22%.
- ➔ **IP** des différents échantillons varie entre 12 à 35%.

V.3.2.2 Essais mécaniques :

a) Essai Proctor modifié (NFP 94-093) :

Les résultats de l'essai sont représentés ci-dessous :

Tableau V-7: Essai Proctor

Puits	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08
Wn	24.2	/	8.4	23.7	12.1	16.6	19.7	18.8
ω_{opp}(%)	16.20	/	13.8	16.5	8.70	17.30	12.9	17.5
$\gamma_s$max (t/m^3)	1.76	/	1.87	1.75	2.10	1.73	1.96	1.72

ω_{opp} : Teneur en eau optimale (%).

$\gamma_s$max : Densité sèche maximale.

Interprétation des résultats :

- Les teneurs en eau varient entre 8.70 et 17.50 %.
- La densité sèche maximale varie entre 1.73 et 2.10 t/m^3 .

b) Essai CBR imbibé (NFP 94-078) :

Les résultats de l'essai sont les suivant :

Tableau V-8: Indice CBR

Puits	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08
Indice CBR	8.2	5.4	11.2	12	16.7	6.4	6.2	9.5

Interprétation des résultats :

Donc l'indice CBR varie entre 5.4 à 16.7 avec une valeur moyenne de 9.45

D'après le catalogue algérien de dimensionnement des chaussées neuves on conclut que la classe de portance de sol est de classe **S3** (faible portance).

V.3.3 Classification du sol support :

Elle consiste à regrouper les sols qui ont une nature, un état et un comportement similaires par rapport à une application géotechnique particulière (route, fondation…)

Parmi la classification les plus anciennes on note :

- Classification proposée par Atterberg.
- Classification française **LCPC.**

V.3.3.1 Classification GTR (NFP 11-300) :

Selon la technique de réalisation des remblais (GTR-SETRA-LCPC Fascicule 1 et 2), les paramètres qu'on a besoin sont :

- Paramètres de nature :

  -la granulométrie

- Paramètres d'état :

  -état très humide (th).
  -état humide (h).
  -état humide moyenne (m).
  -état sec (s).
  -état très sec (ts).

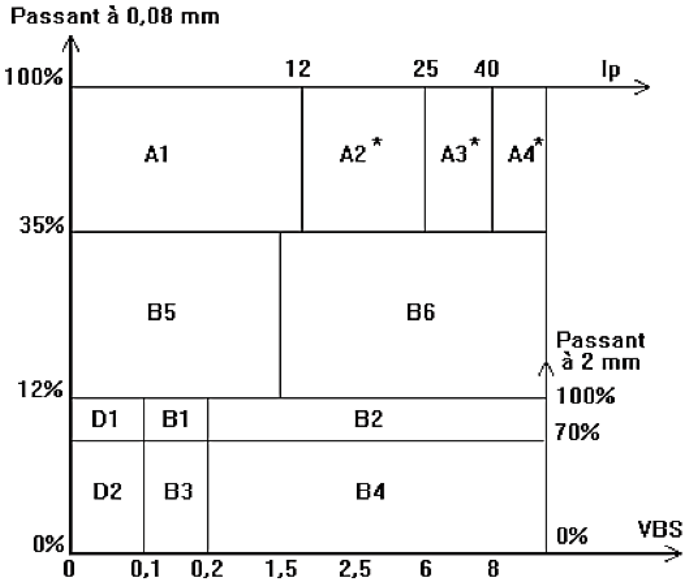


Figure V-1: Classement de matériau selon GTR

Les résultats de tous les puits sont représentés dans le tableau ci-dessous :

On à **Dmax<50mm** dans tous les puits de reconnaissances

Tableau V-9: Résultats de la classification GTR pour puits de reconnaissances.

Puits	PK	%<0.08mm	IP (%)	Classification GTR	Nature du sol support	Etat hydrique
P-01	15+950	81%	13	**A_2th**	Sable fins argileux	Très humide
P-02	16+100	79%	12.5	**A_2**	Sable fins argileux	/
P-03	17+110	69%	17	**A_2ts**	Sable fins argileux	Très sec
P-04	17+700	85%	35	**A_3th**	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques	Très humide
P-05	18+700	39%	11.5	**A_1th**	Limons peu plastique	Très humide
P-06	19+600	68%	11.6	**A_1m**	Limons peu plastique	Humidité moyenne
P-07	20+357	76%	28	**A_3th**	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques	Très humide
P-08	25+000	76%	29	**A_3m**	Argiles et argiles marneuses, limons très plastiques	Humidité moyenne

Interprétation de la classification :

- La nature du sol support variable entre sable fins argileux et limon.

V.3.3.2 Classification LCPC :

Selon les résultats des essais de laboratoire effectués sur les échantillons prélevés à l'aide des puits de reconnaissance, les sols sont classes d'après la classification LCPC :

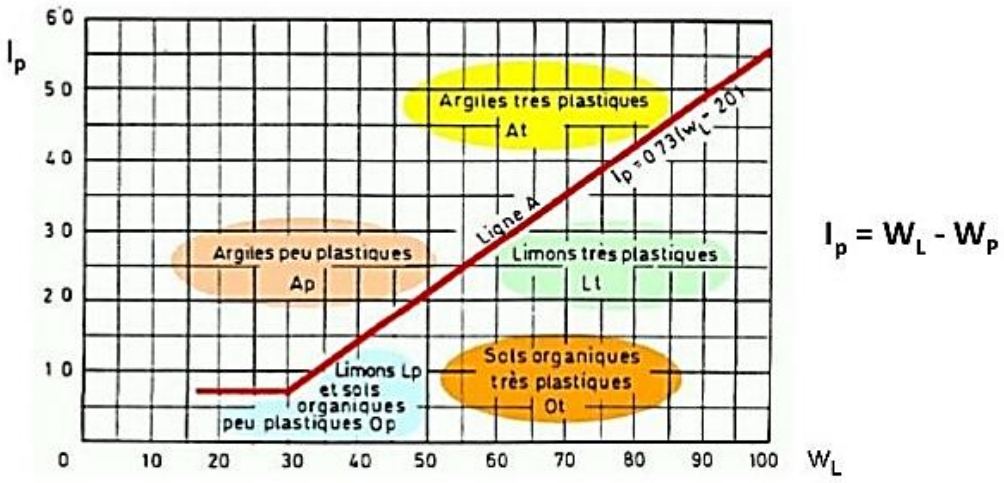


Figure V-2: Diagramme de cassagnarde

Tableau V-10: Résultats de la classification LCPC pour les puits de reconnaissances

Puits	W_L (%)	IP (%)	Classification LCPC	Nature
P01	35	13	Ap	Argile peu plastique
P02	34	12.5	Ap	Argile peu plastique
P03	33	17	Ap	Argile peu plastique
P04	53	35	Ap	Argile peu plastique
P05	25	11.5	Ap	Argile peu plastique
P06	28	11.6	Ap	Argile peu plastique
P07	45	28	Ap	Argile peu plastique
P08	51	29	Ap	Argile peu plastique

Interprétation de la classification :

- La nature des enchantants sont des argiles peut plastique.
- Le matériau du sol support est de sensibilité variable à l'eau.

Condition d'utilisation des matériaux en remblai :

Tableau V-11: Conditions d'utilisation des matériaux en remblai (GTR).

Sol	Observations générales	Situation météorologique	Condition d'utilisation en remblai
A_{1m}	Ces sols s'emploient facilement mais sont très sensibles aux conditions météorologiques qui peuvent très rapidement interrompre les chantiers à cause d'un excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un matériau sec difficile à compacter.	Pluie forte	N'est pas utilisable en remblai
		Pluie faible	Extraction frontale Compactage moyen Remblai de hauteur ≤ 10m
		Ni pluie ni évaporation importante	Compactage moyen
		Evaporation importante	Arrosage superficiel Utilisation en l'état Extraction frontale
A_{1th}	Sol normalement inutilisable en l'état		
A_{2ts}	Sol normalement inutilisable en l'état		
A_{3th}	Sol normalement inutilisable en l'état		
A_{3m}	La plasticité de ces sols entraine pour les remblais des risques de glissement d'autant plus grand que les remblais sont élevés, même dans les meilleures conditions (w. météo) de mise en œuvre	Pluie forte	Situation ne permet pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes
		Pluie faible	Compactage moyen Remblai de hauteur moyenne ≤10m
		Ni pluie ni évaporation importante	Compactage moyen Remblai de hauteur moyenne ≤10m
		Evaporation importante	Arrosage superficiel pour maintien de l'état Couche mines Compactage moyen Remblai de hauteur moyenne ≤10m

Remarque :

- Pour l'utilisation des matériaux en remblai, il faut respecter la condition du pourcentage de la matière organique **(%MO) <3%** sinon on aura des problèmes de tassement à long terme, qui peuvent engendrer des dégâts énormes sur la chaussée et en général sur la route plutôt.
- Les remblais doivent être constitues de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- Pierre de dimension> 80 mm
- Matériaux plastique IP> 20% ou organique.
- Matériaux gélifs.
- On évite les sols à forte teneur en argile.

-Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface d'exécution.
-Les matériaux des remblais seront étalés par couche de 30 cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage.

Les gites d'emprunt :

Les gites les plus proches sont dans les PK suivant :

- **Gite 1 (PK 6+600) :** C'est un grand gite potentiel pour l'extraction de matériaux, c'est aussi la formation détritique conglomératique et grés.

  La surface est de 75 ha, ainsi que le volume de réserves est d'environ 26.250.000 m^3, il s'agit d'une alternance de cailloux, sable et limon argilo-sableux, avec une prédominance de fraction de gravier.

- **Gite 2 (PK 25+800) :** Les matériaux sont en grés avec des passées conglomératiques du Miocène.

  Ils sont intéressants pour la partie supérieure des terrassement (PST) et la couche de forme en matériaux granulaires.

  Le volume réserves est d'environ 3.960.000 m^3.

Les carrières utilisées pour granulats :

Pour notre tracé les carrières les plus proches sont :

- Carrière de Ghrib.
- Carrière de Boukhari.

Les caractéristiques physico-mécaniques des deux carrières :

Tableau V-12: Caractéristiques des carriers utilisés.

Carrière	Observations	LA (%)	ES (%)
Carrière de Ghrib.	Formation du Cenomano Turonien calcaire. Barre calcaire dure de 30m	23	57
Carrière de Boukhari	Cenomano Turonien calcaire. Plusieurs barres calcaires	24	40

Interprétation : Les deux dernières carrières sélectionnées présentent des caractéristiques physico-mécaniques importantes.

CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DE CORPS DE CHAUSSEE

VI.1 INTRODUCTION

La qualité d'un projet routier ne se limite pas seulement à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long, en effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

En effet des gradients thermiques, pluie, neige, verglas ect…. Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonne caractéristique mécanique qui lui permettra de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser. Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude.

Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction des paramètres fondamentaux suivants :

- Le trafic.
- L'environnement de la route (le climat essentiellement)
- Le sol support

VI.2 DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES

VI.2.1 Chaussée souple :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- Les sols et matériaux pierreux granulométrie étalée ou serrée.
- Les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissant des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes

VI.2.2 Couche de roulement :

La couche de surface subit directement les agressions du trafic et du climat, elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoque par la circulation.

Elle est en général composée d'une couche de roulement qui a pour le rôle :

- D'imperméabiliser la surface de chaussée
- D'assurer la sécurité (l'adhérence)
- D'assurer le confort des usages (diminution de bruit, bon uni)

La couche de liaison a un rôle essentiel, d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.

VI.2.3 Couche de base :

Pour résister aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche du sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

VI.2.4 Couche de fondation :

Elle assure un bon uni et bon portance de la chaussée finie, et aussi, elle au même rôle que celui de la couche de base.

VI.2.5 Couche de forme :

A court terme : La couche de forme doit assurer la traficabilité quasi tout temps des engins approvisionnant les matériaux de la couche de fondation, permettre le compactage efficace de la couche de fondation, satisfaire les exigences de nivellement de la plateforme support de chaussée et assurer la protection de l'arase de terrassement vis-à-vis des agents climatiques dans l'attente de la réalisation de la chaussée.

A long terme : Elle doit permettre de l'homogénéiser la portance du support pour concevoir des chaussées d'épaisseur constante, de maintenir dans le temps, en dépit des fluctuations de l'état hydrique des sols supports sensibles à l'eau, une portance minimale pouvant être estimée avec une précision suffisante au stade du dimensionnement de la structure de chaussée et l'améliorer la portance de la plate-forme pour optimiser le coût de l'ensemble couche de forme – structure de chaussée.

VI.2.6 Chaussée semi-rigide :

C'est un cas intermédiaire entre les chaussées souples et les chaussées rigides.

VI.2.7 Chaussée rigide :

Se compose d'une dalle de ciment portland fléchissant élastiquement sous les charges, reposant sur un sol compacté ou sur une mince fondation de pierre ou de gravier concassé, ou sur une fondation stabilisée.

Ce schéma ci-dessous représente les différents types de chaussées

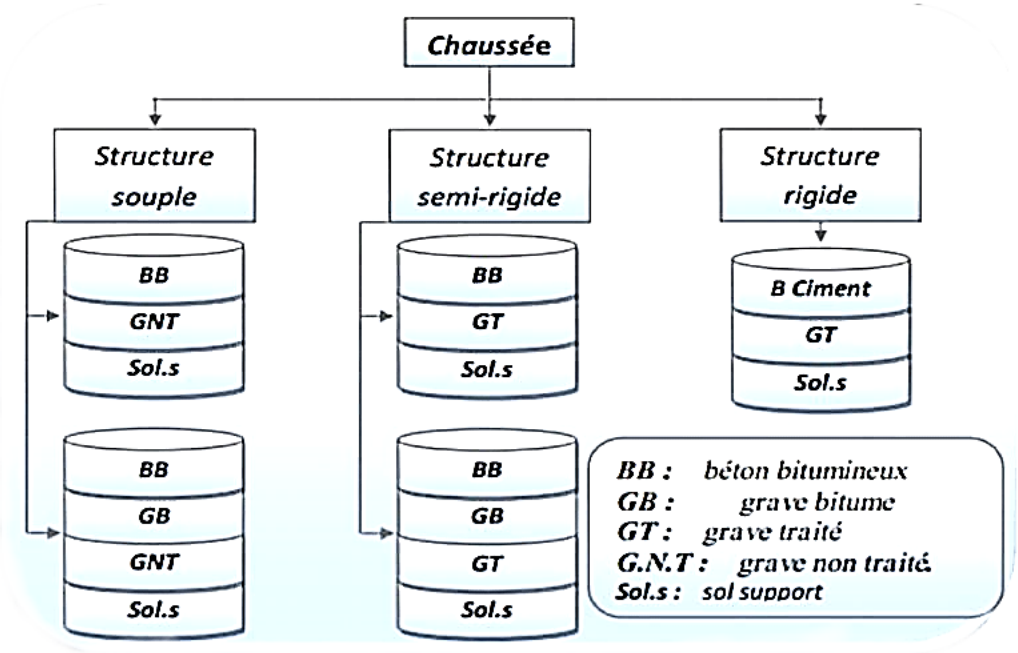


Figure VI-1 : les différents types de chaussées

VI.3 PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT

On distingue deux familles des méthodes :

- ✓ Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- ✓ Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées. Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisée sont :
  - La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio).
  - Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
  - Méthode du catalogue des structures.
  - La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).

Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser Deux méthodes qui sont :

- ¬ La méthode de catalogue algérienne
- ¬ La méthode CBR

VI.3.1 METHODE C.B.R (CALIFORNIA – BEARING – RATIO)

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90 à 100%) de l'optimum Proctor modifié.

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie, suivant la théorie de BOUSSINESQ, soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR. L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + 50\log\frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5}$$

Avec :

- **e** : épaisseur équivalente
- $\mathbf{I_{CBR}}$: indice CBR (sol support)
- **N** : désigne le nombre journalier de poids lourd à vide à l'année horizon
- **P** : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)
- **Log** : logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante **:** $E_{eq} = \sum_{i=1}^{n} c_i \times e_i$

- $\mathbf{c_i}$: coefficients d'équivalence de matériau par référence à un grave concassé.
- $\mathbf{e_i}$: épaisseurs réelles des couches.

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Tableau VI-1: Coefficients d'équivalence

Matériaux utilises	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment-grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00à 1.20
Grave concasse ou gravier	1.00
Tuf	0.7 à 0.8
Grave roulée-grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70

VI.3.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support.

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique.

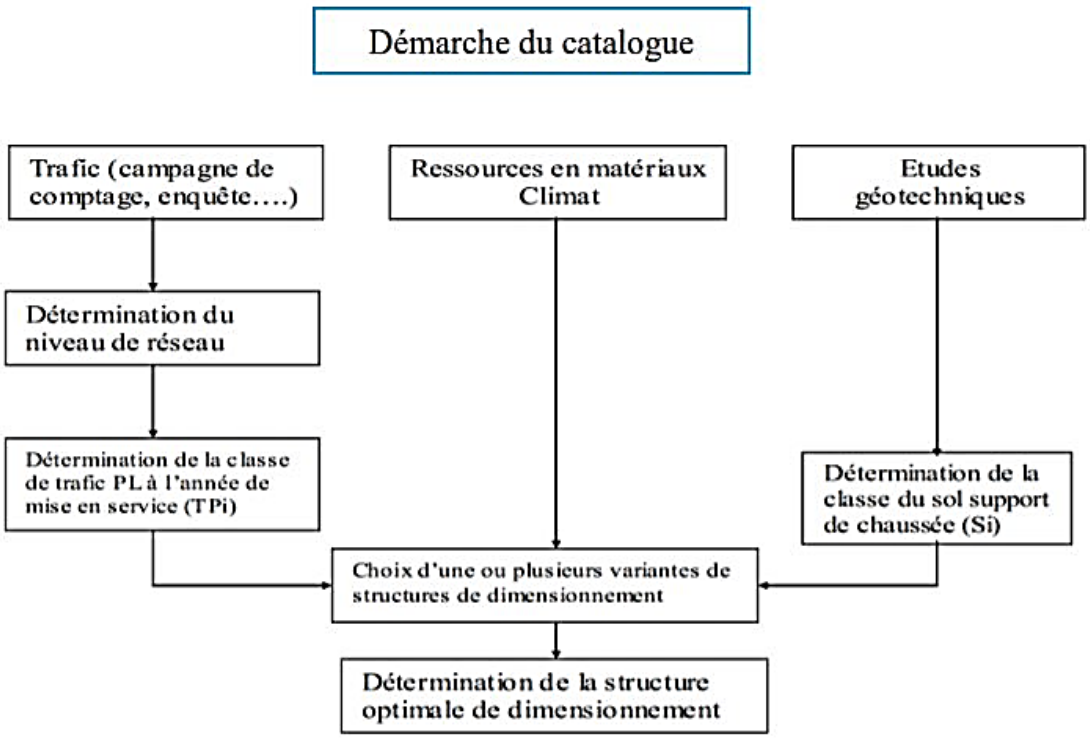


Figure VI-2 : Démarche du catalogue

VI.4 APPLICATION DE PROJET

Pour le dimensionnement de la corp de chaussée on va utiliser les méthodes suivantes :

- La méthode de CBR
- La méthode du catalogue des chaussées neuves

VI.4.1 Méthode de CBR

Les Données de Projet :

- PL = 25%
- CBR de Sol =9.5
- $TJMA_{2021}$=10954V/j
- Durée de vie 20ans
- τ=4%
- $TJMA_{2021}$=5477V/j/sens.
- PL_{2021}=1370PL/j/sens.
- PL_{2041}=PL_{2021}×$(1+0.04)^{20}$=3001PL/j/sens.

- Chaussées unidirectionnelles à 2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lente de droite
- Chaussées unidirectionnelles à 3 voies : 80% du trafic PL sur la voie lente de droite
- Chaussées bidirectionnelles à 2 voies : 50% du trafic PL.
- Chaussées bidirectionnelles à 3 voies : 50% du trafic PL.

N_{PL2041}=3001×0.8 =2401 PL/j/sens par la voie la plus chargé.

Alors on calcule Epaisseur équivalent par la formule suivante :

$$\mathbf{E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + 50\log\frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5}}$$

P : charge par roue, P=6.5t

N : 3001 PL/j/sens.

$\mathbf{I_{CBR}}$= 9.5.

AN : ⇒ $\mathbf{E_{eq} = \frac{100+\sqrt{6.5}(75+50\log\frac{3001}{10})}{9.5+5}}$

$\mathbf{E_{eq}}$**=41.86≈42cm**

Pour calculer l'épaisseur réelle de la chaussée on doit fixer « Ep de BB et de GB » et on déterminer épaisseur de GNT

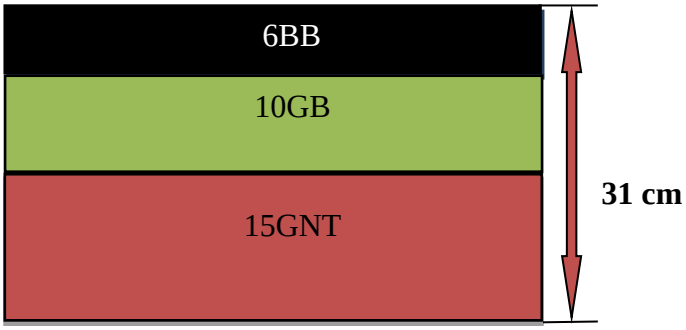
- Couche de roulement $e_1 = 6cm$ en béton bitumineux (**BB**) c_1 **= 2.0**
- Couche de base $e_2 = 10cm$ en grave bitume (**GB**) c_2**=1.5**
- Couche de fondation e_3 **=x cm** en grave concassée (**GNT**) c_3**=1**

AN :

$$42=6\times2+10\times1.5+e_3\times1 \Leftrightarrow e_3\text{=42-27=15cm}$$

On a respecté les conditions d'épaisseur minimale de mise en œuvre

Alors l'épaisseur réelle est **31 cm**



VI.4.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)

VI.4.2.1 Détermination du type de réseaux principaux :

- Réseau principal de niveau 1 (RP1)

Il comporte des :

- Liaisons supportant un trafic supérieur à 1500 véhicules /jour
- Liaisons reliant deux chefs-lieux de wilaya
- Liaisons présentant un intérêt économique et/ou stratégique

Il s'agit essentiellement d'un réseau composé de routes nationales (RN)

- Réseau principal de niveau 2 (RP2)

Il est constitué de liaisons supportant un trafic inférieur à 1500 véhicules/jours. Ce réseau est composé de route nationale (RN), de chemins de wilaya (CW) et de liaisons reliant L'Algérie aux pays riverains.

Dans notre projet :

- ✓ L'année de mise en service 2021
- ✓ $TJMA_{2014}$=8324 (V/j)
- ✓ $TJMA_{2021}$=10954 (V/j) > 1500 (V/J)

Donc le réseau principal est **(RP1)**

- ✓ Durée de vie 20ans
- ✓ Zone Climatique Ⅱ

Alors Matériau utilisé est **MTB** (matériau traité au bitume), on choisit comme type de structure **GB/GB**

Reste a confirmé ce choix par les calculs et aussi à l'aide de catalogue

VI.4.2.2 Détermination de la classe de trafic

La classe de trafic (TPLi) est donnée en nombre de poids lourds par jour et par sens sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

TPL_{2021}=PL_{2021}×0.8 =1096 PL/j/voie la plus chargée

Tableau VI-2 : Classes de trafic du poids lourds

Classe de trafic (TPLi)	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
RP1	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

D'après le tableau

600<TPL_{2021}=1096 <1500

Donc la classe de trafic est **TPL5**

- ✓ Calcul du trafic cumulé de PL **(TCi)**

Le TCi est le trafic cumulé de PL sur la période considérée pour le dimensionnement (durée de vie). Il est donné par la formule suivante :

$$\mathbf{TCi = TPLi \times 365 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}}$$

- I : taux d'accroissement géométrique 4%
- N : durée de vie considérée 20 ans

AN:

$$TCi = 1096 \times 365 \times \frac{(1+0.04)^{20}-1}{0.04} \Rightarrow \mathbf{TCi = 11.9x10^6}$$

VI.4.2.3 Calcule le trafic cumulé équivalent

Utilisons cette formule : $\mathbf{TCEi = TCi \times A}$

Coefficient d'agressivité de PL par rapport à l'essieu de référence de 13t

Tableau VI-3 : Coefficient d'agressivité de PL par rapport à l'essieu de référence de 13t

Niveau de réseau principal (RPi)	Types de matériaux et structures	Valeurs de A
RP1	Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB, GB/GNT, GB/SG…	0.6
	Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL, GC/GC	1

Donc **A=0.6**

Alors $TCEi=11.9.10^6.0.6$ ⇒ **$TCEi=7.14.10^6$** essieux équivalents de 13t.

VI.4.2.4 Détermination de la portance de sol-support de chaussée :

Tableau VI-4 : La portance de sol support

Portance (S_i)	CBR
S0	>40
S1	40-25
S2	10-25
S3	5-10
S4	<5

On n'a le CBR =9.5 à partir de ce tableau de fascicule N°1 la classe de portance de notre Sol-support est **S3**. Et puisque notre Projet est (RP1), S3 est un sol de faible portance donc il devient nécessaire de surclasser de S3 à S2 avec la mise en place de couche de forme de 40cm (2 couches de 20 cm TUF)

VI.4.2.5 Choix de dimensionnement

D'après le fascicule 3 :

- ✓ **TPL5**
- ✓ Taux d'accroissement **4%**
- ✓ Duré de vie **20ans**
- ✓ Zone climatique **Ⅱ**
- ✓ Réseau principal niveau 1
- ✓ Classe de portance **S3**

Les structures possibles sont :GB/GB ou Bien GB/GNT

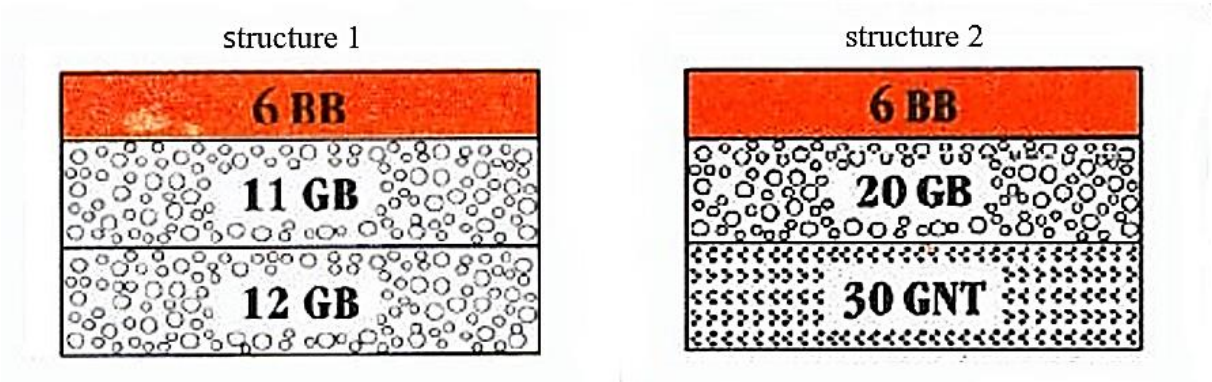


Figure VI-3: Les structures possibles

On a choisi la structure suivante : **6BB + 11GB + 12GB + 40TUF(CF)**

VI.4.2.6 Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support

Il faudra vérifier que $\boldsymbol{\varepsilon_t}$ et $\boldsymbol{\varepsilon_z}$à l'aide D'Alize, sont inférieurs aux valeurs admissibles calculées $\boldsymbol{\varepsilon_{t,\,adm}}$et $\boldsymbol{\varepsilon_{z,\,adm}}$.

$\boldsymbol{\varepsilon_t}$: étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

$\boldsymbol{\varepsilon_z}$: (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

a) Calcul la déformation admissible ($\boldsymbol{\varepsilon_{z,\,adm}}$) de sol support :

La valeur admissible est donnée par la relation empirique déduit à partir d'une étude statique de comportement des chaussées algériennes

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCEi)^{-0.235}}$$

AN: $\boldsymbol{\varepsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (11.9 \times 10^{6})^{-0.235} = 4.78 \times 10^{-4} def}$

$$\boldsymbol{\varepsilon_{z,adm} = 478x10^{-6}def = 478\mu def}$$

b) Calcul de la déformation admissible de traction $\varepsilon_{t,\,adm}$:

La valeur admissible de tractions est donnée par la relation suivante :

$$\boldsymbol{\varepsilon_{t,adm} = \varepsilon_6(10^{\circ}C, 25Hz) \times kne \times k\theta \times kr \times kc}$$

- $\boldsymbol{\varepsilon_6(10^{\circ}C, 25Hz)}$: déformation limite correspondant à 10^6 cycles. (Essai de fatigue à 10°C et 25Hz). Pour un grave bitume $\boldsymbol{\varepsilon_6}$**=100.10^{-6}**.
- **kne** : facteur lie au nombre cumule d'essieux équivalents supporte par la chaussée.
- **kθ** : facteur lie à la température.
- **kr** : facteur lié au risque et aux dispersions.
- **kc** : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée (kc=1.3)

Avec :

$$Kne = \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^b \qquad Kr = 10^{-tb\delta} \qquad k\theta = \sqrt{\frac{E(10°C)}{E(\theta_{eq})}}$$

- **b** : pente de la droite de fatigue (b<0).
- **E (10°C)** : module complexe de matériau bitumineux à 10°C.
- **E (θ_{eq})** : module de complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.
- **δ** La dispersion $\boldsymbol{\delta = \sqrt{SN^2 + (\frac{C}{b}Sh)^2}}$
- **SN** : dispersion sur la loi de fatigue.
- **Sh** : dispersion sur les épaisseurs.
- **c** : coefficient égal à 0.02.
- **t** : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté(r%).

c) APPLICATION NUMERIQUE

- **Performances mécaniques des matériaux bitumineux :**

Les performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux sont données dans le tableau suivant :

Tableau VI-5: Les performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux

Matériau	E(30°,10Hz) MPa	E(25°,10Hz) MPa	E(20°,10Hz) MPa	E(10°,10Hz) MPa	ε_6(10°c,25Hz) 10^{-6}
BB	2500	3500	4000	--	--
GB	3500	5500	7000	12500	100
Matériau	$-\frac{1}{b}$	SN	SH (cm)	ϑ	Kc calage
BB	--	--	--	0.35	--
GB	6.84	0.45	3	0.35	1.3

Alors d'après le tableau ci-dessus on tir les paramètres suivants :

- θ_{eq}**=20c°** (Zone Ⅱ) donc E (20°, 10Hz) =**7000MPA**.
- Réseau **RP1,** la classe du trafic **TPL5** et structure **GB/GB** alors le Risque adopté **r=10%**.
- **t** : fractile de loi normale, en fonction du risque adopté donc **(t=-1.282)**
- **b** = -0.146

AN:

$$\delta = \sqrt{SN^2 + (\frac{C}{b}Sh)^2} = \sqrt{0.45^2 + (\frac{0.02}{-0.146}x3)^2} = 0.609$$

$$\varepsilon_{t,adm} = 100 \times 10^{-6} \times (\frac{11.9 \times 10^6}{10^6})^{-0.146} \times \sqrt{\frac{12500}{7000}} \times 10^{-(1.282 \times 0.609 \times 0.146)} \times 1.3$$

$$\boxed{\varepsilon_{t,adm} = 93.3610^{-6} def = 93.36 \mu def}$$

VI.4.2.7 Vérification des résultats de calcul par ALIZE-LCPC :

Toutes les couches sont collées.

- Les résultats obtenus par Alize LCPC :

épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.060	4000.0	0.350	0.000	49.3	0.370	14.0	0.659
	collé		0.060	27.0	0.323	60.1	0.607
0.110	7000.0	0.350	0.060	27.0	0.546	19.6	0.607
	collé		0.170	-19.5	-0.082	39.9	0.241
0.120	7000.0	0.350	0.170	-19.5	-0.082	39.9	0.241
	collé		0.290	-87.0	-0.836	80.0	0.027
0.400	125.0	0.350	0.290	-87.0	-0.001	212.1	0.027
	collé		0.690	-89.1	-0.010	151.7	0.012
infini	47.5	0.350	0.690	-89.1	0.000	248.1	0.012

Figure VI-4: Les résultats obtenus pas Alize LCPC

$\varepsilon_t = 87\mu$ def $< \varepsilon_{t,\,adm} = 93.36\ \mu$ def

$\varepsilon_z = 248.1\mu$ def $< \varepsilon_{z,\,adm} = 478\ \mu$ def

Donc la structure **6BB + 11GB + 12GB** est vérifiée

CONCLUSION :

Malgré que méthode CBR donne le corps de chaussée le plus économique mais la méthode retenue pour notre projet est celle de catalogue Algérien, pour les raisons suivantes :

- Elle se base sur les performances des matériaux.
- Elle se base sur les déformations admissibles.
- Elle tient en compte la fatigue des matériaux.
- En plus de ça cette méthode est une méthode algérienne établie et conçu par le CTTP et valide par le ministère des travaux publics.

Structure retenue : ⇒

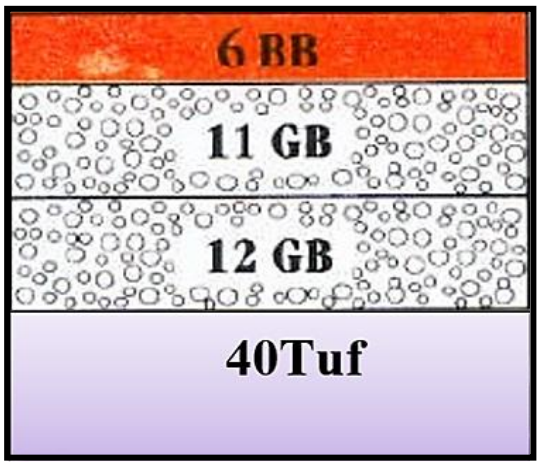


Figure VI-5: Structure retenue

Avec une couche d'accrochage ente la couche de roulement en **BB** et la couche de base en **GB**, et une couche d'imprégnation entre la couche de fondation en **GB** et la couche de forme en **Tuf**.

CHAPITRE VII : ASSAINISSEMENT

VII.1 INTRODUCTION

L'évacuation des eaux pluviales est l'une des préoccupations fondamentales dans le domaine des routes, car la présence d'eau au niveau de la chaussée à plusieurs inconvénients : inondation, glissement de terrain, érosion, instabilité des talus, et dégradation de chaussée.

L'évaluation des débits des eaux pluviales sera faite en procédant à l'étude de l'hydrologie de la zone du projet et la mise en place du système de drainage sera définie en utilisant des méthodes appliquées en hydraulique routière.

En général l'assainissement est l'ensemble des dispositions prise pour évacuer l'eau loin de la route.

VII.2 ETUDE HYDROLOGIQUE

L'étude hydrologique consiste à définir les caractéristiques des crues de différentes périodes de retour (débits, durées, fréquences). Elle est basée sur la connaissance des chroniques de débit sur la rivière, relevées aux stations hydrométriques et enrichies des informations sur les crues historiques. Des changements significatifs dans l'occupation de l'espace sur le bassin versant (forte urbanisation, reboisement important, etc.) ou des aménagements lourds en amont (barrages écrêteurs de crues) sont susceptibles de modifier le régime des crues (en particulier les crues moyennes) et peuvent nécessiter une actualisation d'études hydrologiques antérieures.

Les étapes sont pour l'étude :

- Collecte des données cartographiques.
- Collecte des données pluviométriques.
- Traitement cartographique.
- Estimation du temps de concentration.
- Estimation des pluies de courte durée.
- Estimation des débits d'apport $\mathbf{Q_a}$.
- Estimation de débit de saturation $\mathbf{Q_s}$.

VII.2.1 Estimation des débits de crue Q_{max}

Le débit d'apport est calculé en appliquons la formule de la méthode Rationnelle (Appliquée dans le cas des superficies inférieures à 25 km^2) :

$$\mathbf{Qa=K.C.I.A}$$

- Q_a : Débit maximum d'eau pluviale (m^3/s)

- C : Coefficient de ruissellement
- I : Intensité de la pluie exprimée en mm/h
- K : Coefficient de conversation des unités (les mm/h en l/s) est égale 0.278
- A : Aire du bassin d'apport (km^2).

VII.2.1.1 Coefficient de ruissellement

C'est un indicatif du pourcentage de l'eau ruisselant sur un sol saturé par précipitation antérieures par rapport à la totalité de l'averse, sera estimé à partir de la méthode de KENESSEY(Hongrie) ou C est la somme de trois coefficients partiels **C=C1+C2+C3**

- C1 : Dépend de la pente du thalweg principal estimé comme étant égal au rapport de la dénivelée du thalweg par sa longueur développée. Ces informations généralement obtenues à partie des cartes topographiques
- C2 : Dépend de la perméabilité du sol, déterminée à partie des informations concernant la nature du sol et ses caractéristiques
- C3 : Dépend de la couverture végétale du bassin versant. Ces informations seront obtenues à partie d'une inspection visuelle des bassins versants, des photos prises du site et des photos aériennes

Remarque : Les valeurs de coefficient sont présentées dans **l'Annexe**

VII.2.1.2 Caractéristiques principales des bassins versants

Tableau VII-1: Caractéristiques principales des bassins versants

Bassin versant	PK	Surface Km^2	Longueur De thalweg(km)	Hmax (m)	Hmin (m)	Δh (Hmax-Hmin)	Coefficient de ruissellement	Pente moy (%)
BV1	14+807	0.557	1.396	420	371.4	48.6	0.75	3.48
BV2	17+805	0.444	0.49	460	431	29	0.5	5.92
BV3	18+575	0.092	0.185	571	461	10	0.5	5.41
BV4	19+145	0.385	0.569	497	475	22	0.5	3.87
BV5	20+095	0.151	0.26	505	492.5	12.5	0.5	4.81
BV6	20+240	0.61	0.901	520	494.8	25.2	0.5	2.80
BV7	20+923	0.059	0.072	525	511.9	13.1	0.5	18.19
BV8	22+485	0.49	0.166	482	405	77	0.75	46.39
BV9	22+823	0.858	0.777	454	394	60	0.5	7.72
BV10	23+448	0.957	0.823	431	383.8	47.2	0.5	5.74
BV11	26+677	0.114	0.114	505	484	21	0.75	18.42

VII.2.1.3 Estimation du temps de concentration

Le temps de concentration est le temps écoulé entre le début d'une précipitation et l'atteinte du débit maximal à l'exutoire du bassin versant. Il correspond au temps nécessaire pour permettre à l'eau de ruisseler du point le plus reculé du bassin versant jusqu'à l'exutoire.

✓ **Temps de concentration tc :**

- $t_c = 0{,}127.\sqrt{\frac{A}{P}}$ Si A<5 km^2 (Méthode VENTURA)
- $t_c = 0{,}108.\frac{\sqrt[3]{A.L}}{\sqrt{P}}$ Si 5km^2<A<25km^2 (Méthode PASSINI)
- $t_c = \frac{4\sqrt{A}+1{,}5.L}{0{,}8.\sqrt{\overline{H}}}$ Si 25km^2≤A≤200km^2 (Méthode GIANDOTTI)

  - A : superficie du bassin versant (km^2)
  - P : Pente moyenne du bassin versant P=(Hmax-Hmin) /L
  - Hmax : altitude maximale (m)
  - Hmin : altitude minimal (m)
  - L : longueur de thalweg(km)
  - $\overline{H}$: La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

✓ **Exemple d'une application dans notre projet**

Tous les surfaces des bassins versants entre Pk 14+807 et PK 26+677 sont inferieur à 5km^2 (A<5km^2) alors les calculs des temps de concentration sont faits avec la méthode de **VENTURA**

- Pour BV1 (A=0.557 Km^2, P=3.48%, L=1.396 km)

$$\mathbf{t_c = 0,127.\sqrt{\frac{A}{P}}} \quad \textbf{AN} \quad \mathbf{t_c = 0,127.\sqrt{\frac{0.557}{0.0348}}} \Rightarrow \boxed{\mathbf{t_c = 0.508\ heures}}$$

VII.2.1.4 Détermination de l'intensité I(t)

La formule de MONTANA décrit la relation existante entre l'intensité, la durée et la fréquence des pluies. Elle s'exprime de la manière suivante :

$$\boxed{\mathbf{I(t) = a(t).T^{-b}}}$$

Avec :

b : L'exposant climatique b=0.56

a(t) : Coefficient de MONTANA Pour t=50ans alors a(t) =35.4

AN : Pour le BV1 $\mathbf{I(t) = 35.4x0.508^{-0.56}}$ ⇒ $\boxed{\mathbf{I(t) = 51.72\ mm/h}}$

VII.2.1.5 Détermination des débits d'apport

Le débit d'apport est calculé par la méthode rationnelle :

$$Q_a=K.C.I.A$$

- **A :** Superficie du bassin versant (km^2)
- **I :** Intensité calculé
- **C :** Coefficient de ruissellement (d'écoulement)
- **K=0.2278**

Tableau VII-2: Les valeurs des débits d'apport

N :BV	A(km^2)	C	K	Tc(h)	I(t) 50ans	Q_a(m^3/s) 50ans
BV1	0.557	0.75	0.2278	0.508	51.73	6.01
BV2	0.444	0.5	0.2278	0.35	63.95	3.95
BV3	0.092	0.5	0.2278	0.17	96.87	1.24
BV4	0.385	0.5	0.2278	0.40	59.07	3.16
BV5	0.151	0.5	0.2278	0.23	81.60	1.71
BV6	0.61	0.5	0.2278	0.59	47.43	4.02
BV7	0.059	0.5	0.2278	0.07	154.11	1.26
BV8	0.49	0.75	0.2278	0.13	110.71	11.31
BV9	0.858	0.5	0.2278	0.42	57.29	6.83
BV10	0.957	0.5	0.2278	0.52	51.12	6.80
BV11	0.059	0.75	0.2278	0.05	195.01	2.40

VII.3 DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE

Pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques de franchissement du tracé de la voie, il est évident de définir la crue de projet. Le choix de la période de récurrence de cette crue est fait en considération de l'équilibre du coût d'investissement et le risque des dommages encourus quand les ouvrages sont soit surdimensionnés ou sous dimensionnés :

- 100 ans pour la conception des ponts.
- 50 ans pour la conception des dalots et buses.
- 10 ans pour les fossés Des TPC, Des bords, des crêtes et des pieds.

Utilisons les deux formules :

- Formule de continuité $Q_s=V_s\times S$
- Formule de **MANNING-STRICKLER** $Q_s=S_m.K_{st}.Rh^{2/3}.J^{1/2}$

On détermine Le Débit de Saturation ainsi la Section capable d'évacuer le Débit calculé.

- **S_m** : Section mouillée.
- **K_{st}** : Coefficient de STRICKLER (**K_{st}=70** pour les dalots et **K_{st}=80** pour les buses)
- **Rh** : Rayon hydraulique(m) Tq : **$Rh=S_m/P_m$**
- **J** : La pente Moyenne de l'ouvrage

VII.3.1 DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE DRAINAGE TRANSVERSAL

L'écoulement des bassins versants se draine à travers l'autoroute par des dalots et des buses

Hypothèse de choix de l'ouvrage est relative avec le débit d'apport trouvé

Si (**Qa>=4.25 m^3/s**) on choisit un Dalot sinon une buse.

VII.3.1.1 Dimensionnement des buses :

Une solution par buse circulaire a été retenue pour la réalisation de l'ouvrage hydraulique reprenant les eaux pluviales du bassin précédemment étudié.

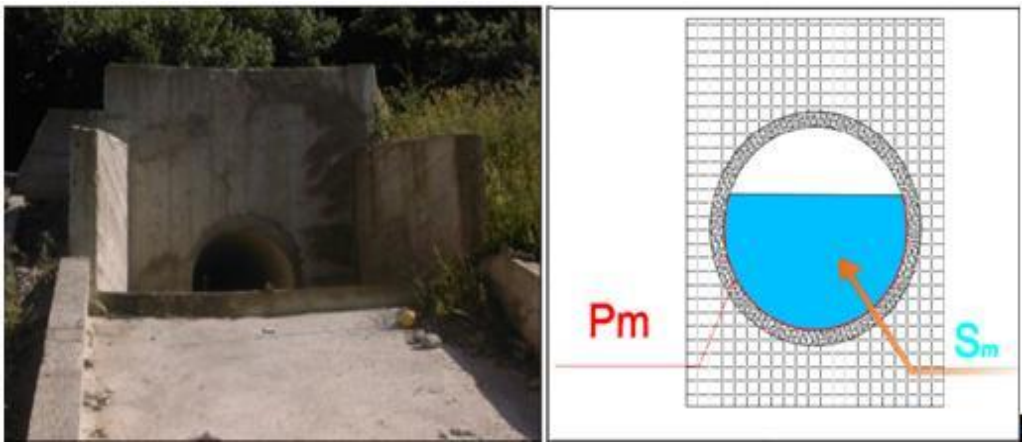


Figure VII-1: représentatif d'une buse

Figure :

Pour un taux de remplissage de 80% de buse

- ✓ **S_m** : Section mouillée $S_m = \frac{4}{5}\pi R^2$
- ✓ **P_m** : Périmètre mouillé $P_m = \frac{4}{3}\pi R$
- ✓ **Rh** : Rayon hydraulique $Rh = {S_m}/{P_m} = \frac{3}{5}R$
- ✓ **K_{st}**=80 pour les buses en béton
- ✓ **J** : La pente de pose égale la pente de profil en travers.

$$Q_a = Q_s = 80 \times \left(\frac{4}{5}\pi R^2\right) \times \left(\frac{3}{5}R\right)^{\frac{2}{3}} \times J^{1/2}$$

$$R = \left(\frac{Q_a}{80 \times \left(\frac{4}{5}\pi\right) \times \left(\frac{3}{5}\right)^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}}}\right)^{3/8}$$

- 2×R=Φ
- Une fois le diamètre est calculé. On choisit un diamètre normalisé commercial existant dans le marché : Φ500, Φ800, Φ1000, Φ1200, Φ1500 ...etc.

- **APPLICATION DANS NOTRE PROJET**

Tableau VII-3: dimensions des buses

N°BV	Q(m/s)	R(m)	D(m)	Diamètre choisit Φ
2	3.95	0.621	1.234	1500
3	1.24	0.399	0.798	1000
4	3.16	0.567	1.134	1200
5	1.71	0.451	0.902	1000
6	4.02	0.621	1.242	1500
7	1.26	0.402	0.804	1000
11	2.40	0.512	1.024	1200

✓ **Exemple de calcul :**

Pour (BV2) : ($\mathbf{Q_a = 3.95\ m^3/s}$ **, J=1%, Kst=80**)

AN: $R = \left(\frac{3.95}{80\times\left(\frac{4}{5}\times 3.14\right)\times\left(\frac{3}{5}\right)^{2/3}\times 0.01^{1/2}}\right)^{3/8} = \left(\frac{3.95}{14.29}\right)^{3/8} = 0.617m\ (617mm)$

D=R×2=617×2=1234mm alors on choisit**Φ1500**

VII.3.2 Dimensionnement des dalots

Désigne un petit canal recouvert d'une dalle, un élément de caniveau ou un ouvrage hydraulique semi-enterré, sorte de petit aqueduc en maçonnerie placé sous les remblais des routes ou des voies ferrées.

Bien que le taux de remplissage Hr=0.8H

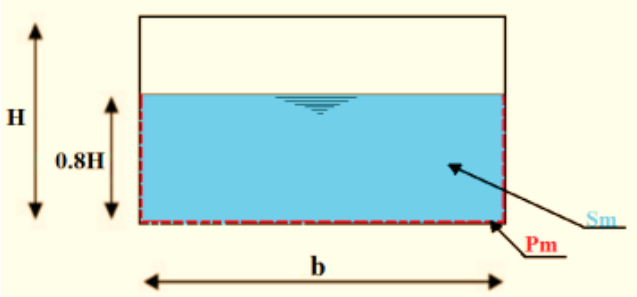


Figure VII-2: Dimensions des dalots

Avec :

- $\mathbf{P_m}$: Périmètre mouillé $\mathbf{P_m = b + 2 \times (0.8H)}$
- $\mathbf{S_m}$: Section mouillée $\mathbf{S_m = b \times (0.8H)}$
- **Rh** : Rayon hydraulique $\mathbf{Rh = {S_m}/{P_m} = \frac{b \times (0.8H)}{b+2\times 0.8H}}$
- $\mathbf{K_{st}}$=70 pour les dalots
- **J** : La pente de pose égale la pente de profil en travers

$$\boldsymbol{Q_a = Q_s = K_{st} \times (b \times 0.8 \times H) \times \left(\frac{b \times 0.8 \times H}{b + (2 \times 0.8 \times H)}\right)^{\frac{2}{3}} \times J^{1/2}}$$

$$\Rightarrow \quad \boldsymbol{Q_a = K_{st} \times (b \times 0.8 \times H) \times \left(\frac{b \times 0.8 \times H}{b + 2 \times 0.8 \times H}\right)^{\frac{2}{3}} \times J^{1/2}}$$

$$\boldsymbol{b = \left(\frac{Q_a}{K_{st} \times J^{\frac{1}{2}}}\right)^{3/5} \times \left(\frac{b + (2 \times 0.8 \times H)}{(0.8 \times H)^{\frac{5}{2}}}\right)^{2/5}}$$

Tableau VII-4: dimension des dalots

NBV	Q_a(m^3/s)	b(m) Calculé	H(m) Calculé	b(m) Choisit	H(m) Choisit	Nbr de Section
1	6.01	1.28	1.5	1.5	1.5	1
8	11.31	1.56	2	2	2	1
9	6.83	1.4	1.5	1.5	1.5	1
10	6.80	1.39	1.5	1.5	1.5	1

✓ **Exemple de calcule :**

BV1 (Q_a=6.01 m^3/s, J=1%, Kst=70, H=1.5m)

Par itération manuel ou bien utilisons une calculatrice scientifique programmé (Casio) on trouve b=1.28 et on prend b=1.5m

VII.3.3 VERIFICATION DES DALOTS ET BUSES CHOISIT :

✓ **Pour les dalots :**

- Vérification de la vitesse :

$V = \frac{6.01}{1.5 \times 1.28}$ =3.13 m/s < 4 m/s (vérifié)

- Vérification la hauteur critique :

$\frac{B \times Q^2}{g \times SC^3} = 1$ D'où $h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \times B^2}} = \sqrt[3]{\frac{6.01^2}{10 \times 1.28^2}}$=1.30 <1.5 (vérifié)

- Vérification du régime d'écoulement :

Nombre de Froude $= \frac{V}{\sqrt{g \times h}} = \frac{V}{\sqrt{10 \times 1.5}}$=0.8 < 1 (régime fluviale)

✓ **Pour les buses :**

- Vérification les conditions d'auto curage :

BV2 (Qa= **3.95** m^3/s, D=1500mm, Kst=80, J=1%)

$Q_{ps}=80 \times 3.14 \times 0.75^2 \times (0.75/2)^{2/3} \times 0.01^{1/2}=7.34\ m^3/s$

$V_{ps}=\frac{Q_{ps}}{3.14 \times R^2} = \frac{7.34}{3.14 \times 0.75^2}$=4.15 m/s

D'après le tableau des conditions d'auto curage pour les ouvrages circulaires dans l'**Annexe** on trouve la Valeur (**V/Vps**) par une interpolation linéaire :

- Q/Qps=0.1 ➔ V/Vps=0.64 ➔V=Vps×0.64 ➔ V=4.15×0.64 ➔ V=2.66 m/s > 0.6 m/s ⟶ verifier
- Q/Qps=0.01 ➔V/Vps=0.32 ➔ V=vps×0.32 ➔ V=4.15×0.32 ➔ V=1.33 m/s > 0.1 m/s ⟶ verifier

Remarque : Les Résultats des vérifications pour les autres ouvrages sont indiqués dans **L'Annexe.**

VII.4 DIMENSIONNEMENT DES FOSSES

Le dimensionnement se fait dans le cas défavorable, où il y'a un grand déblai, entre le **PK6+500** et **PK 7+225** de longueur **725m**. La Hauteur de talus est **27m** avec une pente **3H/2V** alors on prévoit des fossés en béton armé d'une forme trapézoïdale.

- Période de retour pour le dimensionnement du réseau d'assainissement égale à 10 ans.
- L'intensité des averses est uniforme dans le temps et dans l'espace

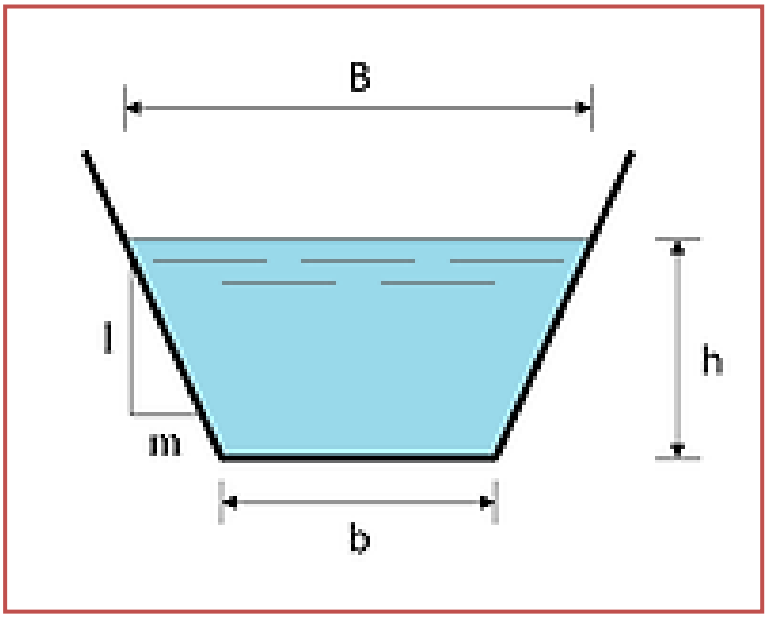


Figure VII-3: Dimensions de fossé

- La section mouillée : Sm=(b+m.h).h
- Le périmètre mouillé :
  B=b+2xm.h

  Pm= b+2.h.$\sqrt{1+m^2}$
- Le Rayon hydraulique :
  Sm/Pm=$\frac{(\mathbf{b+m.h}).\mathbf{h}}{\mathbf{b+2.h.\sqrt{1+m^2}}}$

Pour calculer les différentes dimensions de fossé il faut d'abord calcule le Débit d'apport (Qa) On applique égalité Qa=Qs

Tell que :

Qa=K.C.It.A

$Qs= S_m.K_{st}.Rh^{2/3}.J^{1/2}$

VII.4.1 COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT (C) :

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants : la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain.

Tableau VII-5: Coefficient de ruissellement

SBV	VALEUR DE C	VALEURS PRISES
CHAUSSEE REVETEMENT EN ENROBES	0.8 A 0.95	0.95
ACCOTEMENT	0.10 A 0.40	0.40
TALUS	0.1 A 0.30	0.30
TERRAIN NATUREL	0.00 A 0.20	0.20

VII.4.2 ESTIMATION DES DEBITS D'APPORT (QA) :

$$Qa=Qc+Qacc+Qt$$

- Débit rapporté par la chaussée **Qc=k.Cc.It.Ac**
- Débit rapporté par l'accotement **Qacc=k.Ca.It.Aa**
- Débit rapporté par le talus **Qt=k.Ct.It.At**

VII.4.3 CALCUL DES SURFACES DE LA PLATEFORME ET TALUS

Tableau VII-6: SURFACES DE LA PLATEFORME ET TALUS

S.B.V	LARGEUR(m)	LONGUEUR(m)	PENTE	SURFACE(m^2)
CHAUSSEE REVETEMENT EN ENROBES	14.7M	725	2.5%	10657.5
BERME	1M	725	8%	725
TALUS	/	725	66.67%	Lt×Ht/sinb=35289.4
ATOTAL	/	/	/	46671.9

VII.4.4 L'INTENSITE DE L'AVERSE I(T) :

$$I(10) = a(10)\,(Tc)^{-b}$$

Avec : a(10)=0.26 et b=0.56

Pour (SBV01) (A=0.0106575 Km^2, P=2.5%) < 5Km^2 on applique la formule de **VENTURA**

$Tc=0.127\times\sqrt{\frac{0.0106575}{0.025}}=0.0829h$ ➔ $It=26\times(0.829)^{-0.56}=104.85$ mm/h

Tableau VII-7: Calcul de débit d'apport

S.B.V	K	C	A(km^2)	Tc(h)	It(mm/h)	Qa(m^3/s)
Chaussée revêtement en enrobes	0.2778	0.95	0.0106575	0.0829	104.85	0.295
Berme	0.2778	0.40	0.000725	0.0121	308.04	0.025
Talus	0.2778	0.30	0.0352894	0.0291	188.45	0.554
					Qa (total)	0.874

$Qa(total)=Qs=K.Sm.Rh^{2/3}.J^{1/2}$

Avec :

- K=70
- J=2%
- Sm= **(b+m.h).h**
- $Rh=\frac{(b+m.h).h}{b+2.h.\sqrt{1+m^2}}$
- On pose b=0.5m et pour un angle de 45° ➔ m=1

On obtient la formule suivante :

$$H=\left(\frac{Qa}{K\times 0.5\times\sqrt{J}}\right)^{3/5}\times\frac{(1+2\times\sqrt{2}\times 2h)^{2/5}}{1+2h}$$

Par un calcul itératif on trouve la hauteur **H=0.325m**

Pour raison de sécurité, on prend **H=0.5m**

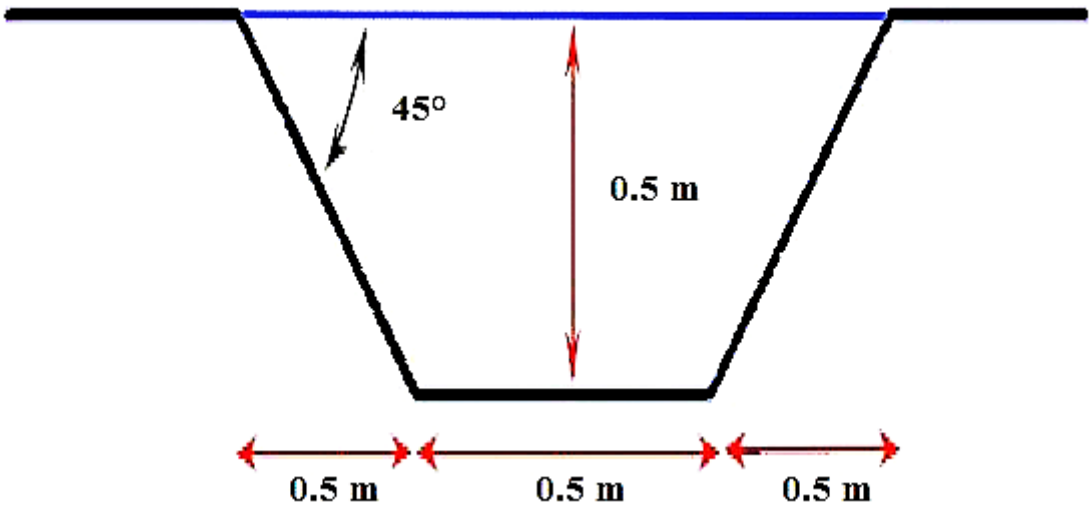


Figure VII-4: dimensions de notre fossé

Un tableau récapitulatif comprend tous les ouvrages hydrauliques réalisés au niveau de notre tracé et leurs dimensions ainsi la vérification représentée dans **l'Annexe**

CHAPITRE VIII : CUBATURE

VIII.1 Introduction :

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment consistées sur les profils en longs et les profils en travers.

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première d'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai).

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

VIII.2 DEFINITION :

La cubature des terrassements est une opération qui consiste à déterminer les volumes des terres (déblai et remblais) dans un projet. Autrement dit, c'est une opération qui consiste à déterminer la quantité des terres à l'évacuer en cas de déblais et à apporter en cas de remblais dans un projet routier.

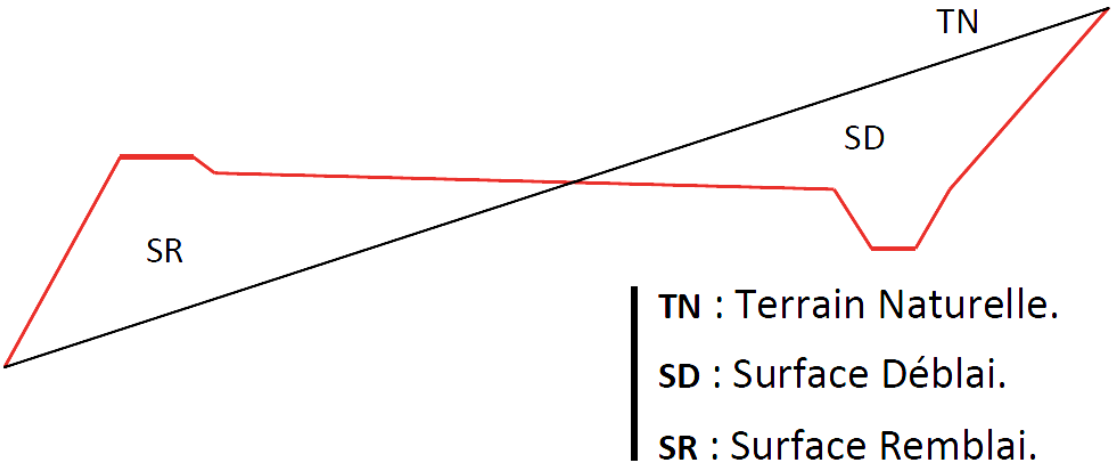
Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- Les profils en long.
- Les profils en travers.
- Les distances entre les profils.

VIII.3 Méthodes de calcul des cubatures :

Les cubatures sont les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais il existe plusieurs méthodes de calcul.

Le travail consiste a calculé les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.



On utilise la méthode SARRAUSE, C'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

VIII.3.1 Formule de Mr SARRAUS :

Cette méthode « formule des trois niveaux » consiste a calculé le volume déblai ou remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

$$V = \frac{L}{6}(S_1 + S_1 + 4S_{MOY})$$

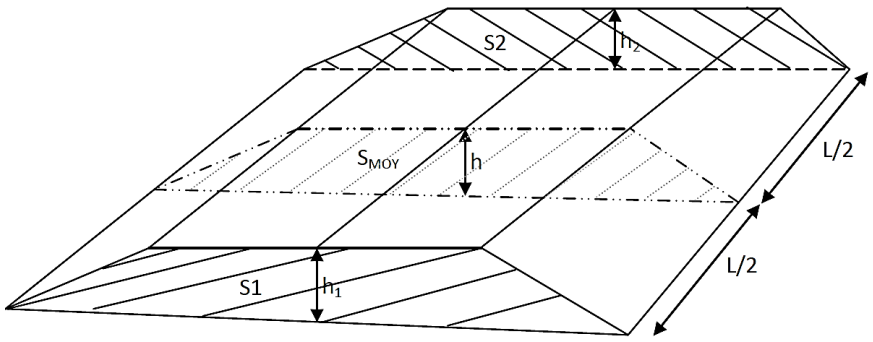


Figure VII-1 : Les positions des sections dans un profil en long

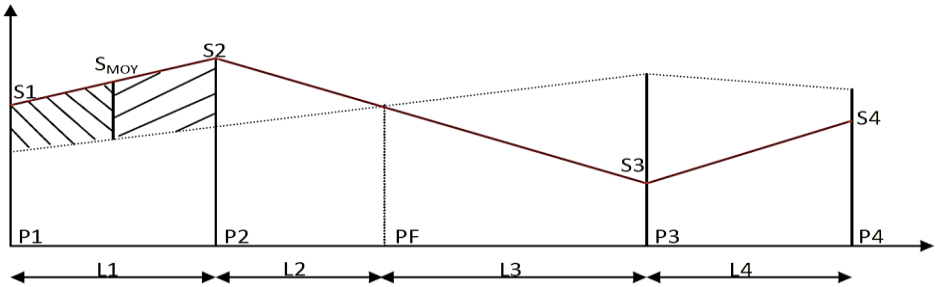


Figure VII-2 : Section des profils d'un tracé routier

- P_f : profil fictive, surface nulle.
- S_i : surface de profil en travers Pi
- L_i : distance entre ces deux profils
- S_{moy} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance L_i)

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{moy} et $\frac{(S_1+S_2)}{2}$

Ceci donne :

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Donc les volumes seront :

$V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$ Entre P_1 et P_2

$V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$ Entre P_2 et P_F

$V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$ Entre P_F et P_3

$V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$ Entre P_3 et P_4

En additionnant membres à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

$$V = \frac{L_1}{2}S_1 + \frac{L_1 + L_2}{2}S_2 + \frac{L_2 + L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3 + L_4}{2}S_3 + \frac{L_4}{2}S_4$$

VIII.3.2 Méthode de gulden :

Dans cette méthode, les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée.

Pour obtenir les volumes et les surfaces, ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Si on utilise la méthode de gulden, la quantité « longueur d'application » n'a plus de sens. Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée.

Si on utilise la méthode de gulden, la quantité « longueur d'application » n'a plus de sens.

VIII.3.3 Méthode linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.

Remarque : la méthode de calcul la cubature a été utilisé c'est la méthode de gulden.

VIII.4 Calcul des cubatures de projet :

Pour notre projet, le calcul a été réalisée à partir de logiciel **CIVIL3D**

Volume total au niveau de l'abscisse curviligne 10463.261	
Zone de déblai	1344.99
Zone de remblai	0.26
Vol déblai	77433
Vol remblai	17
Vol déblai cumulé	2281734
Vol remblai cumulé	759445
Vol net	1522289.03

Figure VIII-3 : volume totale cumulé (déblai/ remblai)

- VOLUME TOTAL DEBLAI = 2.281.734m^3
- VOLUME TOTAL REMBLAI = 759.445m^3

Les résultats de calcul des terrassements sont joints dans l'annexe

CHAPITRE IX : ETUDE DE STABILITE DES TALUS

IX.1 Introduction :

On étudie la stabilité des pentes et talus lors de la construction d'ouvrage divers de génie civil, tel que les routes (profils en remblai ou en déblai).

Dans la plupart des situations il s'agit d'assurer, sous l'action du poids propre et éventuellement de surcharges.

IX.2 Objectif de l'étude :

L'objectif de cette étude est d'analyser la stabilité des talus en remblais et déblais, en se basant sur les résultats des essais réalisés in-situ et les résultats des essais au laboratoire, afin de proposer les pentes adaptées pour les remblais et les déblais.

IX.3 Analyse de la stabilité des talus :

La hauteur maximale des différents tronçons de remblais/déblais sont représentés dans les tableaux suivant :

Tableau IX-1: hauteur maximale des différents tronçons de remblais/déblais

PK	Déblai	Remblai	Gites	Hmax(m)
15+000 à 15+850	/	Remblai	Gite1	7.02
15+850 à 16+025	Déblai	/	/	0.75
16+0.25 à 16+725	/	Remblai	Gite1	2.70
16+725 à 16+925	Déblai	/	/	4.22
16+925 à 17+200	/	Remblai	Gite2	2.50
17+200 à 17+675	Déblai	/	/	13.84
17+675 à 17+950	/	Remblai	Gite2	09.26
17+950 à 18+450	Déblai	/	/	06.75
18+450 à 18+880	/	Remblai	Gite2	07.68
18+880 à 19+050	Déblai	/	/	05.37
19+050 à 19+600	/	Remblai	Gite2	07.84
19+600 à 19+875	Déblai	/	/	01.72
19+875 à 20+800	/	Remblai	Gite2	12.00
20+800 à 22+200	Déblai	/	/	27
23+125 à 23+850	/	Remblai	Gite2	11.59
24+375 à 24+600	/	Remblai	Gite2	06.21
24+600 à 25+460	Déblai	/	/	15.99

IX.3.1 Analyse de stabilité du déblai :

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui représente la hauteur de déblais la plus importante, à savoir au PK 21+250, cette hauteur est de 27 m pour cela on utilise le logiciel **SLIDE 6.0.**

- Les remblayages ont été modélisés avec une inclinaison de 3H : 2V.
- Les surfaces de ruptures supposées circulaires.

IX.3.1.1 Facteur de sécurité :

La stabilité du talus est appréciée par rapport à un facteur de sécurité admissible.

Si **$F_S \geq 1$**La stabilité est théoriquement assurée, mais en considérant l'incertitude de la conception et de la réalisation du talus, nous avons appliqué le facteur de sécurité admissible.

Tableau IX-2: Facteurs de sécurité

Catégorie		Facteur de sécurité standard
Déblai	Long terme	F_S>1.5
	Court terme	F_S>1.3
	Sismique	F_S>1.0

IX.3.1.2 Paramètres Géotechniques :

Les paramètres géotechniques pour les unités géologique de la zone d'examen, ont été déterminé en se basent sur les informations communiquées dans les études d'exploitation, et ont été indiqué dans le tableau ci-dessous.

Tableau IX-3: Paramètres Géotechniques

Formation géologique	Court terme	Long terme			
	γ(KN/m3)	C_U(Kpa)	γ (KN/m3)	C'(Kpa)	Φ' (°)
Argile rigide	18	95	18	9	23
Argile solide/marne	19	200	19	20	30
Argile solide	18	14	18	14	26

IX.3.1.3 Résultats d'analyse par logiciel :

Les analyses numériques à l'équilibre limite ont été faite à partir du logiciel **SLIDE 6.0** qui permet de vérifier la stabilité des talus et déterminer la surface de rupture potentielle.

Il est basé sur la méthode des tranches qui donne un coefficient de sécurité pour l'ensemble des zones étudiées en considérant un comportement rigide plastique du sol.

Utilisant le cas de déblai le plus défavorable dans les 3 cas :

- Long terme :

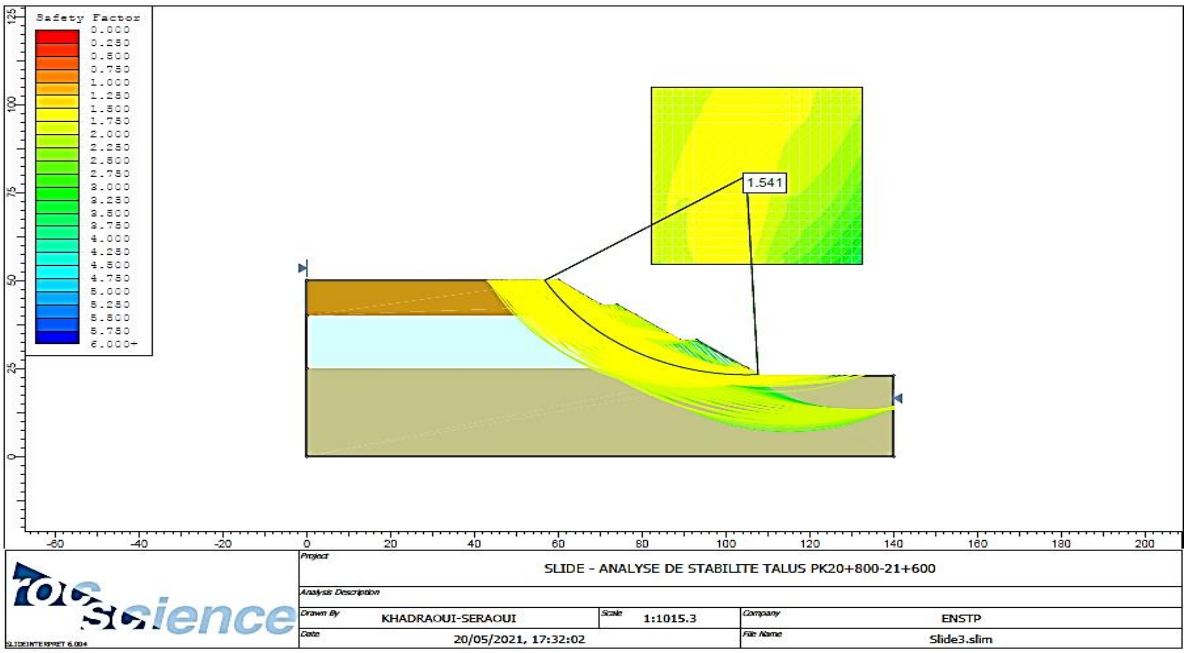


Figure IX-1: Cas long terme (déblai)

- Court terme :

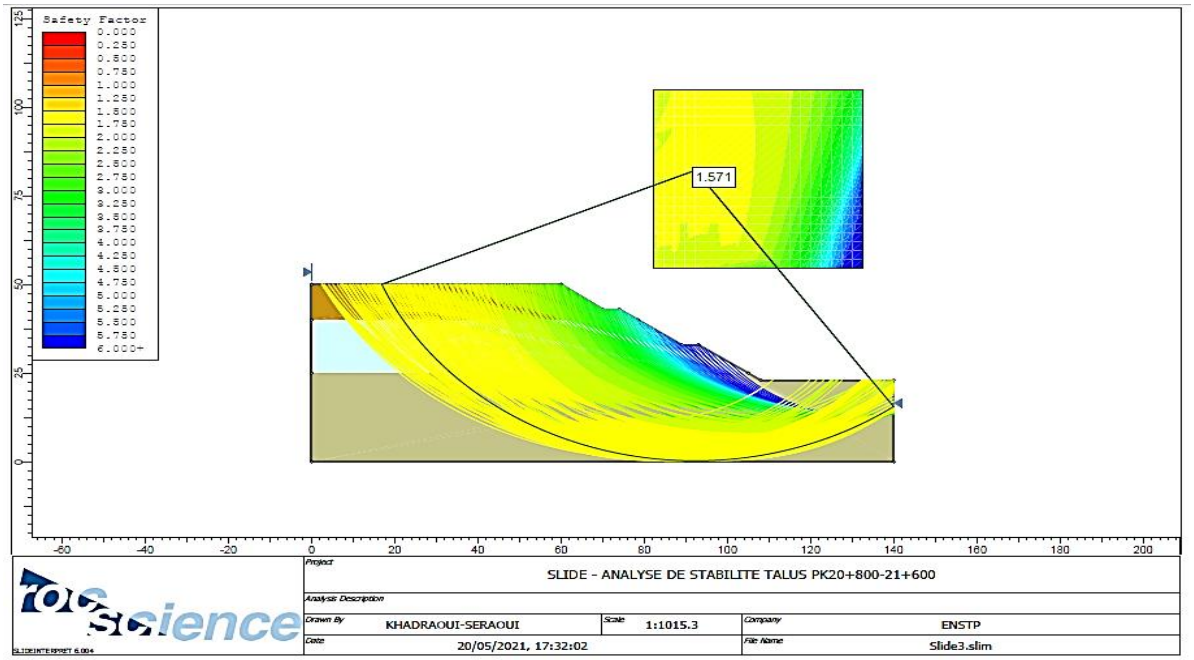


Figure IX-2: Cas court terme (déblai)

- Cas dynamique :

  Pour le calcul de stabilité dans le cas dynamique on a pris les valeurs suivantes de l'accélération sismique selon RPA :

  - K_h =0.125
  - Kv =0.038

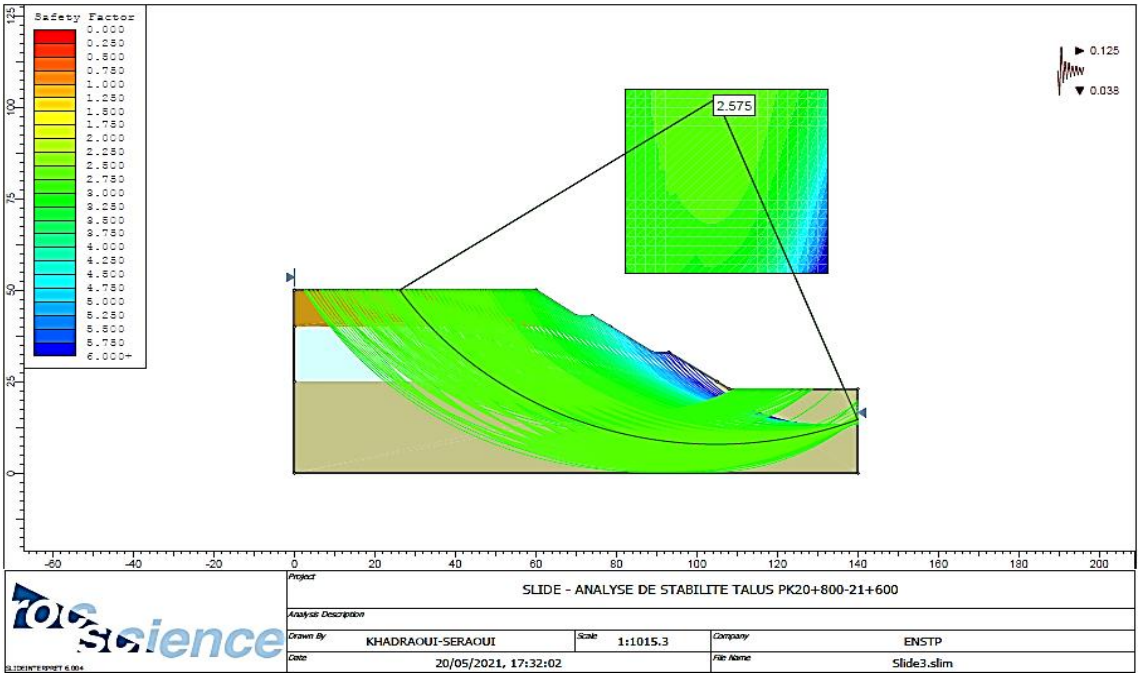


Figure IX-3: Cas dynamique

IX.3.1.1 Interprétation des résultats :

Les résultats de calculs de stabilité effectués :

- Cas long terme : F_S=1.541>1.50 => (ok)
- Cas court terme : F_S =1.571>1.3 => (ok)
- Cas dynamique (sismique) : F_S =2.575>1 => (ok)

Ceci nous permet de qualifier la situation du terrain dans l'état actuel comme stable, bien sûr qu'en tenant en compte que la pente du talus de déblai utilisé pour le calcul est de 3H/2V.

IX.3.2 Analyse de stabilité du remblai :

Nous allons vérifier la stabilité du profil qui présente la hauteur de remblais la plus importante qui est au niveau du PK 20+375 avec une hauteur de 12m.

On prend comme base les données et les considérations suivantes :

- Les remblayages ont été modélisés avec une inclinaison de 2H : 1V.
- Les surfaces de ruptures supposées circulaires.

IX.3.2.1 Paramètres Géotechniques :

Tableau IX-4: Paramètres Géotechniques

Formation géologique	Court terme		Long terme		
	γ (KN/m3)	C_U(Kpa)	γ (KN/m3)	C'(Kpa)	Φ' (°)
Remblai	18	5	18	5	30
Argile rigide	18	95	18	9	30

- Cas court terme :

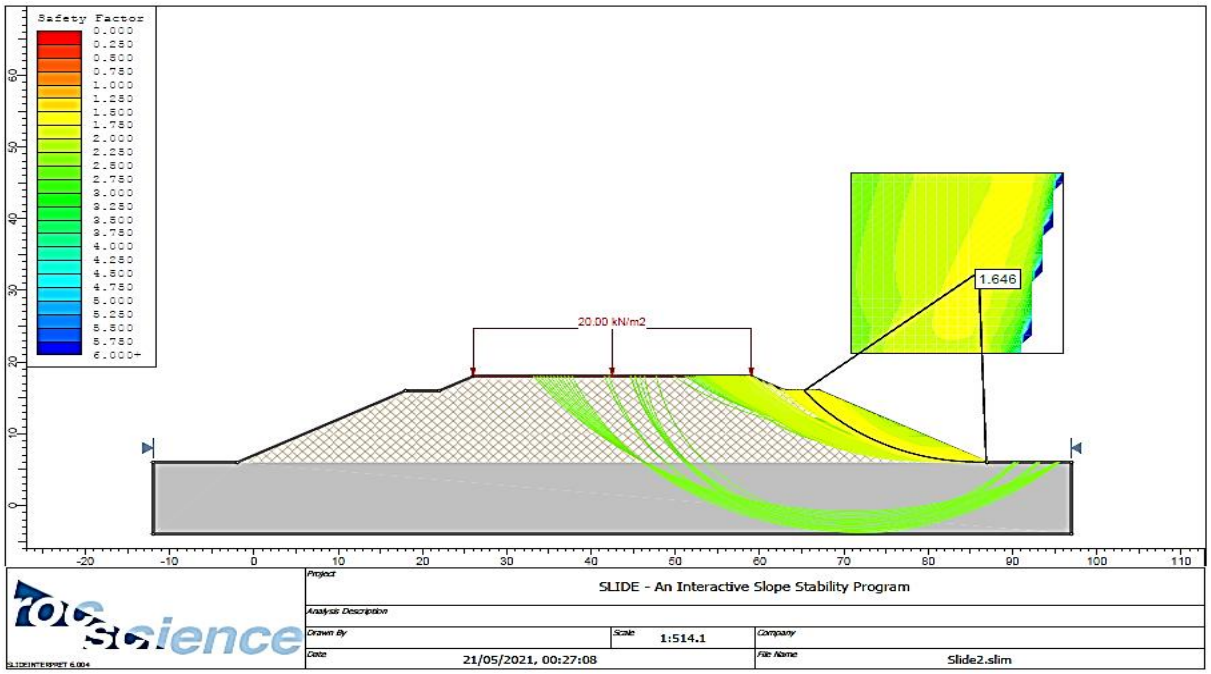


Figure IX-4: Cas court terme (remblai)

- Cas long terme :

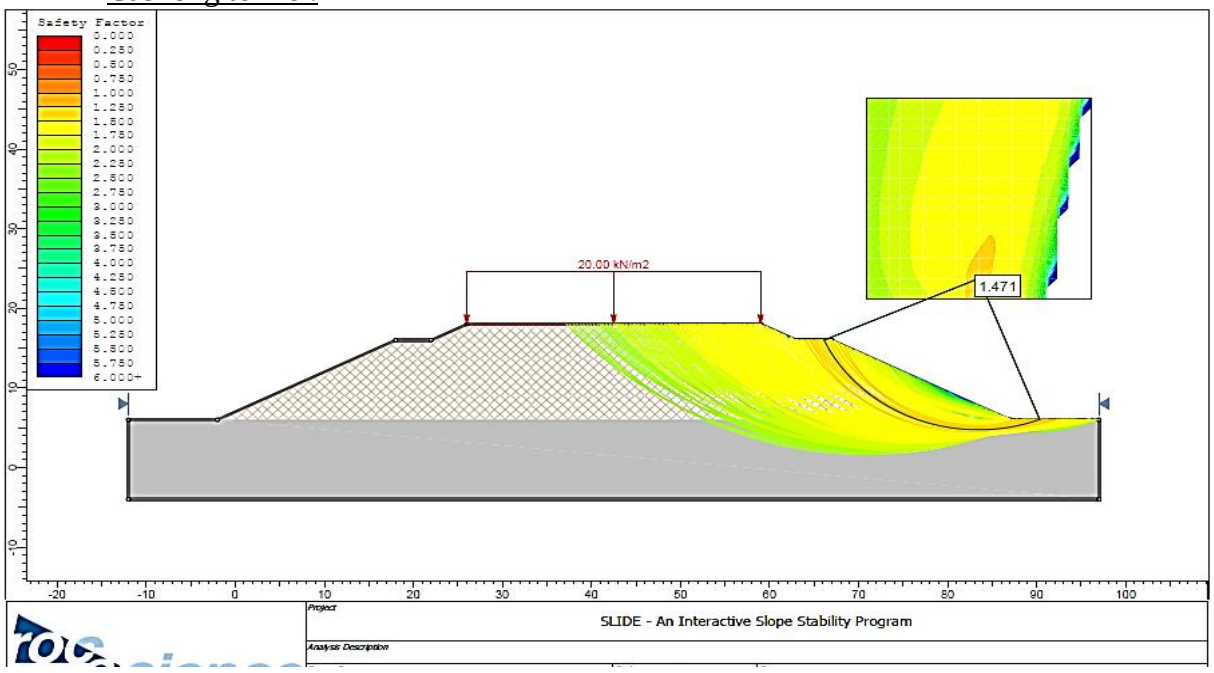


Figure IX-5: Cas long terme

- Cas sismique :

Pour le calcul de stabilité dans le cas dynamique on a pris les valeurs suivantes de l'accélération sismique selon RPA :

K_h =0.125.

Kv =0.038.

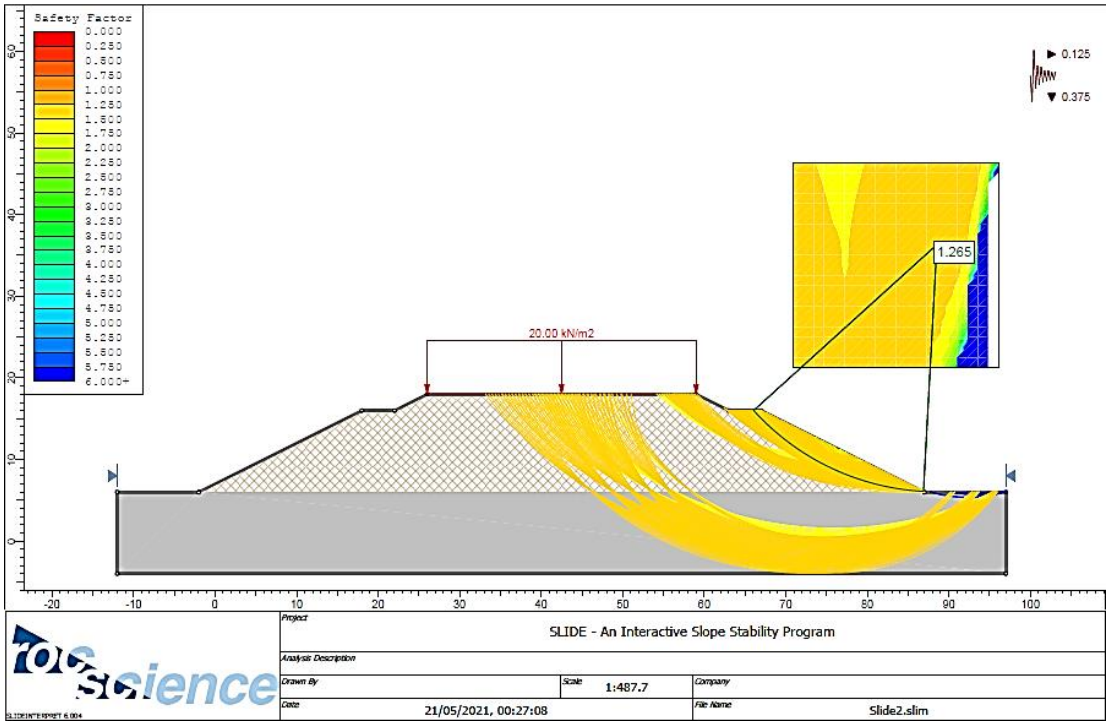


Figure IX-6: Cas dynamique (remblai)

IX.4 Conclusion

D'après l'analyse des résultats présidents, on conclut que dans les deux cas (remblai et déblai) le terrain est stable car l'ensemble des facteurs de sécurité sont supérieurs à 1.15.

CHAPITRE X : CONCEPTION DE L'ECHANGEUR

X.1 INTRODUCTION :

L'échangeur est un croisement étagé (un carrefour dénivelé) entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui croisent. Il a pour rôle d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et desservir plusieurs directions en même temps.

Son implantation doit permettre de respecter les conditions générales de visibilité et de perception du point d'échange. La conception d'un échangeur est l'étape la plus importante et la plus déterminante, car elle tient compte du cout du projet et de sa durabilité.

On utilise plusieurs types d'échangeur selon l'intensité des traces d'échange entre les deux voix et à la configuration du site.

- **On désigne les échangeurs par :**
  - **Les nœuds :** qui assurent les liaisons entre voies de type « autoroute ».
  - **Les diffuseurs :** qui relient l'autoroute à la voirie ordinaire.
  - **Mixte :** quand il assure en plans des échanges avec voirie locale.

  Pour notre cas : l'échangeur relie la Rocade avec la **RN18,** donc on a un **diffuseur**.

- **Les avantages :** les échangeurs permettent notamment de :
  - Faciliter aux usagers un déplacement dans des bonnes conditions de confort et de sécurité.
  - Eviter les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
  - Eviter les points les points d'arrêt qui provoquent des pertes de temps considérables.
  - Eviter les contraintes d'arrêt et de reprise.
  - Assurer la continuité du réseau autoroutier.

X.2 Règles de conception :

Une bonne conception d'échangeur nécessite :

- La détermination de tracé.
- La projection de plusieurs variantes d'échangeurs.
- L'analyse et le choix en évitant :
  - Le passage sur les terrains agricole.
  - Passage au voisinage des habitations et des maisons publiques.

- Passages sur les oueds ou leur voisinage pour ne pas avoir d'ouvrage d'art à construire et de murs de soutènement.
- Les longs alignements droits.
- Les terrassements importants.
- Les sections à forte déclivité.
- Les sites en courbures à faibles rayons.

X.3 Type des échangeurs :

Le type d'échangeur à adopter est en fonction de :

- La catégorie et les classes des routes en croisement.
- L'importance des différents courants tournants avec leur volumes (débits) respectifs.
- Les contraintes topographiques et environnementales.

Les principaux types d'échangeurs sont :

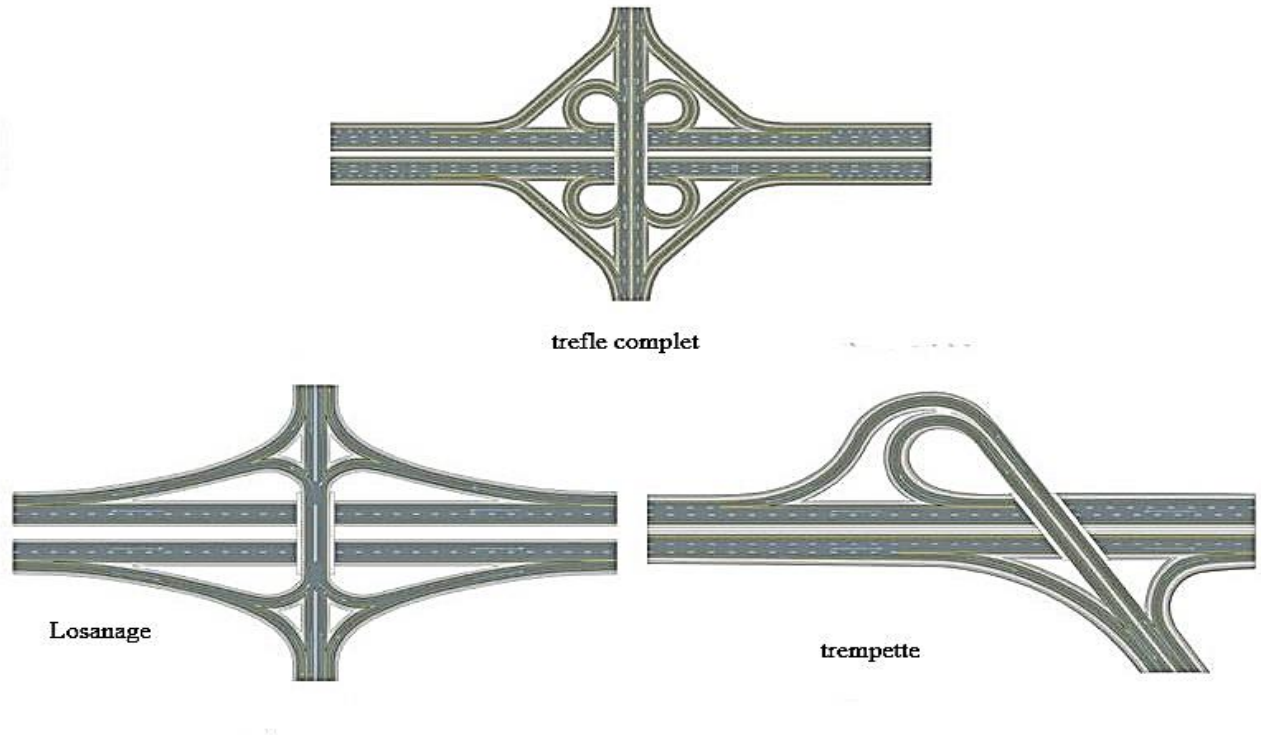


Figure X-1: type d'échangeurs

X.3.1 Echangeur majeur :

Il s'agit d'un raccordement autoroute-autoroute.

L'échangeur majeur raccorde deux routes ou autoroutes de niveau de service élevé ; les cisaillements ne sont pas dans ces cas tolérés.

Ce sont les configurations suivantes :

- **Trèfles complets :** pour des raccordements à quatre branches : c'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise et justifié par un trafic important équilibré.

X.3.2 Echangeur mineur :

Il s'agit d'un raccordement autoroute-route ordinaire.

- **Trompette :** pour les raccordements à trois branches : il est utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches et comporte : alignement droit commun à toutes les bretelles, une boucle « entrée ou sortie », une diagonale de sortie.
- **Losange :** Il est composé de quatre diagonales unidirectionnelles symétriques entre elles par rapport à l'axe de l'autoroute et un carrefour à niveau sur la route secondaire. Il est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics d'échange.

X.4 Les constituants des échangeurs :

Les éléments constituants des échangeurs sont

- **Ouvrage d'art :** Pour assurer un passage supérieur ou inférieur, on peut déterminer le nombre d'ouvrage en fonction de :
  - Le type d'échangeur à implanter.
  - Les contraintes du site d'implantation.
  - Les conditions de coordination profil en long et tracé en plan.
  - Les conditions de règlementation et de conception.
- **Carrefours plans :** On trouve les carrefours plans seulement entre raccordement routier ordinaires, leur aménagement doit tenir compte des facteurs de sécurité et de confort.

- **Bretelles :** Ce sont des voies détachent et se raccordent entre les deux directions qui se croisent. On donne trois types de bretelle :

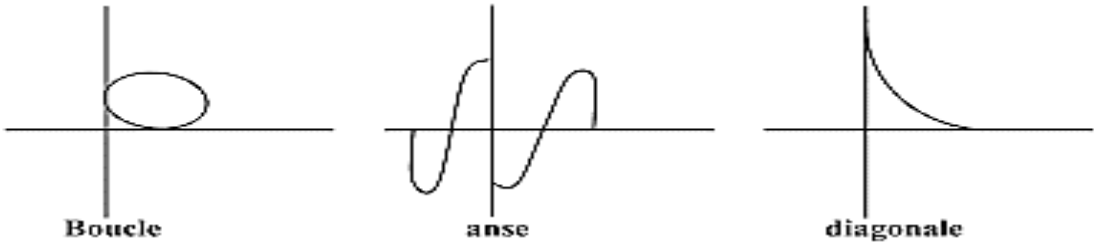


Figure X-2: Différents types des bretelles

X.5 Choix du type d'échangeur :

La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés « avantages, inconvénients » et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée au cas qui présente.

Donc le choix du type d'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre.

Et pour ce but on suit l'itinéraire suivant :

- **1^{ére} Etape : Détermination du tracé à partir de :**
  - Type de route et nombre de branches à raccorder.
  - Présentation du site d'implantation.
  - Distribution du trafic avec les différents sens de parcours.
  - Vitesse d'approche pratique qui détermine les caractéristiques sur la bretelle.
- **2^{éme} Etape : Configuration du tracé à adopter :**

L'échangeur à préconiser doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garant en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume en :

  - Un tracé respectant les valeurs limitées de conception (valeur de rayon, d'alignements)
  - Des longueurs des voies réglementaires (Insertion et décélération).
- **3éme Etape : Analyse :**

C'est cette dernière étape qui valise le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilité, de confort et de sécurité

X.6 APPLICATION AU PROJET :

X.6.1 Détermination du tracé :

- **Terrain :**
  - Terrain plat
  - Le terrain devant recevoir le futur échangeur est en grande partie agricole



- **Types de routes à raccorder :**

  - L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre **la rocade 4** et la **RN18** au niveau de **HANACHA** wilaya de **MEDEA.**

  -D'où notre échangeur est un échangeur mineur.

- **Vitesse sur les bretelles :**

La vitesse de base des bretelles doit s'approcher de la vitesse de base des routes qu'elles relient. Mais souvent à cause des facteurs, comme les contraintes du site et certaines configurations de bretelles et des facteurs économiques, il faut se tenir compte à des vitesses des bases inferieures. Le graphe ci-contre inspiré de **l'ICTAAL 2015** nous donne la vitesse dans les bretelles et les rayons de la courbe qui convient.

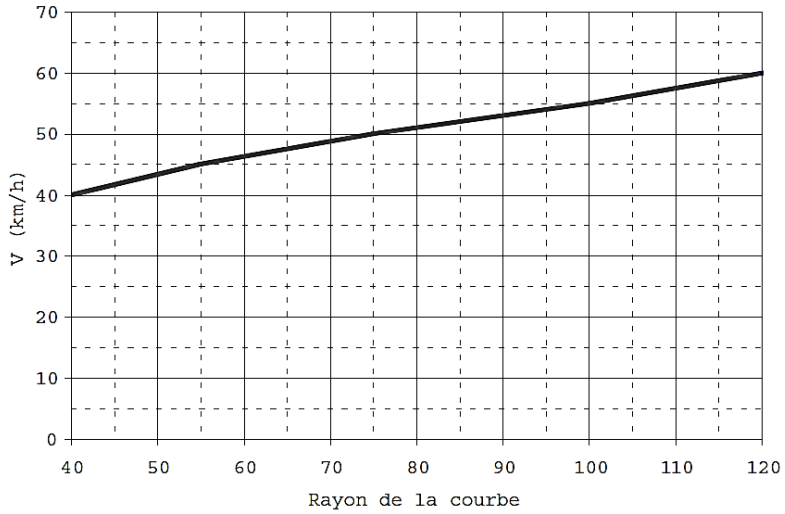


Figure X-3: Abaque Vitesse/Rayon de la courbe

- ✓ La vitesse sur la rocade est 110Km/h.
- ✓ La vitesse sur la route est 80 Km/h.
- ✓ La vitesse sur l'échangeur est 50 à 70 Km/h.

- **Distribution du trafic :**

-L'échangeur distribue le trafic dans trois (3) directions.

X.6.2 Configuration de tracé à adopter :

X.6.2.1 Tracé :

Valeur limite sur la bretelle pour une vitesse = 50km/h.

Bretelle :

- Rayon minimal (R_m)≥40m
- Rayon minimal non déversé (Rnd)≥300m
- Rayon de la 1ére courbe rencontrée dans les sorties de l'autoroute (Rm)≥100m

Boucle :

- **4**0m ≤ Rayon minimal (Rm) ≤ 60m

X.6.2.2 Voie de décélération :

Les sorties à 1 voie c'est le cas le plus courant pour **les diffuseurs**.

Le dispositif de sortie comporte successivement :

- Un biseau long de 75m
- Une section de manœuvre qui est un biseau à l'autoroute, longue de 150m jusqu'à l'endroit où le musoir de divergence atteint une largeur de 1m.
    - Une section de décélération, dont la longueur permet de passer de la vitesse conventionnelle 60 km/h, à la fin de la section de manœuvre, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée.

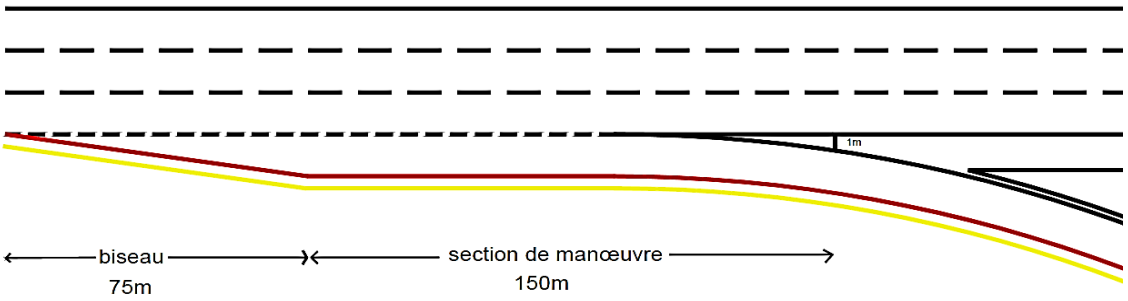


Figure X-4: Dispositif de sortie de l'autoroute

X.6.2.3 Voie d'accélération :

Le dispositif d'entrée comprend successivement :

- Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3à5%. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point « E=1.00m », la vitesse conventionnelle de 55km/h.
- Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200m et large de 3.5m.
- Un biseau long de 75m.

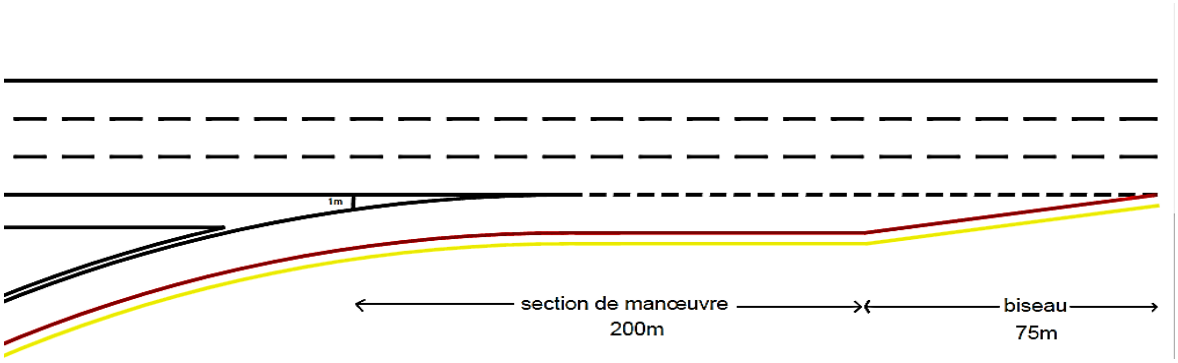


Figure X-5: Dispositif d'entrée sur l'autoroute

X.6.2.4 Raccordement progressif :

Pour les bretelles à une voie ou les branches, une courbe circulaire de rayon inférieur ou égal à 1.5Rnd (450m) est encadrée par deux arcs de Clothoïde dont la longueur est égale à la plus grande des deux valeurs : 6R0.4 et 7(Δd) ; où R note le rayon de courbure (en m), et Δd la différence des pentes transversales (en %) des éléments du tracé raccordés.

Toutefois si cette condition est trop contraignante, on pourra limiter son application aux courbes de rayon inférieur ou égal à Rnd (300m).

Il s'agit de longueurs minimales, mais il n'est pas recommandé de recourir à des valeurs supérieures qui peuvent rendre l'appréciation de la courbure finale plus difficile pour l'usager.

Pour les courbes à droite, c'est toujours $6R^{0.4}$qui est la plus grande sauf pour les rayons compris entre 40m et 65m.

Pour les courbes à gauche, pour les rayons compris entre 40m et 170 m, c'est 7(Δd) et au-delà c'est $6R^{0.4}$ qui est la plus grande.

X.6.3 Analyse

-Le carrefour qui répond mieux à ce type d'échange c'est **l'échangeur Trompette**.

X.7 Profil en long d'une bretelle :

Tableau X-1: Valeur limites du PL

Déclivité maximale	6%
Rayon minimal en angle saillant	2700m
Rayon minimal en angle rentrant	1900m

X.8 Profil en travers d'une bretelle :

La chaussée est bordée de part et d'autre par une bande dérasée de même structure qu'elle, et par une berme qui peut être intégrée au dispositif d'assainissement.

Les largeurs des composants du profil en travers sont les suivantes :

Tableau X-2: Largeurs des composants du profil en travers

Berme	BDG	Chaussée	BDD	Berme
1	0.5	3.5+S	1	1

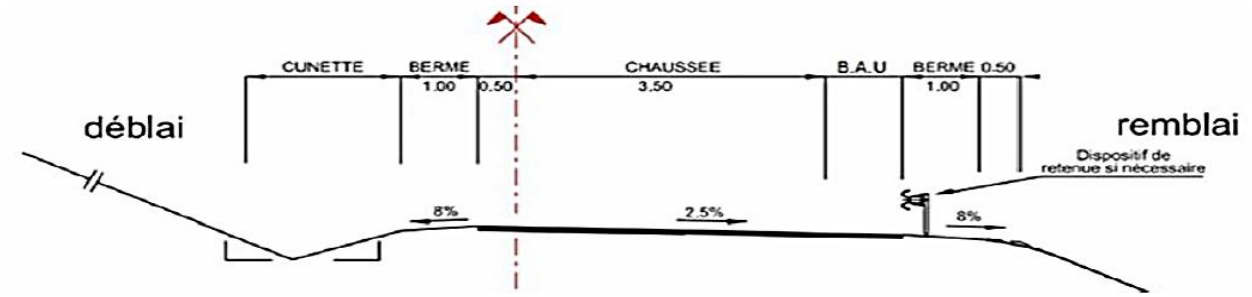


Figure X-6: Profil en travers de la bretelle

X.9 Pente transversale :

Le profil en travers d'une chaussée bidirectionnelle est constitué de deux versants plans raccordés sur l'axe, celui d'une chaussée bidirectionnelle est constitué d'un seul versant. Les bandes dérasées ont la même pente que la chaussée adjacente.

En dehors des courbes déversées, la pente transversale d'un versant est de 2.5% orientée vers la droite.

Dans les courbes déversées, la pente transversale est orientée vers l'intérieur de la courbe. Sa valeur se calcule linéairement selon 1/R entre 2.5% pour le rayon R_{dn} et 7% pour le rayon R_m.

Tableau X-3: pente transversale

	Pente transversale entre R_{dn} et R_m
Bretelle à une voie circulable à 70 km/h ou moins	Pour 125m<R<300m, d=(964/R) -0.7 Pour R≤125m, d=7%

X.10 Visibilité :

X.10.1 Visibilité sur une entrée d'autoroute :

La distance de visibilité pour la voie de droite de l'autoroute doit être au moins égale à la distance d'arrêt sur l'arrière d'un véhicule entrant.

Distance d'arrêt :

da= distance de freinage + distance de perception/réaction

da = 2V+V2/2g (γ(v) +p) ; Avec : V en m/s.

- γ (v) : décélération moyenne exprimée en fraction de g.

- p : la déclivité, en valeur algébrique.

Pour les rayons R<5V, (V en Km/h et R rayon de la courbe en m) : la distance de freinage est majorée de 25%

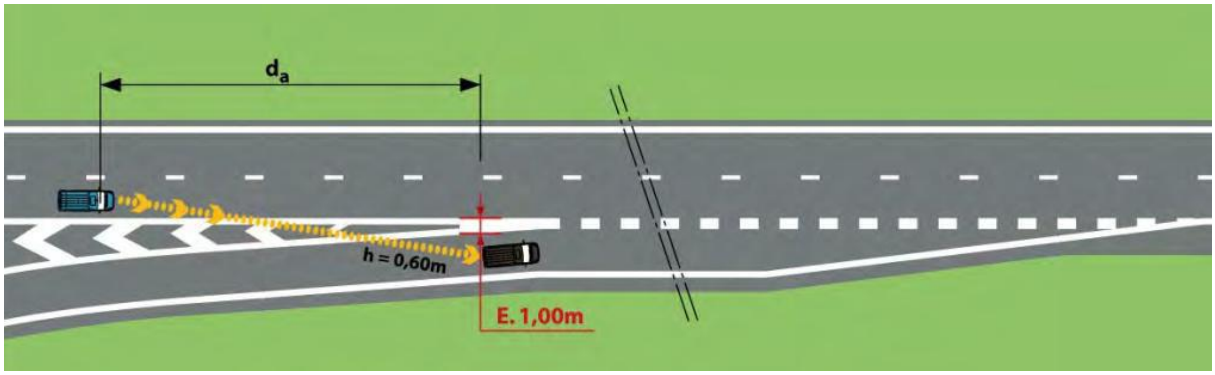


Figure X-7: distance d'arrêt

Visibilité sur une entrée d'autoroute :

Distance de manœuvre de sortie dms :

Qui permet de définir également les changements de files en section courante :

Dms=6V (V en m/s)

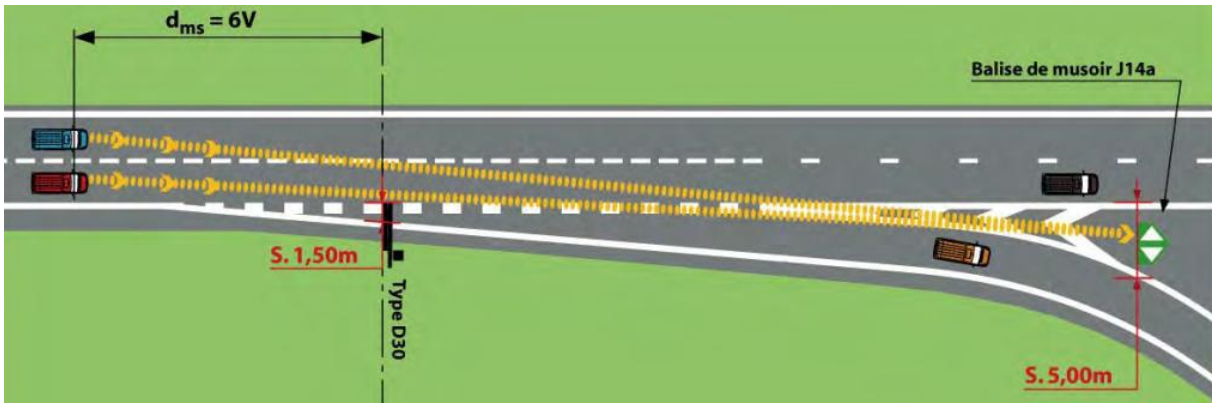


Figure X-8: Visibilité sur une entrée d'autoroute

Distance de visibilité sur marquage :

dms=3V (V en m/s).

Distance de lecture (Lc) :

Définissant la distance minimale permettant à l'usage de lire les informations sur les panneaux de signalisation :

Lc=5V avec V en m/s

Tableau X-4: Principales distances de visibilité

Vitesse (km/h)	110
Vitesse (m/s)	30.55
Décélération moyenne γ(v)	0.36
Distance d'arrêt en palier da	195
Distance d'arrêt en courbe pour R<5V	225
Distance de manœuvre en sortie dms (et changement défile)	185
Distance de visibilité sur marquage dvm	82
Distance de lecture lc	153

CHAPITRE XI : OUVRAGE D'ART

XI.1 Introduction :

D'une façon générale, on appelle un pont tout ouvrage permettant de franchir un obstacle naturel ou une autre voie de circulation selon le cas, on distingue :

- Pont-route
- Pont-rail
- Pont-canal

Ce chapitre présentera les ouvrages d'art à concevoir pour franchir les obstacles.

XI.2 Conception des ponts :

La conception d'un pont doit satisfaire un certain nombre d'exigences puisqu'il est destiné à offrir un service à des usagers, On distingue les exigences fonctionnelles qui sont des caractéristiques permettant au pont d'assurer sa fonction d'ouvrage de franchissement, et les exigences naturelles qui sont l'ensembles des éléments de son environnement influant sur sa conception.

XI.3 Présentation des ouvrages :

Les ouvrages préconisés pour notre tracé sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau XI-1 : les ouvrages préconisés pour notre tracé

Désignation	PK	Longueur (m)	Largeur de l'OA par sens (m)	Relie
Passage supérieur 1	15+450	60	4.5	Djendel avec Douar Soualah
Passage supérieur 2	17+240	69	4.5	Djendel avec Oued Harbil
Passage supérieur 3	19+020	52	4.5	Amoura CTRE avec RN18
Passage supérieur 4	20+820	52	4.5	Amoura CTRE avec RN18
Passage supérieur 5	22+150	52	4.5	Amoura CTRE avec RN18
Viaduc 1	22+160	1046	13	Permet le franchissement d'oued
Viaduc 2	23+204	466	13	
PS de la bretelle bidirectionnelle du l'échangeur de hannacha	24+488	60	4.5	Rocade 4 avec la gare de péage

XI.3.1 Gabarit réserver :

On appelle gabarit le minimum à dégager au-dessus de la voie franchie, mesuré perpendiculairement à cette voie. En Algérie, il est réglementé que le passage sur :

- Les autoroutes et les routes expresses doivent respecter un gabarit de 5.3m.
- Les routes ordinaires doivent respecter un gabarit de 4.50m à 4.80m.

XI.4 Choix du type d'ouvrage :

La reconnaissance de la nature du sol est souvent décisive pour le choix entre plusieurs types d'ouvrages. Elle conditionne le type de l'ouvrage et l'emplacement des fondations.

Notre but est de déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat et de satisfaire le mieux possible toutes les conditions (économique et technique).

Les principaux facteurs qui influent sur le type d'ouvrage sont :

- La nature du sol.
- Le gabarit à respecter.
- Le profil en long de la chaussée.
- La portée de l'ouvrage.
- Position possible des appuis.

Plusieurs types sont envisagés, alors on procédera par élimination qui ne repent pas à la condition imposée. Pour notre cas en propose comme variantes :

Variente1 : pont caisson

Les ponts caisson se composent d'un tablier tubulaire la circulation se fait sur le tube et non pas à l'intérieur. On trouvera des caissons coulés en place et morceaux préfabriqués (voussoirs), ils sont généralement hyperstatiques.

Le tablier peut être de hauteur constante ou variable. Il est plus facile à confectionner dans le premier cas que dans le second, mais la hauteur constante ne peut convenir que dans une gamme de portées limitées, de l'ordre de 40 à 60 ou 70 m.

Avantages :

- L'entretien n'est demandé qu'au bout d'un certain temps.
- Sa structure de pont donne une belle forme esthétique.
- La portée de ce type de pont est très grande.
- Rapidité de construction dans le cas des ouvrages à voussoirs préfabriqués.
- L'effet de torsion est nettement plus faible que celle d'un caisson.

Inconvénients :

- Consomme plus de béton et d'acier par rapport à un pont à poutre en béton armé.
- Echafaudage important.
- La nécessité de disposer d'un personnel qualifié pour la vérification de la pose des gaines et câbles et pour la mise en tension des câbles.

- Les ponts construits par encorbellements successifs présentent des difficultés de calcul inhabituel. Le volume des calculs nécessaires est bien plus considérable que celui des autres types d'ouvrages.
- Les effets de fluage du béton et de la relaxation des aciers précontrainte.
- L'aspect économique est très élevé.

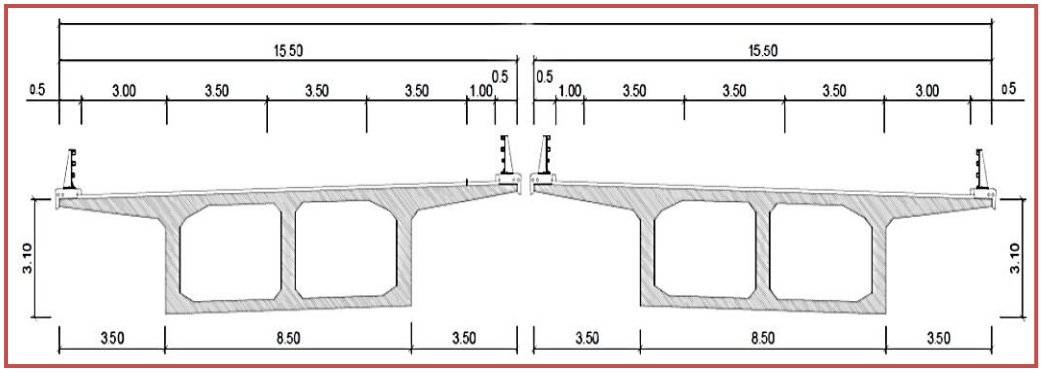


Figure XI-1: coupe transversal pont caisson

Variante 2 : pont à poutre en béton précontrainte

Le tablier est formé de deux travées indépendantes, constituées chacune par un nombre de poutre préfabriquées en T à talon, âme et semelle supérieure.

Le principe consiste à reprendre le poids propre de la poutre par une armature active qui est la précontrainte par prétention (PRAD) ou bien post tension (VIPP). Nous signalons que la prétention s'adapte sur des portées allant jusqu'à 30 m, et une gamme de portées comprises entre 30 à 50 m pour la poste-tension.

Les avantages :

- Le mode de réalisation des poutres tel que le béton coulé en atelier ou sur chantier à poste fixé est en général de meilleure qualité.
- La facilité du contrôle de réalisation ainsi que la rapidité d'exécution des travaux.
- La préfabrication permet de diminuer le délai d'exécution de l'ouvrage.

Les inconvénients :

- La nécessité de fabriquer un béton plus résistant principalement avant 28 jours.
- La main d'ouvre doit être qualifier.
- L'obligation d'attendre la fin de mise en tension pour pouvoir couler ou décoffrer.

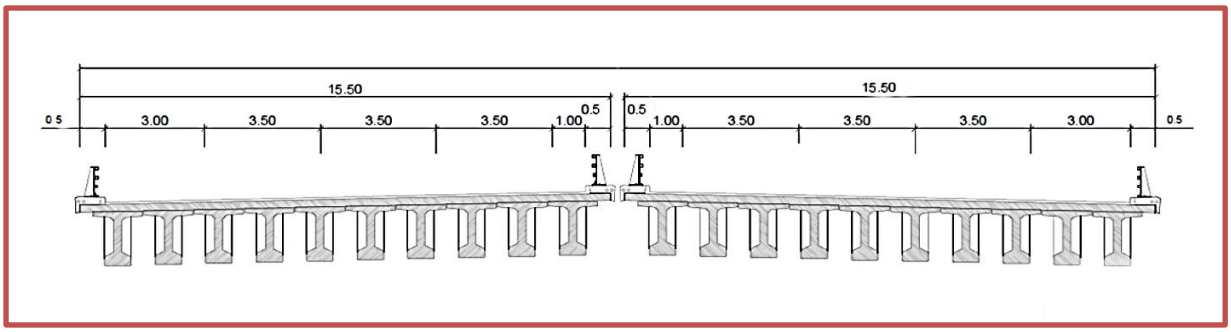


Figure XI-2: coupe transversal pont poutre

XI.5 Solution technique retenue :

Tableau XI-2: Solution technique retenue

Désignation	PK	Variante proposé	Gabarit (m)
Passage supérieur 1	15+450	Pont à poutre en béton précontraint	5.3
Passage supérieur 2	17+240	Pont à poutre en béton précontraint	5.3
Passage supérieur 3	19+020	Pont à poutre en béton précontraint	5.3
Passage supérieur 4	20+820	Pont à poutre en béton précontraint	5.3
Viaduc 1	22+160	Pont caisson	/
Viaduc 2	23+204	Pont caisson	/
PS de la bretelle bidirectionnelle du l'échangeur de hannacha	24+488	Pont à poutre en béton précontraint	5.3

CHAPITRE XII : SIGNALISATION

XII.1 INTRODUCTION

La signalisation routière est un moyen de communication avec les usagers, bien signaler c'est bien communiquer.

Compte tenu de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressées.

Type des signalisations routière comprend deux types :

- La signalisation verticale
- La signalisation horizontale

XII.2 L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sure la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

XII.3 CATEGORIES DE SIGNALISATION

Sont :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage des chaussées.
- La signalisation par balisage.
- La signalisation par bornage.

XII.4 REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).

- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui l'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'usager.

XII.5 TYPE DE SIGNALISATION

Les deux familles de signalisation sont :

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

XII.5.1 Signalisation verticale

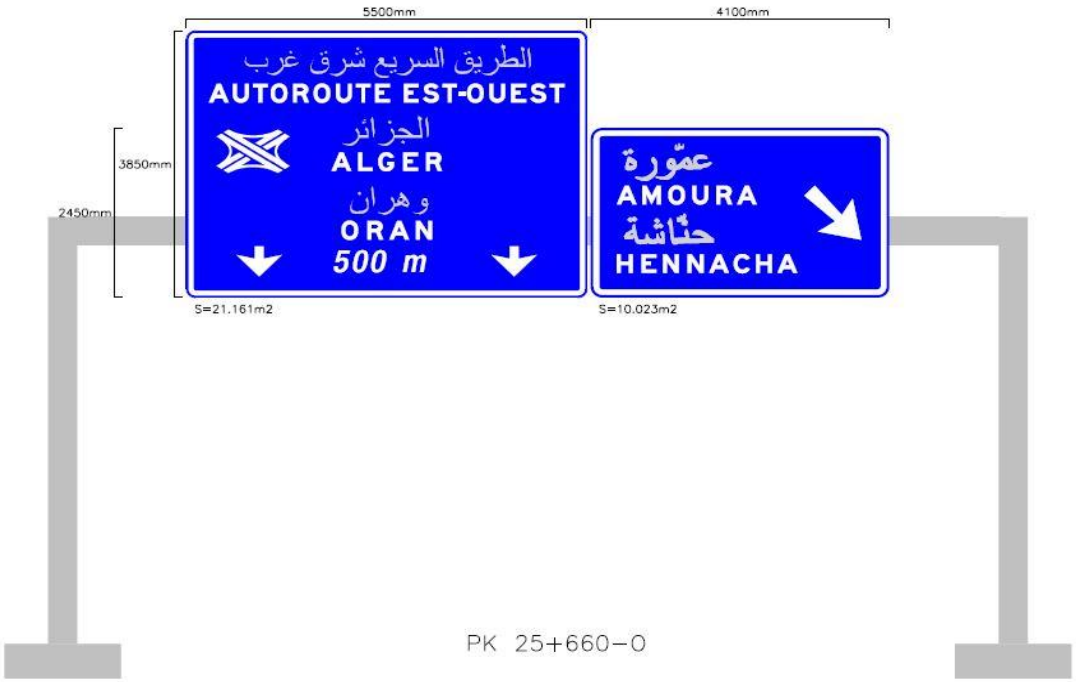
La signalisation verticale est divisée en deux grandes catégories :

Signalisation de direction.

Signalisation de Police (danger, de prescription et d'indication)

XII.5.1.1 Signalisation de direction

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal è 75°.



PK 25+660-O



PK 25+160-O

XII.5.1.2 Signalisation de Police (danger, de prescription et d'indication)

La signalisation de police est destinée à alerter les usagers des différents dangers, à indiquer ou rappeler les diverses prescriptions ou encore à donner les informations relatives à la bonne compréhension de la route. Les panneaux seront conformes aux normes internationales.

- La vitesse légale de circulation
- Le régime de priorité
- Les dangers rencontrés (ex : à la sortie de la section autoroutière)
- Le péage
- Les utilités disponibles (aires de services, réseau d'appel d'urgence, …etc.)

Le dimensionnement des panneaux concorde avec le type de route, comme suit :

- Dimension grande gamme pour les voies rapides de l'autoroute
- Dimension normale pour les entrées et les sorties de l'autoroute, ainsi que pour les bretelles d'accès aux gares de péage aux routes nationales

À part les panneaux et les panonceaux, utilisés pour la signalisation verticale, la signalisation de danger est réalisée avec des balises.

Tableau XII-1:Les dimensions détaillées des panneaux

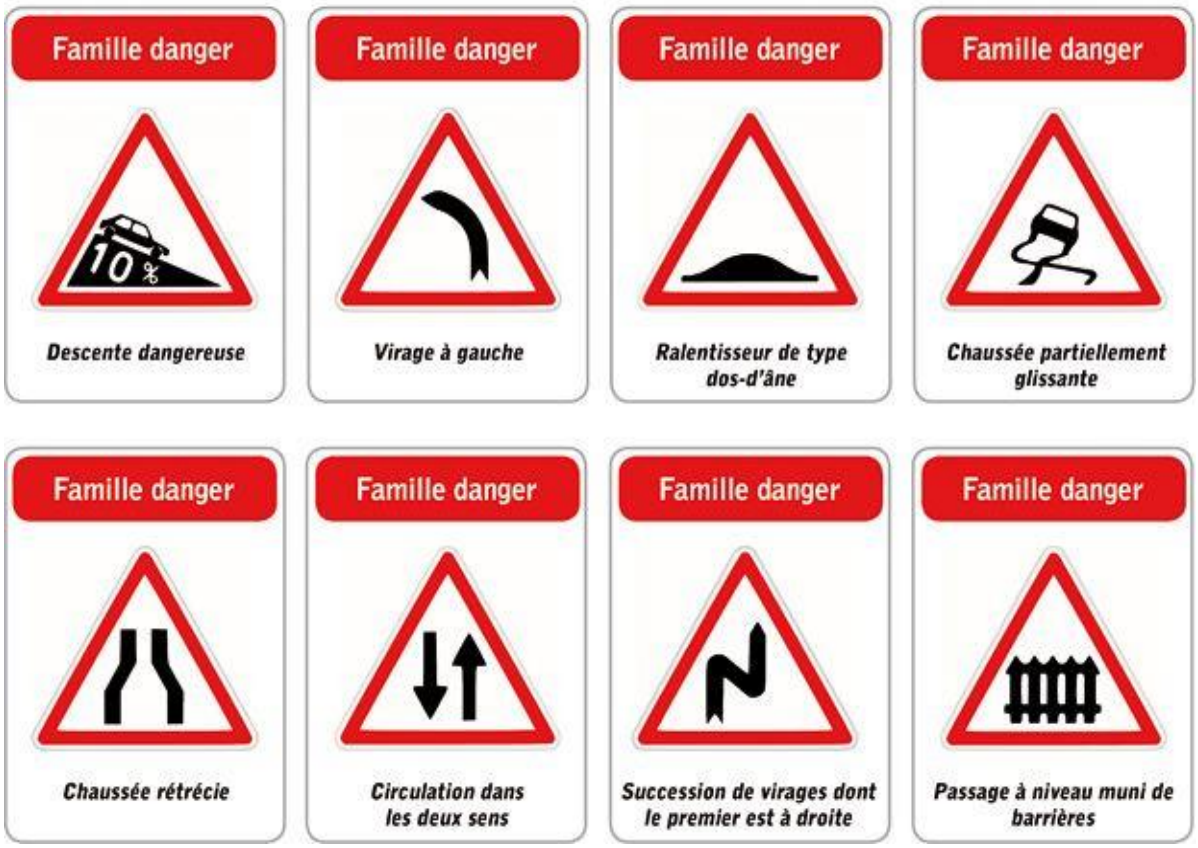
Dimensions	Côté du triangle (mm)	Diamètre du rond (mm)	Double de l'apothème de l'octogone (mm)	Côté du carré (mm)
TGG	1500	1250	1200	1050
GG	1250	1050	1000	900
GN	1000	850	800	700

TGG : Taille des panneaux sur autoroute : Très Grande Gamme

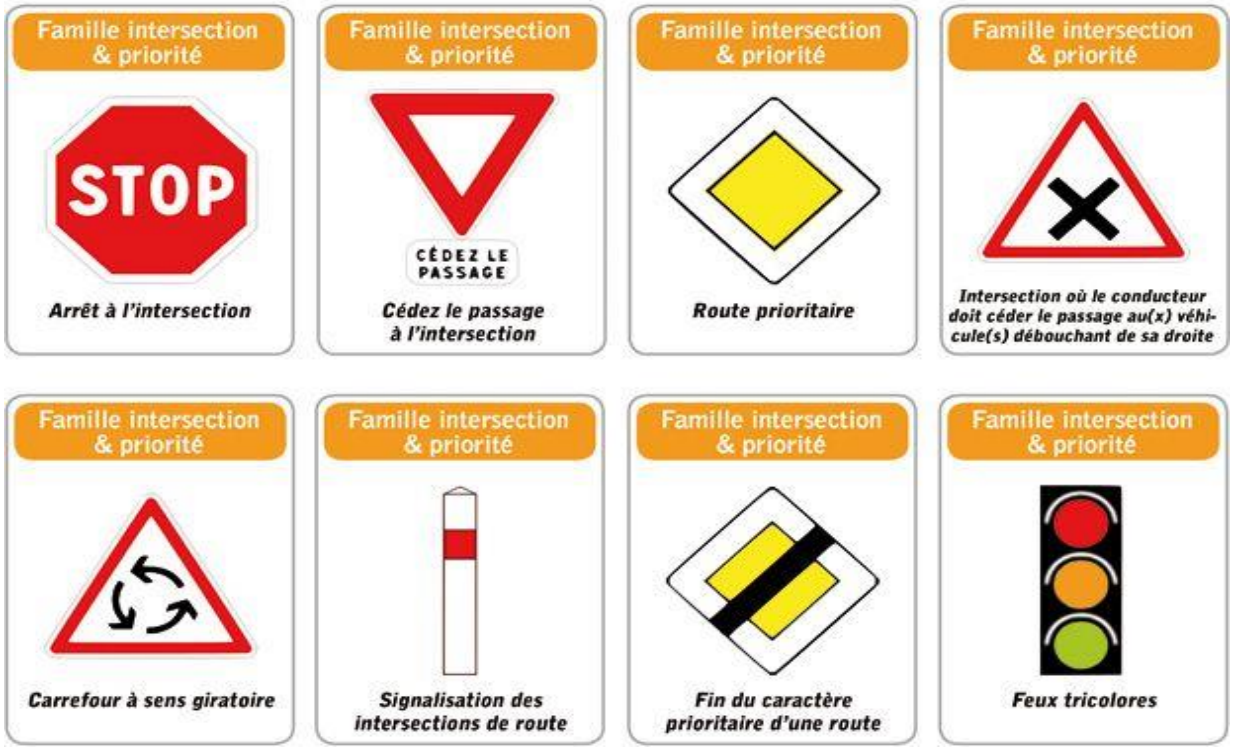
GG : Sur entrées et sortie : Grande Gamme

GN : Bretelle d'accès aux gares de péage et rétablissements : Gamme Normale

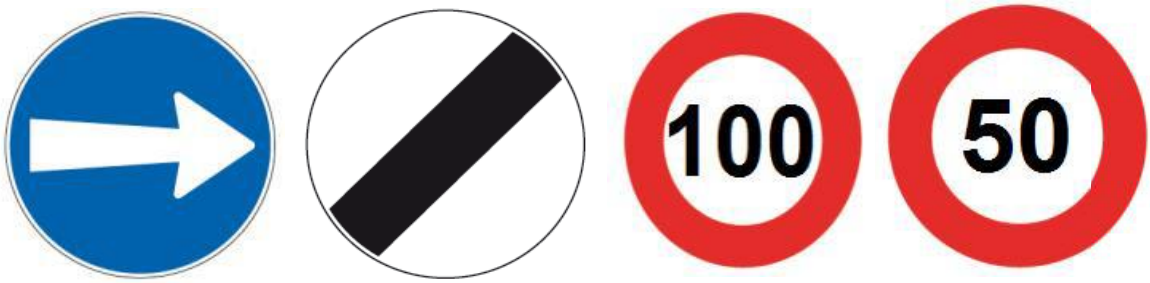
Signalisation de danger (Type A)

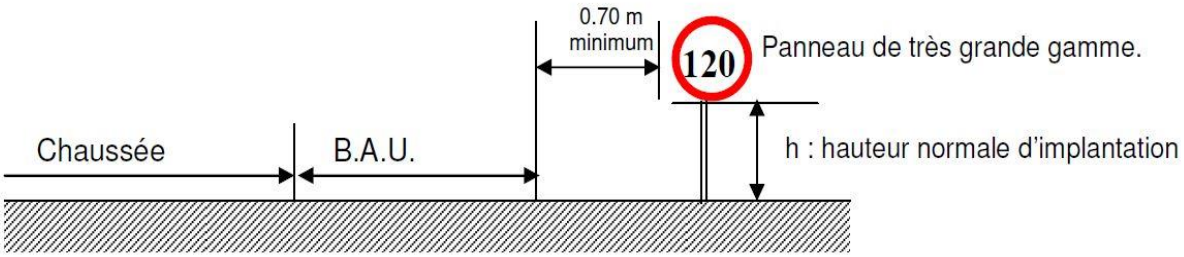


Signalisation d'intersection et de priorité (Type B)



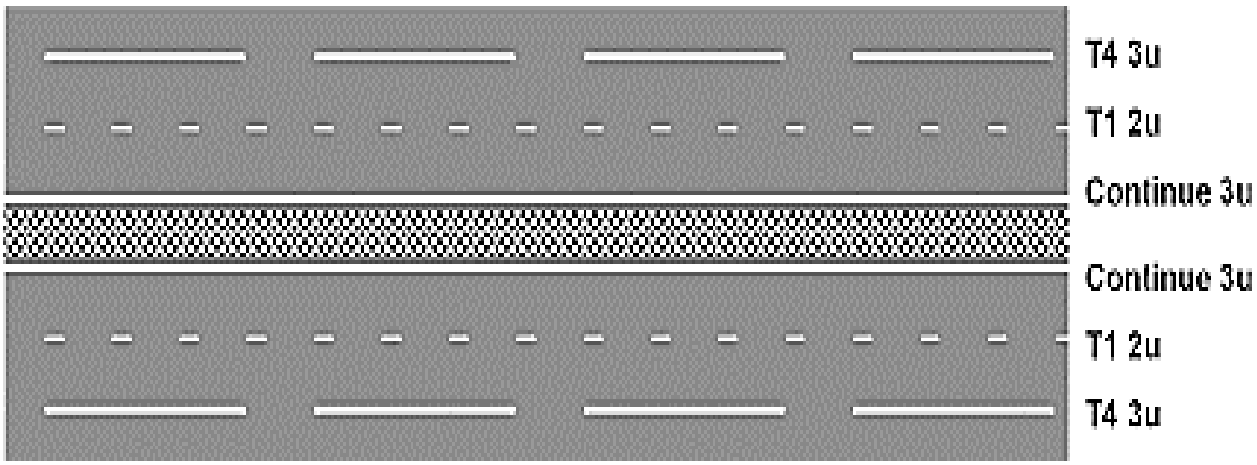
Signalisation de prescription (Type C et D)





XII.5.2 Signalisation horizontale

La signalisation routière horizontale regroupe l'ensemble des marquages peints sur la route et qui indiquent aux usagers quel comportement adopter à ces endroits.



- **Couleurs des marques**

Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussées. Pour certains marquages spéciaux, on utilise d'autres couleurs dans les conditions suivantes :

- **Le jaune pour :**
  - Les marques interdisant l'arrêt ou le stationnement
  - Les lignes zigzag indiquant les arrêts d'autobus
  - Le marquage temporaire
- **Le bleu** :

Éventuellement pour les limites de stationnement en zone bleue.

- **Le rouge**

Pour les damiers rouge et blanc matérialisant le début des voies de détresse.

L'utilisation de matériaux et de revêtements de couleur pour la chaussée ne doit pas se substituer à l'emploi des marques sur chaussée.

XII.5.2.1 Ligne longitudinale :

- **Les lignes continues**

Infranchissable, dépassement et changement de voie interdits. Il est également interdit de la traverser perpendiculairement (pour sortir ou rentrer dans une rue, une cour, un garage).

Ils sont utilisés aussi pour indiquer les sections de route.

- **Les lignes discontinues**

Pour la bonne compréhension des marquages, trois types de modulations de lignes longitudinales ont été retenus, se différenciant par le rapport des pleins aux vides. Ces modulations (tirets plus intervalles) sont des multiples ou des sous-multiples de 13,00 m.

Pour les lignes transversales, la modulation (T'2) comporte alternativement 0,50 m de trait et 0,50m de vide.

Tableau XII-2: Modulation des lignes discontinues

TYPE de marquage	TYPE de modulation	LONGUEUR du trait (en m)	INTERVALLE entre 2 traits successifs (en m)	RAPPORT plein/vide
Axial longitudinal	T1 T'1 T3	3 1,5 3	10 5 1,33	1/3 1/3 3
rive	T2 T'3 T4	3 20 39	3,5 6 13	1 3 3
transversal	t'2	0,5	0,5	1

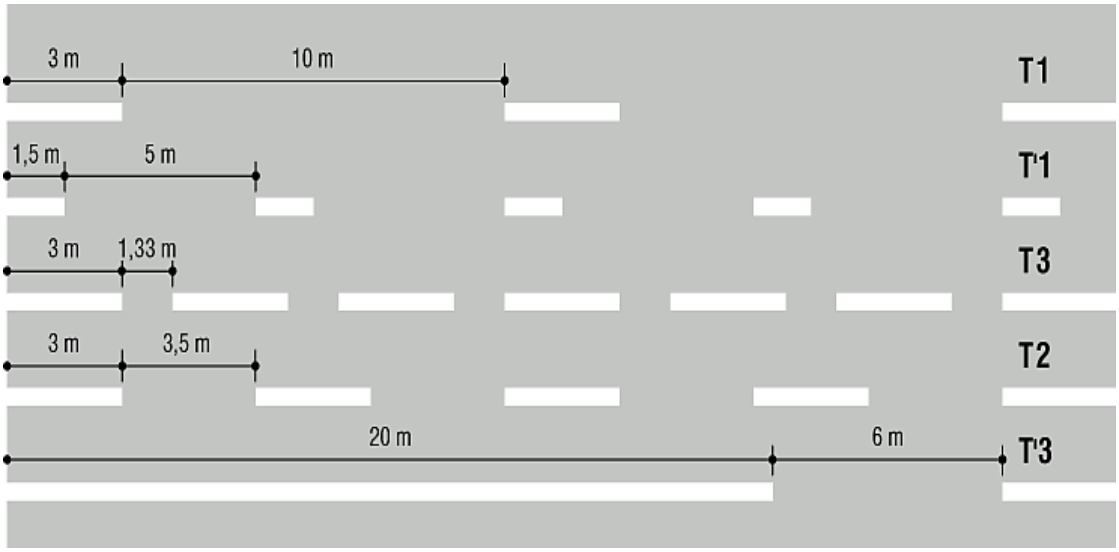


Figure XII-1: Caractéristiques de tous les types de lignes discontinues selon les normes européennes

- **Les lignes mixtes :**

Franchie par le conducteur situé du côté de la ligne discontinue de Type T1

Elle est constituée d'une ligne continue et d'une ligne discontinue en pointillés. Si la ligne discontinue se trouve de votre côté, le dépassement est autorisé. Si la ligne continue se trouve de votre côté, le dépassement est interdit.

XII.5.2.2 Les lignes transversal :

Il y'a deux types de ligne

- **Transversale continue :** Tracée à limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.
- **Transversale discontinue :** Tracées à limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

XII.5.2.3 Autres signalisations

- **Les flèches de rabattement**

Indiquent la voie dans laquelle il faut se rabattre.

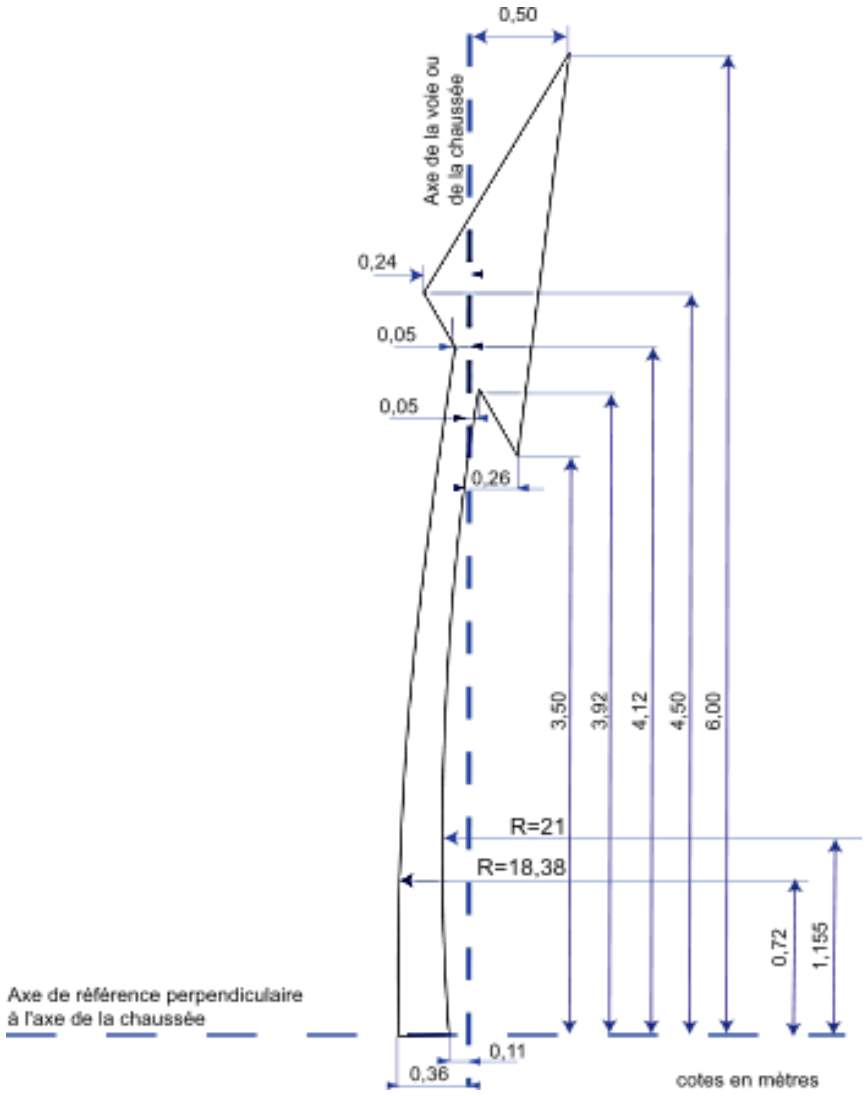


Figure XII-2: Flèche de rabattement

- **Les flèches de sélection**

Situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doive suivre la direction indiquée.

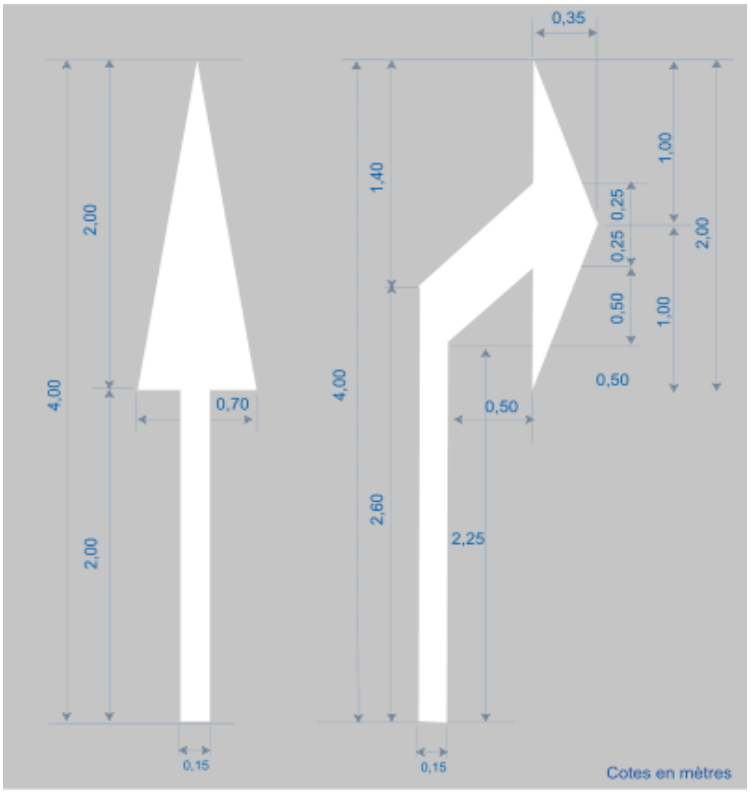


Figure XII-3: Flèches de sélection

XII.5.2.4 Largeur des lignes

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité " u " différente selon le type de route. On adopte les valeurs suivantes pour " u ".

− **u** = 7,5 cm sur les autoroutes, les routes à chaussées séparées, les routes à 4 voies de rase campagne ;

− **u** = 6 cm sur les routes importantes, notamment sur les routes à grande circulation ;

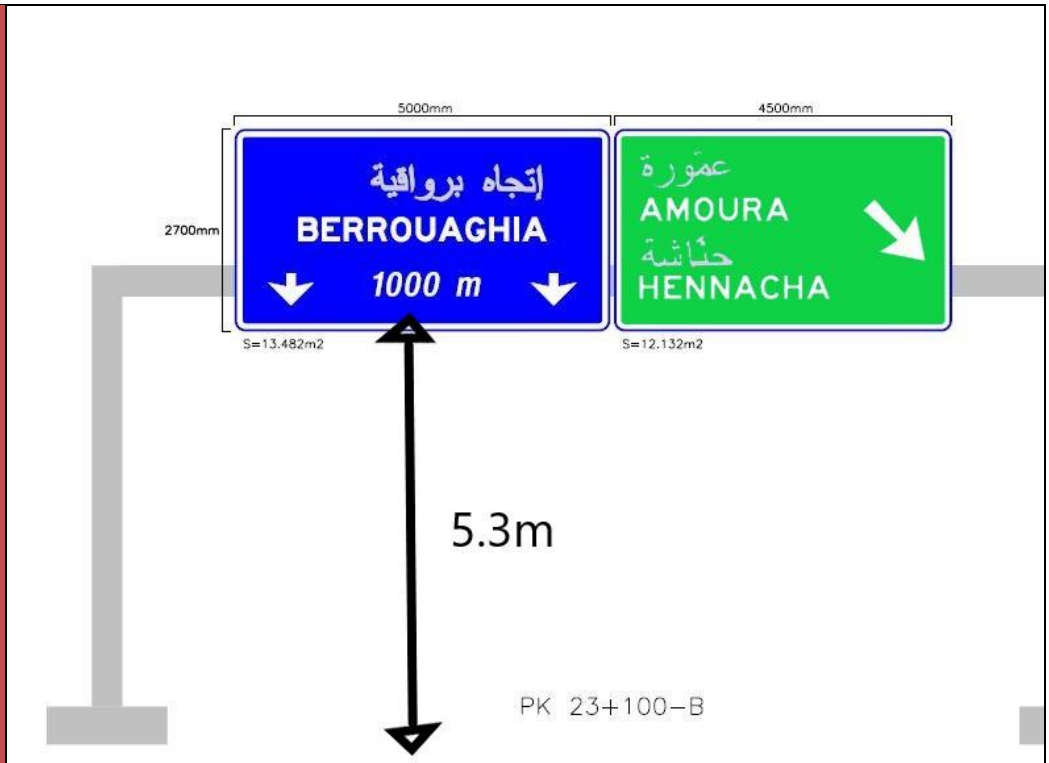
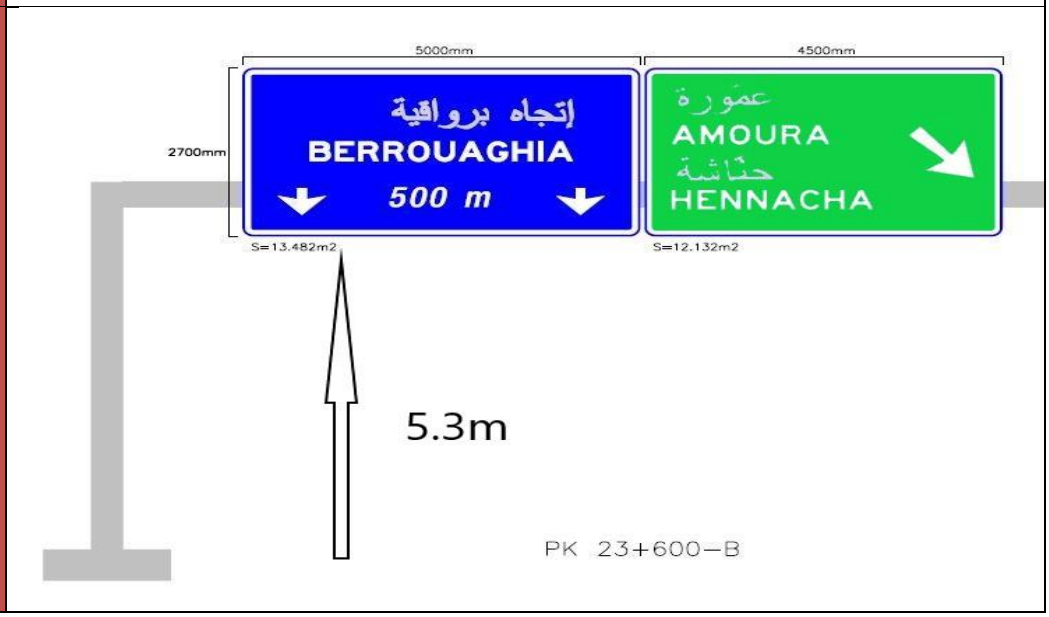
− **u** = 5 cm sur toutes les autres routes ;

− **u** = 3 cm pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.

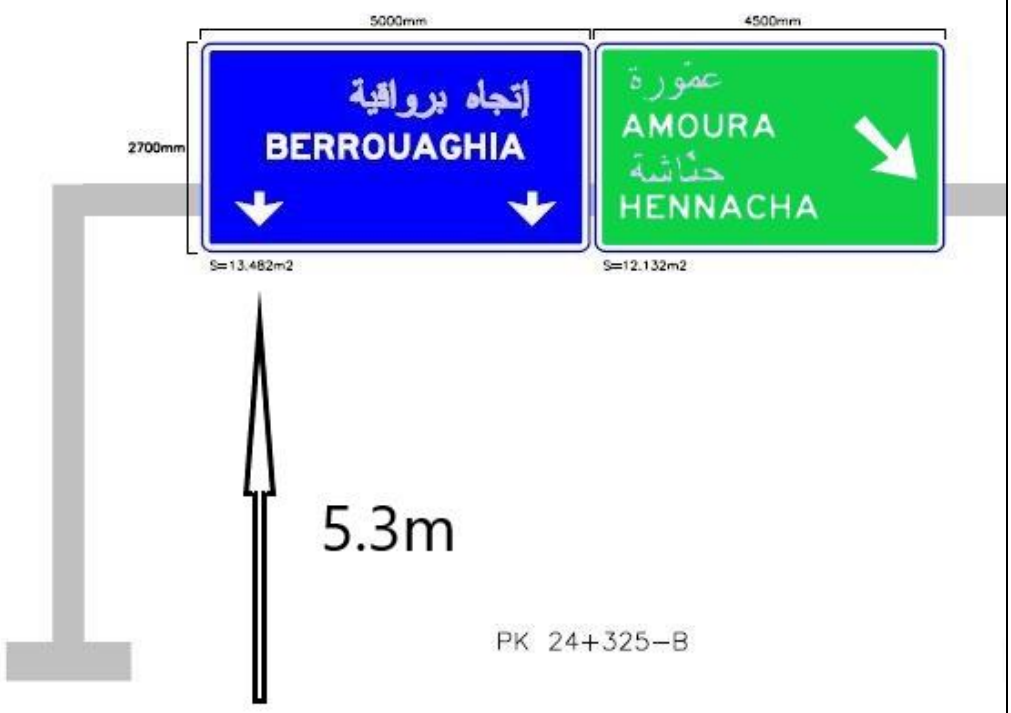
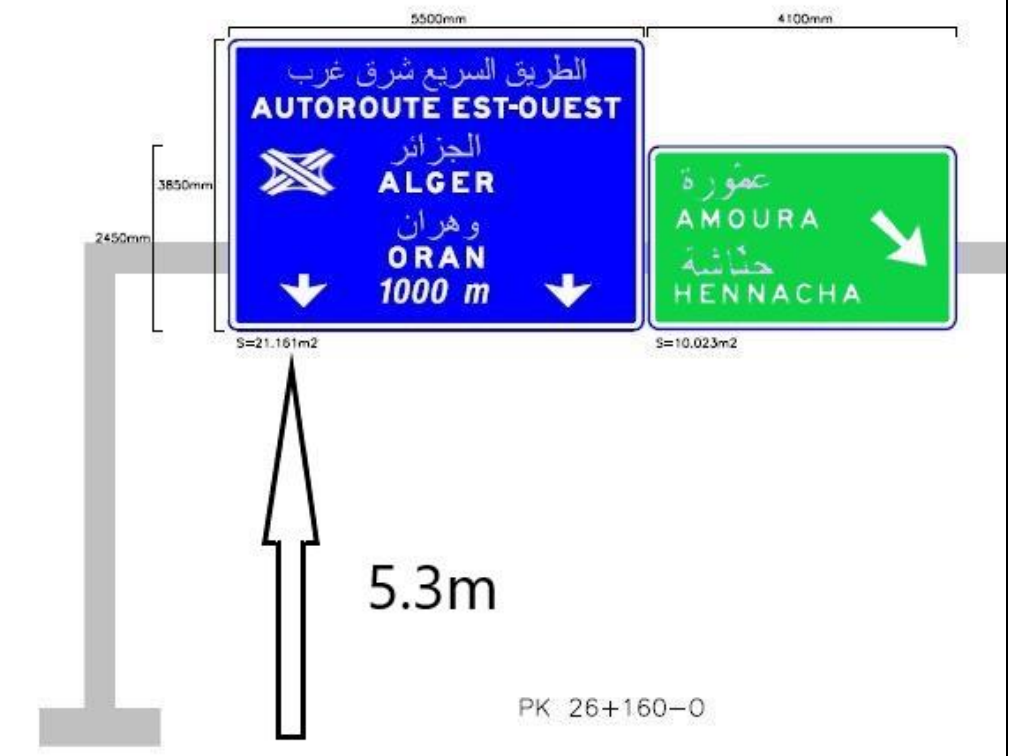
La valeur de " u " doit être homogène sur tout un itinéraire. En particulier, elle ne doit pas varier au passage d'un département à l'autre.

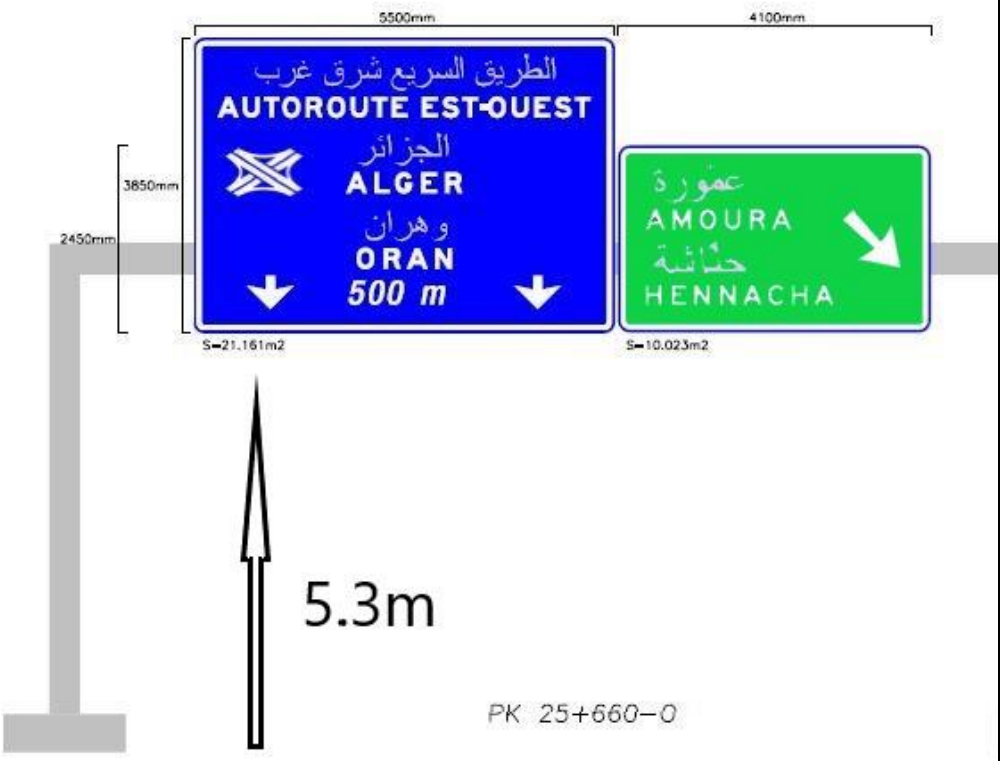
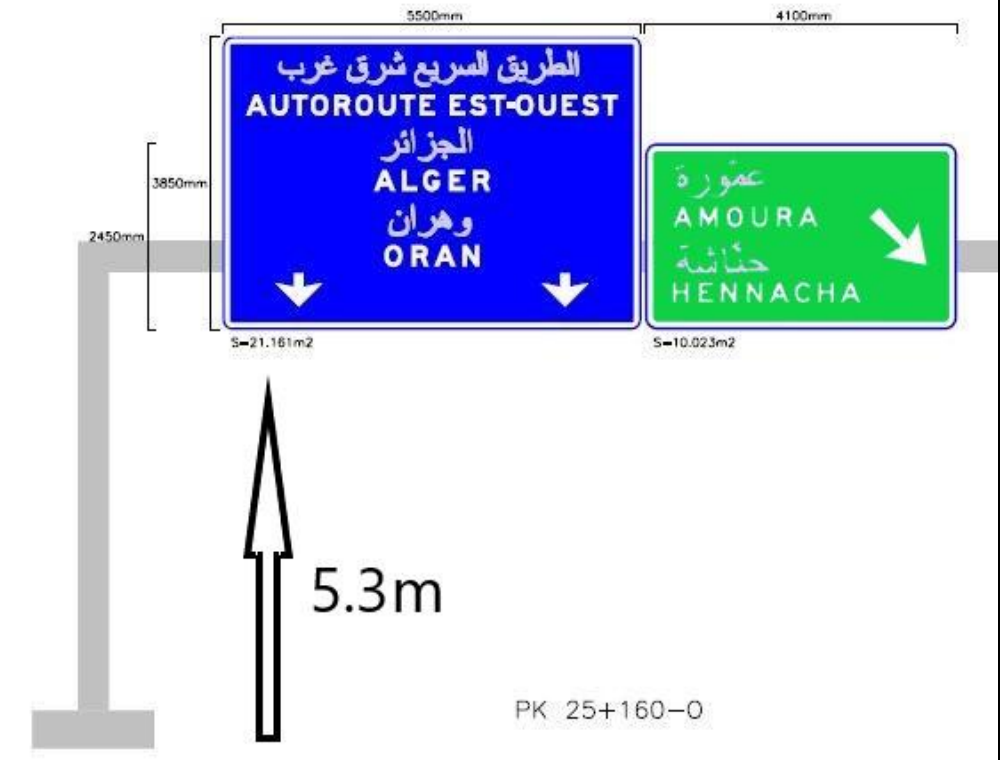
Dans notre cas la largeur des lignes est définie **de U=7.5cm**

XII.5.3 Signalisation de l'échangeur

PR2-Signalisation D40	
Pré-signalisation D74	

Sortie de Wilaya	
Entrée de Wilaya	

Signalisation avancée D30	
	AUTRE SENS
Pré-signalisation D40	

Pré-Signalisation de Trompette D74	
Signalisation Avancée D30	

Sortie de Wilaya	
Entrée de Wilaya	

D40 : Pour marquer le début de la manœuvre de sortie et notamment inciter les usagers à gagner la voie de droite

D70 : Pour marquer la fin de la manœuvre de

Sortie sur la chaussée émettrice

XII.6 Eclairage :

Dans un trafic en augmentation constante, L'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leurs buts sont de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible

XII.6.1 Catégories d'éclairages :

- Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- Eclairage des voies de cercle, catégorie C.
- Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage…) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

XII.6.2 Paramètres d'implantation des luminaires :

- L'espacement (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie.
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (l) de la chaussée.
- Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée

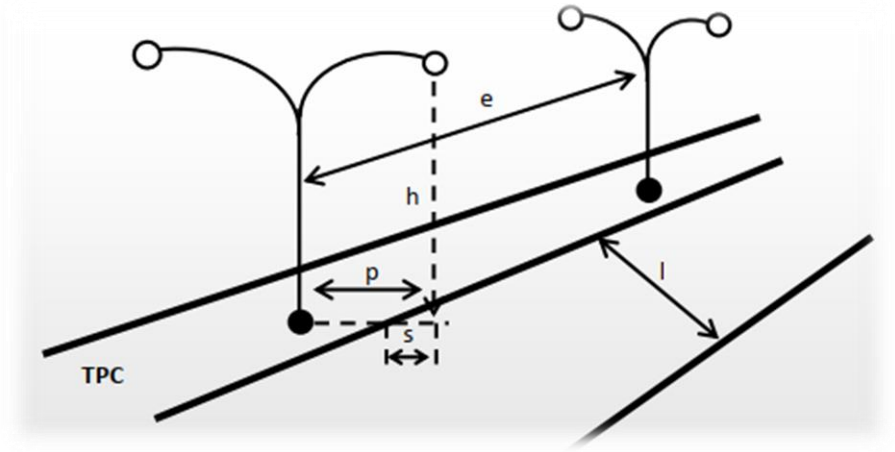


Figure XII-4: Paramètres de l'imploration des luminaires

XII.6.3 Application au projet :

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairement se raccordent sans discontinuité. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré pour les deux sens de notre route.

CHAPITRE XIII : ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XIII.1 INTRODUCTION

Le terme "environnement" est à prendre ici au sens large. Ce domaine rassemblera toutes les thématiques qui décrivent les lieux de vie des espèces animales et végétales.

Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore), mais aussi sur l'environnement de l'être humain. Le code de l'environnement a été récemment introduit l'obligation d'y ajouter l'évaluation de l'impact du projet sur la santé de l'homme.

Il sera alors nécessaire pour chaque thème étudié, de définir le périmètre pertinent. Les effets spatiaux sont différents en fonction du paramètre affecté. Et des effets indirects en raison des relations fonctionnelles entre les divers compartiments du milieu.

XIII.2 CADRE JURIDIQUE

L'étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie, se fait conformément au décret n°07-145 du 19 Mai 2007, stipulant qu'une telle étude doit comprendre :

- Délimitation de la zone d'étude
- Une analyse détaillée du projet
- Une analyse de l'état initial du site de de son environnement
- Une analyse des conséquences prévisible, directes et indirectes, à court, moyenne et long terme du projet sur l'environnement.

XIII.3 OBJECTIF D'ETUDE

Conformément aux termes de référence et à la réglementation nationale en vigueur les objectifs visés par l'étude d'impact sur l'environnement sont :

- D'inventorier et d'identifier les impacts négatifs du projet sur l'environnement
- De définir et d'évaluer les mesures réductrices et compensatoires des impacts du projet.

Dans ce cadre, le présent rapport comprend les parties suivantes :

- Description des objectifs du projet
- Présentation du projet routier
- Délimitation du périmètre de l'étude
- Analyse de l'état initial du site et de son environnement physique et naturel, socioéconomique et humain
- Identification et évaluation des effets positifs et négatifs du projet su l'environnement aussi bien pendant la phase du chantier que pendant la phase d'exploitation
- Définition des mesures de prévention, de réduction ou de compensation qi s'imposent ainsi qu'une évaluation des dépenses correspondante

XIII.4 IMPACTS DU PROJET

Dans ce chapitre on va étudier les principaux impacts négatifs du projet routier sur chacun des différents facteurs environnementaux, ces facteurs peuvent être englobés dans trois catégories : milieu physique, biologique et humain, de façon plus détaillée, on étudie les impacts en phase travaux et ceux intervenant en phase exploitation.

XIII.4.1 Impacts pendant la phase des travaux

- **Milieu physique**

Pendant la phase de construction, les impacts négatifs sur le milieu naturel sont en premier lieu les impacts classiques d'un chantier de construction de la route ou d'autoroute dont :

- Le passage en remblai dans les zones de terrains aquifères compressibles (aquifères alluviaux) peut également entraîner un compactage des terrains conduisant à une modification de l'écoulement des nappes.
- Les émissions de poussières et les pollutions atmosphériques affecteront la qualité de l'air.
- Les nuisances acoustiques liées à la circulation des engins de chantier et à l'utilisation des explosifs sur certains passages rocheux.
- Les risques de contamination des sols et des ressources hydriques liés aux accidents probables avec des produits dangereux utilisés.
- Le risque de perte du couvert végétal et de dégradation de sols suite à l'exploitation des carrières et à l'installation des chantiers.
- Les risques de pollution de ces milieux due aux rejets d'eaux usées et de déchets solides du chantier (logements et bureaux).

- **Nous avons proposé les solutions suivantes :**

- Le tronçon ne traverse des nappes souterraines qu'aux alentours des oueds (aquifères alluviaux) où le passage est fait en viaduc construit avec des fondations profondes sur pieux, pour éviter la modification de l'écoulement des nappes.
- Couverture ou protection contre le vent des stockages temporaires de matériaux pulvérulents.
- Végétaliser rapidement les surfaces terrassées : la végétation proche à la route agit comme un filtre aidant à réduire la dispersion des polluants ainsi que le bruit qui arrive à la localité la plus proche.
- Vitesse de circulation des engins limitée à 30 km/h dans les zones sensibles à la poussière.
- Il faut éviter de régaler la terre végétale sur une épaisseur trop importante, en particulier sur les talus de déblais, car cela peut entraîner des problèmes de stabilité.

- Pour réduire les impacts sur les cours d'eau, ils vont mieux travailler en saison d'étiage, lorsque les oueds présentent un niveau réduit d'eau et leur capacité de transporter des matériaux en suspension est minimale.

- **Milieu Naturel (Faune et Flore)**
  - Un risque de disparition d'espèces végétales localement peu abondantes et qui participent à la diversité biologique des territoires traversés.
  - Un fléchissement local de populations végétales dues aux travaux de défrichement et décapage.
  - Destruction ou perturbation de sites favorables aux différentes espèces.
  - Risque d'incendie.
  - L'acquisition de terres situées dans la zone d'emprise
    - **Les solutions :**
  - Les produits inflammables utilisés dans le travail seront stockés dans des locaux prévus.
  - L'incinération, en dehors des habitations et des endroits spécialement aménagés a cet effet, de tout végétal, bois mort, chaume et autres objets susceptibles d'être source d'incendie est interdite à l'intérieur et à proximité du patrimoine forestier
  - La végétalisation des talus pour stabiliser la surface des sols et éviter les effets de ravinement.
  - Mise en place de clôtures ou marquage provisoire dans les zones sensibles (zones forestières) afin d'éviter tout déboisement superflu et destruction intempestive.
  - Limitation nécessaire des surfaces d'emprises pour préserver la végétation naturelle des abords.
  - Apport des terres végétales pour favoriser la repousse des jeunes plants et graines
- **Milieu Humain**
  - Les surfaces d'emprise de terrains seront à exproprier et auront pour effet direct de réduire la production agricole dans sa diversité
  - Les bruits, les vibrations et les émissions constituent des impacts qui pourraient avoir une influence sur la santé des riverains et des ouvriers.
  - La circulation des camions et engins de chantier pourra également causer des accidents.
  - L'attractivité de la région augmente pour les gens à la recherche d'emplois, ce qui pourrait perturber les structures socioculturelles existantes.
  - Manque à gagner pour les agriculteurs dont les terrains sont concernés par les travaux
  - Impact visuel des chantiers et des bases de vie.
    - **Les solutions :**
  - Les propriétaires, dont le bâti et/ou les biens fonciers se trouveraient inclus dans les emprises définitives, seront indemnisés dans les conditions prévues par le code l'expropriation
  - Localisation du chantier loin des habitations (au moins 200m), dans la mesure du possible.
  - Pour limiter la circulation des Poids Lourds sur les voies adjacentes, il pourra être envisagé la possibilité de circuler sur les emprises du projet.
  - Les voiries locales empruntées par les engins à l'occasion des travaux seront nettoyées et entretenues pendant la durée du chantier et remises en état.

- Le chantier sera matérialisé par une signalisation claire et adaptée, clos et interdit à la population, des dispositifs de sécurité seront également mis en place.
- Il conviendra d'éviter les jours de fortes pluies (notamment en période automnale durant laquelle les pluies sont particulièrement abondantes). En effet, de telles pluies pourraient être préjudiciables à la tenue du terrain.

XIII.4.2 Impact pendant la phase d'exploitation

- **Milieu physique**
  - Erosion, envasement des barrages, décapage des sols le long de l'emprise du tracé
  - Risques de pollution chronique (eaux de ruissellement de la chaussée), de pollution saisonnière (herbicides pour entretien de l'autoroute) ou de pollution accidentelle
  - Rééquilibrage et artificialisation des cours d'eau, modification des bassins versants
  - Augmentation des risques d'inondation
  - **Les solutions suivantes sont obligatoires :**
  - Mise en place de bassins de décantation aux endroits de convergence du tracé avec les rivières plus importantes, les bassins seront équipés de dispositifs d'obturation permettant le piégeage d'une pollution accidentelle par déversement sur la chaussée

Bassin de décantation	Oued	PK/Marge	Longueur(m)	Débit total(m^3/s)	Débit de traitement(m^3/s)
BD	Ech Chlef	24+750 Côté Gauche	2040	1.263	0.25

  - Les ouvrages hydrauliques (buse et dalots) ont été dimensionnés pour permettre l'écoulement des eaux sans entraîner de perturbation pour le milieu humain, physique et naturel, tout en assurant la pérennité de l'ouvrage et la sécurité des circulations, pour un débit de 50ans
- **Milieu Naturel**
  - Nuisances liées à la circulation des véhicules, introduction d'une barrière
  - Dégradation de la qualité des habitats de différentes espèces, disparition de certaines zones écologiques sensibles (zones humides en vallées). Diminution de la diversité écologique aux points de franchissement des oueds.
  - A la fragmentation des habitats et à la coupure d'axes de déplacement, notamment pour les mammifères et les amphibiens, entraînant d'une part un cloisonnement et/ou une fragmentation des populations pouvant conduire à leur extinction
  - Espèces particulièrement sensibles à la mortalité par collision
    - Les petits carnivores (renards, loutres, fouines, belettes, putois) qui prospectent de vastes territoires.

- Les espèces se croyant protégées par piquants (Hérissons), par la toxicité de leur organisme (Crapauds, Salamandres)

Mesures à faire pour les impacts négatifs sur le milieu naturel

- Pour limiter l'effet de barrière aggravé par les clôtures, l'aménagement de passages pour **La faune** est nécessaire
- Les vertébrés de petite ou moyenne taille (genette, renard rouge…). Ces espèces sont peu exigeantes au regard des caractéristiques des ouvrages leur permettant de franchir les infrastructures
- La grand faune (chacal dorée), a un niveau d'exigence élevé sur les caractéristiques des ouvrages de franchissement de l'infrastructure (les grands viaducs, ponts …)
- Signaler sur l'autoroute, la proximité des sites biologiques, culturels et historiques remarquables, constituer des itinéraires touristiques

- **Milieu humaine**

  - En phase d'exploitation, le principal impact sur le milieu humain sera l'impact sonore (bruit due au trafic). La circulation routière entraîne des nuisances acoustiques dont les sources principales sont le fonctionnement des moteurs de véhicules, les frottements des pneumatiques sur la chaussée et la pénétration du véhicule dans l'air
  - Risque d'accidents et de contamination des forages, puits on adductions d'eaux potables situées à proximité de l'autoroute

- **Les solutions :**

  - Il existe deux grands types de protection : le merlon et l'écran acoustique
    - **Solution Merlon :** est privilégiée en raison de ses avantages pour l'insertion paysagère et son pouvoir absorbant. Elle est le plus souvent la solution la moins coûteuse, mais elle est consommatrice d'emprise. La hauteur de ces protections varie entre 2 à 6m.
    - **Solution écran :** la hauteur de ces protections peut varier de 1,5 à 6m.
    - Dans certains cas, la combinaison de ces deux types de protections peut être réalisée (écran acoustique sur merlon).

XIII.5 Conclusion

La 4ème rocade d'Alger, en prolongeant le tronçon du PK 15+000 au PK 25+000, s'intègre dans le réseau routier national et constitue ainsi un axe structurant pour le développement économique et social. Il existe néanmoins des impacts négatifs significatifs, décrits plus haut, mais pour lesquels des mesures d'atténuation ou de compensation existent.

Sur la base d'une comparaison des impacts positifs et des impacts négatifs du projet, et en considérant les mesures environnementales et sociales d'accompagnement du projet (qui permettront de réduire et compenser globalement les impacts négatifs) et que le Maître d'ouvrage ANA doit veiller à leur application, il ressort que le projet 4ème rocade d'Alger est acceptable sur le plan environnemental et social.

CHAPITRE XIV : DEVIS QUANTITATIF

N°	Désignation des Travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire(Da)	Prix Total DA
1	Installation du chantier	Forfait	/		3000000
	TOTALE (1)				**3000000**
2	Acquisition de terrain	m²	265254	400	106101600
	TOTALE (2)				**106101600**
3	préparation de terrain				
	Déplacement des poteaux électriques	U	0	150000	0
	Débroussaillage et évacuation des blocs rocheux	m²	0	80	0
	abattage et dessouchage d'arbre	U	63	1300	81900
	TOTALE (3)				**81900**
4	Terrassement				
	Décapage de terre végétale (20cm)	m3	61.399	100	6139900
	Déblais mise en remblai	m3	553,265	300	165979500
	Déblai mise en dépôt	m3	1,522,289	150	228343350
	Remblai en provenance de gités	m^3	206,180.03	600	123708018
	TOTALE (4)				**524170768**
5	Chaussée				
	Couche de forme (40cm TUF) y compris arrosage et compactage par couches de 20cm	m^3	133,826.20	800	107060960
	Couche de fondation (GB 2.2 t/m3) y compris la couche d'accrouchage	T	69,570	7000	486990000
	Couche de base (GB 2.2 t/m3) y compris la couche d'accrouchage	T	63,772	7000	446404000
	Couche de roulement (BB 2.4t/m3) y compris la couche d'accrouchage	T	43,491	7000	304435824
	Couche d'imprégnation sablée en Cut-back(0/1)	m2	232,713	120	27925560
	Matériaux sélectionnés pour la berme	m3	15,000	700	10500000
	TOTALE (5)				**1383316344**
6	Ouvrage d'art				
	Ouvrage d'art	m^2	14,500	200000	2900000000
	TOTALE (6)				**5075000000**
7	Assainissement				
	Fossés trapézoidaux en béton	ml	19400	3000	58200000
	Buse Φ 1000	ml	101	25000	2525000
	Buse Φ 1200	ml	35	30000	1050000
	tete de buse	U	14	30000	420000
	Buse Φ 1500	ml	70	35000	2450000
	descente d'eau sur talus	ml	129	5000	645000
	Dalots en béton armé dosé 350 kg/m3	m3	80	30000	2400000

TOTALE (7)					**67690000**
8	Impact sur l'environnement	Forfait		3%(4+5+7)	59990313.36
TOTALE (8)					**59990313.36**
9	Signalisation et équipement routiers	Forfait		5% (2+5)	74470897.2
TOTALE (9)					**74470897.2**
10	**Séparateur en béton armé**	ml	38650	7000	270550000
TOTALE (10)					**270550000**
11	**Contrôle (bureau d'étude et laboratoire)**	Forfait		2% (3+4+5)	38642580.24
	total(11)				
12	Echangeur				
	Echangeur Trompette		1		**500.000.000**
TOTALE					**7.564.372.000**
TVA (19%)					**1.437.231.000**
TOTALE GÉNÉRAL (TTC)					**9.001.603.000**

Le montant total est estimé à :

Neuf Milliards un million six cent trois mille

Dinars Algérien

Le projet de fin d'études a été une opportunité, pour mettre en pratique nos reconnaissances théoriques et techniques acquises durant notre formation.

Il est important aussi de signaler l'importance du stage qui reste un premier pas vers le monde du travail et qui permet à l'élève ingénieur de mieux cerner les enjeux du monde professionnel.

Alors en général dans ce projet nous avons essayé de résoudre les problèmes techniques de terrains et de conception lesquelles on va citer :

Le choix d'un tracé en plan afin d'éviter les terrains agricoles, un choix rationnel de la ligne rouge pour équilibrer les volumes des cubatures, une structure de chaussée économique et efficace pour résoudre le problème de faible portance du terrain et la vérification de la stabilité des talus dans le cas de déblai et de remblai.

Pour l'assainissement, un réseau efficace afin de garantir la pérennité de la route.

L'estimation des couts du projet a été faite après l'étude APD de l'échangeur, où le cout total est de ***Neuf Milliards un million six cent trois mille Dinars Algérien (*****9.001.603.000)**

Ce modeste travail, nous a permis d'avoir une meilleure maitrise des logiciels utilisés qui nous ont été indispensables pour la concrétisation de ce projet dans les délais impartis et avec une qualité de rendue appréciable, on l'occurrence les logiciels CIVIL 3D, AutoCAD, SLIDE et Alizé.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Références de la recherche bibliographique :

- Association mondiale de la route (AIPCR). Recyclage des chaussées souples existantes. 2001. www.aipcr.org.
- Association mondiale de la route (AIPCR). Recyclage des chaussées. 2003. www.aipcr.org.
- Bitume info. Groupement Professionnel des Bitumes. Bitume et développement durable. numéro spécial 2. France, Octobre 2009. www.bitume.info
- Bureau de normalisation du Québec. NQ 2560-600. Granulats-Matériaux recyclés fabriqués à partir des résidus de béton, d'enrobés bitumineux et de briques. Classification et caractéristiques. Québec, 2002. www.bnq.qc.ca.
- Européen Asphalte Pavement Association (EAPA). Arguments to Stimulate the Government to Promote Asphalt Reuse and Recycling. Belgique, mai 2008. www.eapa.org.
- National Asphalte Pavement Association.

Référence du mémoire fin d'étude :

- Ancien projet de fin d'étude : W2756-20_Mig, W2181-15, W2274-16, W2487-17 et W2170-15.
- B40 (Normes technique d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).
- Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 1,2 et 3 (CTTP 2001).
- Assainissement Routier-Setra
- Les cours de l'école pendant 3ans (hydraulique, Route, Esquisse, GTR, MDS…).
- ICTAAL 2015 Guide Echangeur, SETRA.
- Guide des terrassements routiers GTR.
- Pour les illustrations et les images (Google).
- Pour les calculs d'interpolation on a utilisé le Site internet suivant :
- https://www.johndcook.com/interpolator.html

Logiciels utilisés :

- AUTO CADE 2018
- CIVIL 3D 2018
- Alise
- Slide 6.0
- Microsoft office 2016

ANNEXES

ANNEXE 1

ETUDE GEOMETRIQUE

Les éléments de profil en travers :

- **La chaussée :**

Au sens géométrique du terme c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. Elle doit être revêtue ou non revêtue ou en béton et elle peut être bidirectionnel ou unidirectionnel.

- **La largeur roulable :**

Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.

- **La plate-forme :**

C'est la surface qui comprend le terre-plein central, les chaussées et les accotements Jusqu'aux fosses. Sa largeur peut atteindre 35 m.

- **L'assiette :**

C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

- **L'emprise :**

C'est la surface de terrain appartenant à la collectivité et affectée a la route et à ses dépendances, elle coïncide généralement avec le domaine public.

- **Le terre-plein central :**

Espace, généralement en gazonnée et plante, qui sépare les deux chaussées d'une

AutoRoute. Il est équipe de glissières métalliques ou d'un muret en béton pour Empêcher les véhicules de le franchir.

- **Les accotements :**

Les accotements sont les zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement les chaussées jusqu'aux fosses. Ils comportent une bande de Guidage peinte en blanc, une partie stabilisée servant de bande d'arrêt d'urgence Et Une partie extérieure en gazonnée.

- **La Berme :**

Partie latérale non rouable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande dérasée, et généralement engazonnée.

- **La bande d'arrêt d'urgence -B.A.U- :**

Partie de l'accotement, contiguë a la chaussée, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée, elle inclut la sur largeur structurelle de la chaussée.

- **Le fossé :**

Ouvrage hydraulique destine à recevoir les eaux de ruissellement recueillies de la route et des talus (éventuellement les eaux du talus).

ANNEXE 2

ETUDE HYDROLIQUE ET ASSAINISSEMENT :

Dimension des ouvrages hydrauliques

N°BV	PK	A(km^2)	C	Tc(h)	I(mm/h) 50ans	Pente (%)	Qa(m^3/s) 50ans	Type d'ouvrage	Dimension Trouvé	Dimension De l'ouvrage
1	14+807	0.557	0.75	0.508	51.73	3.48	6.01	Dalot	1.28x1.5(m)	1.5x1.5
2	17+865	0.444	0.5	0.350	63.95	5.92	3.95	Buse	1234(mm)	Φ1500
3	18+610	0.092	0.5	0.170	96.87	5.41	1.24	Buse	798(mm)	Φ1000
4	19+220	0.385	0.5	0.400	59.07	3.87	3.16	Buse	1134(mm)	Φ1200
5	20+175	0.151	0.5	0.230	81.60	4.81	1.71	Buse	902(mm)	Φ1000
6	20+370	0.61	0.5	0.590	47.43	2.80	4.02	Buse	1242(mm)	Φ1500
7	21+020	0.059	0.5	0.070	154.11	18.19	1.26	Buse	804(mm)	Φ1000
8	22+485	0.49	0.75	0.130	110.71	46.39	11.31	Dalot	1.56x2(m)	2x2
9	22+823	0.858	0.5	0.420	57.29	7.72	6.83	Dalot	1.4x1.5(m)	1.5x1.5
10	23+448	0.957	0.5	0.520	51.12	5.74	6.80	Dalot	1.39x1.5(m)	1.5x1.5
11	26+677	0.059	0.75	0.050	195.01	18.42	2.40	buse	1024(mm)	Φ1200

Vérification Pour les ouvrages Hydraulique Type Dalot

N°BV	Qa (m^3/s)	Dimension Trouvé (m) BxH	Dimension Choisit(m) BxH	V (m/s)	Vérification V<4m/s	Hauteur Critique (m)	Vérification Hc<H	Nbr De Fraude	Vérification $N_{br}F<1$ (régime fluvial)
1	6.01	1.28x1.5	1.5x1.5	3.13	Vérifier	1.30	Vérifier	0.80	Vérifier
8	11.31	1.56x2	2x2	3.625		1.73		0.81	
9	6.83	1.4x1.5	1.5x1.5	3.25		1.33		0.84	
10	6.80	1.39x1.5	1.5x1.5	3.25		1.34		0.84	

Vérification des conditions auto curage pour les ouvrages hydrauliques circulaires (Buse)

N°BV	Qa (m^3/s)	Diamètre Trouvé(mm)	Diamètre Choisit(mm)	Qps (m^3/s)	Vps (m/s)	V=Vps×0.64 (m/s)	Vérification V>0.6m/s	V=Vps×0.32 (m/s)	Vérification V>0.3m/s
2	3.95	1234	1500	7.34	4.15	2.66	Vérifier	1.33	Vérifier
3	1.24	798	1000	2.49	3.17	2.03		1.01	
4	3.16	1134	1200	4.05	3.58	2.30		1.15	
5	1.71	902	1000	2.49	3.17	2.03		1.01	
6	4.02	1242	1500	7.34	4.15	2.66		1.33	
7	1.26	804	1000	2.49	3.17	2.03		1.01	
11	2.40	1024	1200	4.05	3.58	2.30		1.15	

Remarque : pour les BV n°9 et n°8 on a deux ouvrages d'art donc ce n'est pas la peine de mettre les dalots

ANNEXE 2

Valeurs du coefficient C1 :

Pente (%)	Coefficient C1
P <3.5%	0.01-0.03-0.05
3.5%<P<11%	0.06-0.08-0.10
11%<P<35%	0.12-0.16-0.20
P>35%	0.22-0.26-0.30

Valeurs du coefficient C2 :

Nature de sol	Coefficient C2
Imperméable	0,22-0,26-0,30
Peu imperméable	0,10-0,15-0,30
Perméable	0,06-0,08-0,10
Très perméable	0,03-0,04-0,05

Valeurs du coefficient C3 :

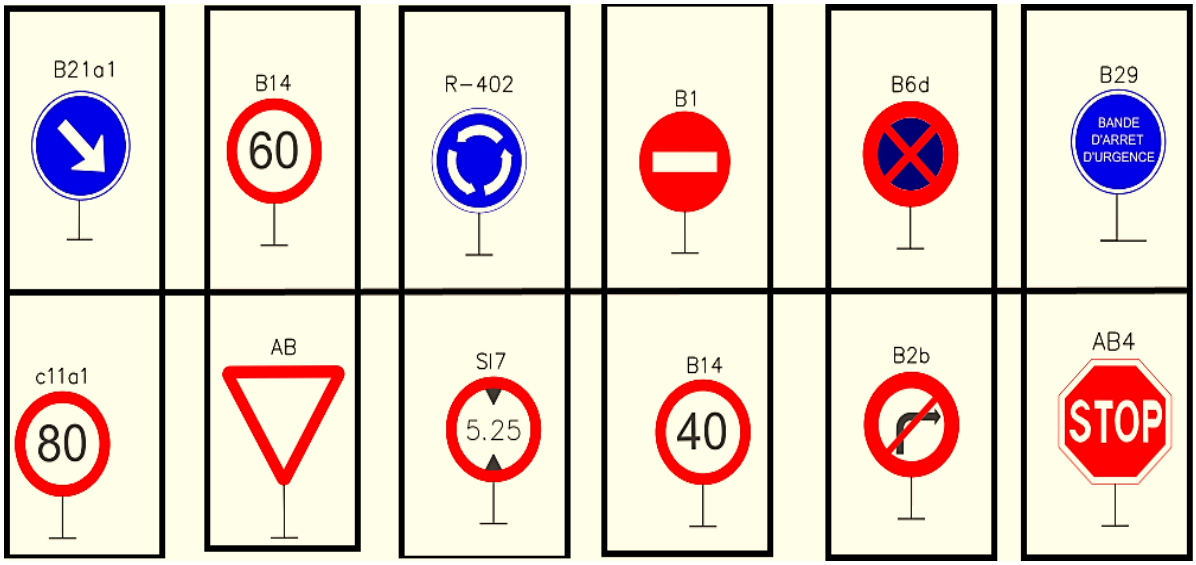
Taux de couverture de surface	Coefficient C3
Sol rocheux	0,22-0,26-0,30
Prairie	0,07-0,21-0,25
Labours –Champs	0,07-0,11-0,15
Forêts et territoire sableux	0,03-0,04-0,05

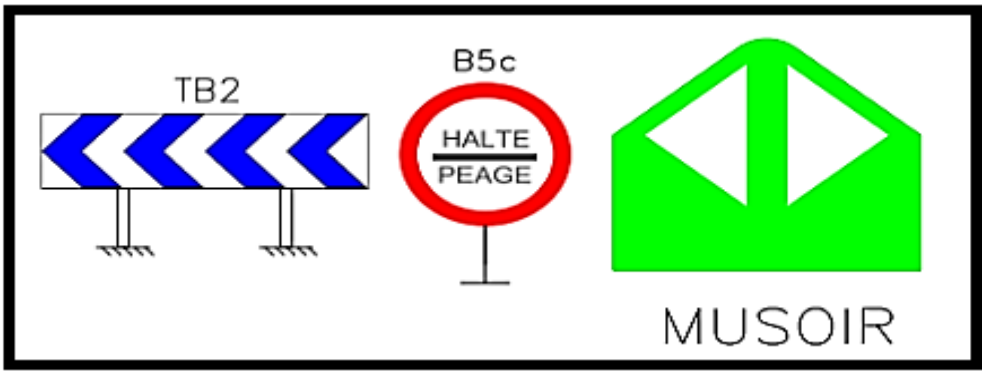
Canalisations circulaires partiellement remplies

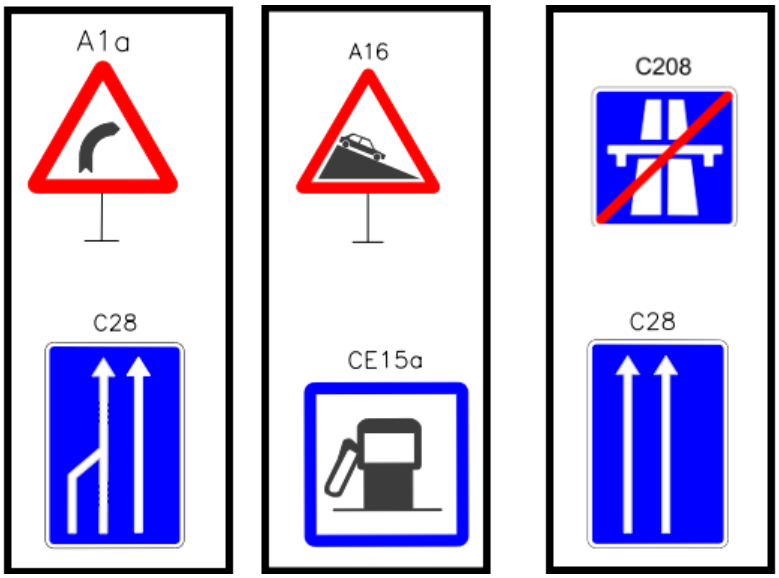
Q/Qps	V/Vps	h/D	Q/Qps	V/Vps	h/D
0,001	0,14	0,02	0,534	1,02	0,52
0,003	0,22	0,04	0,568	1,03	0,54
0,007	0,29	0,06	0,603	1,05	0,56
0,013	0,35	0,08	0,637	1,06	0,58
0,021	0,40	0,10	0,672	1,07	0,60
0,031	0,45	0,12	0,706	1,08	0,62
0,042	0,50	0,14	0,740	1,09	0,64
0,056	0,54	0,16	0,773	1,10	0,66
0,071	0,58	0,18	0,806	1,11	0,68
0,088	0,62	0,20	0,837	1,12	0,70
0,106	0,65	0,22	0,868	1,13	0,72
0,126	0,68	0,24	0,898	1,13	0,74
0,148	0,72	0,26	0,926	1,14	0,76
0,171	0,75	0,28	0,953	1,14	0,78
0,196	0,78	0,30	0,977	1,14	0,80
0,222	0,80	0,32	1,000	1,14	0,82
0,249	0,83	0,34	1,021	1,14	0,84
0,277	0,86	0,36	1,039	1,14	0,86
0,307	0,88	0,38	1,054	1,13	0,88
0,337	0,90	0,40	1,066	1,12	0,90
0,368	0,92	0,42	1,073	1,12	0,92
0,400	0,94	0,44	1,076	1,10	0,94
0,433	0,96	0,46	1,071	1,09	0,96
0,466	0,98	0,48	1,057	1,06	0,98
0,500	1,00	0,50	1,000	1,00	1,00

ANNEXE 3

SIGNALISATION :







LISTING

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Client:	**Prepared by:**
Client	KHADRAOUI-SERAOUI
Client Company	ENSTP
Address 1	GARIDI 1

Date: 17/06/2021 01:53:17

Axe en plan: axe principale
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 10463.26

Elem	**Caractéristiques**	**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
			0000.00	449735.9012	4008508.5286
DR1	ANG=119.7214 (g)	268.203			
			0268.20	449991.3379	4008426.7664
ARC2	XC=449549.3033				
	YC=4007045.7865				
	R=1450.000	1143.933			
			1412.14	450840.6992	4007705.1777
DR3	ANG=169.9455 (g)	1253.614			
			2665.75	451410.7835	4006588.6863
ARC4	XC=452613.1176				
	YC=4007202.6022				
	R=1350.000	1572.180			
			4237.93	452701.9851	4005855.5304
DR5	ANG=95.8062 (g)	1368.359			
			5606.29	454067.3766	4005945.6065
CLO6	A=400.000				
	R=800.000	200.000			
			5806.29	454267.1792	4005950.4455
ARC7	XC=454219.9071				
	YC=4005151.8434				
	R=800.000	514.440			
			6320.73	454736.6105	4005762.5951
CLO8	A=400.000				
	R=800.000	200.000			
			6520.73	454877.9174	4005621.2556
DR9	ANG=152.6596 (g)	1285.758			
			7806.49	455748.3221	4004674.9097
ARC10	XC=456484.3436				

	YC=4005351.8679				
	R=1000.000	772.864			
			8579.35	456430.0600	4004353.3423
DR11	ANG=103.4575 (g)	1883.909			
			10463.26	458311.1909	4004251.0770

Profil : Abscisse Sommets et Raccordements

Client:	**Prepared by:**
Client	KHADRAOUI-SERAOUI
Client Company	ENSTP
Address 1	GARIDI 1

Date: 17/06/2021 01:51:29

Profil en long : ligne rouge
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 10463.26
LONGUEUR DE L'AXE : 10463.260m

Elément	**Caractéristiques des éléments**	**Longueur**	**Abscisse**	**Z**
			0000.00	380.324
D1	PENTE= 2.04%	409.130		
			0409.13	388.650
PAR1	S= 0549.23 Z=391.501			
	R= 10000.000	280.206		
			0689.34	398.278
D2	PENTE= 4.84%	361.846		
			1051.18	415.781
PAR2	S= 1600.90 Z=442.372			
	R= 20000.000	1099.427		
			2150.61	438.744
D3	PENTE= -0.66%	631.656		
			2782.26	434.575
PAR3	S= 2947.41 Z=433.485			
	R= 6000.000	330.291		
			3112.56	441.486
D4	PENTE= 4.84%	144.348		
			3256.90	448.480
PAR4	S= 3547.11 Z=462.540			
	R= 25000.000	580.419		
			3837.32	469.862
D5	PENTE= 2.52%	734.483		
			4571.80	488.395
PAR5	S= 4676.04 Z=491.025			
	R= 40000.000	208.475		
			4780.28	493.112
D6	PENTE= 2.00%	733.017		

			5513.30	507.787
PAR6	S= 5950.62 Z=516.542			
	R= 12500.000	874.637		
			6387.93	494.697
D7	PENTE= -5.00%	2239.233		
			8627.17	382.846
PAR7	S= 8925.27 Z=367.955			
	R= 6000.000	596.215		
			9223.38	382.687
D8	PENTE= 4.94%	1239.880		
			10463.26	443.959

Listing de la géométrie des bretelles

Client:	**Prepared by:**
Client	KHADRAOUI-SERAOUI
Client Company	ENSTP
Address 1	GARIDI 1

Date: 20/06/2021 03:21:45

Axe en plan: boucle1
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.00, Fin: 0518.36

Elem	**Caractéristiques**	**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
			0000.00	457723.2050	4004569.7435
DR1	ANG=197.7602 (g)	352.717			
			0352.72	457735.6121	4004217.2444
CLO2	A=44.376				
	R=60.000	32.820			
			0385.54	457733.7837	4004184.5846
ARC3	XC=457675.4795				
	YC=4004198.7486				
	R=60.000	100.000			
			0485.54	457655.7994	4004142.0680
CLO4	A=44.376				
	R=60.000	32.820			
			0518.36	457627.3567	4004158.2242

Axe en plan: boucle2
Description:
Plage d'abscisse : Début: 0000.09, Fin: 0419.73

Elem	**Caractéristiques**	**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
			0000.09	457627.3311	4004162.5480
ARC1	XC=457663.9877				
	YC=4004210.0484				
	R=60.000	137.243			
			0137.34	457652.2467	4004268.8884
CLO2	A=42.037				
	R=59.300	29.800			
			0167.14	457681.9504	4004269.7620
DR3	ANG=103.4575 (g)	177.596			

			0344.73	457859.2843	4004260.1214
DR4	ANG=100.4855 (g)	75.000			
			0419.73	457934.2821	4004259.5494

Axe en plan : Bretelle1
Description :
Plage d'abscisse : Début : 0000.00, Fin : 0576.47

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	457716.9237	4004527.8774
DR1	ANG=197.7602 (g)	42.644			
			0042.64	457718.4238	4004485.2599
CLO2	A=81.719				
	R=150.000	44.520			
			0087.16	457717.7889	4004440.7879
ARC3	XC=457568.7493				
	YC=4004457.7342				
	R=150.000	204.523			
			0291.69	457582.8419	4004308.3977
CLO4	A=81.719				
	R=150.000	44.520			
			0336.21	457538.3660	4004308.6135
DR5	ANG=303.4575 (g)	165.266			
			0501.47	457373.3432	4004317.5848
DR6	ANG=300.5072 (g)	75.000			
			0576.47	457298.3456	4004318.1823

Axe en plan : bretelle2
Description :
Plage d'abscisse : Début : 0000.00, Fin : 0563.51

Elem	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0000.00	458089.6921	4004275.1795
DR1	ANG=306.3955 (g)	74.929			
			0074.93	458015.1409	4004282.6942
DR2	ANG=303.4575 (g)	115.911			
			0190.84	457899.4005	4004288.9863
CLO3	A=80.312				
	R=150.000	43.000			

			0233.84	457856.6633	4004293.3641
ARC4	XC=457886.1173				
	YC=4004440.4439				
	R=150.000	179.195			
			0413.04	457738.5010	4004413.8084
CLO5	A=80.312				
	R=150.000	43.000			
			0456.04	457734.9414	4004456.6215
DR6	ANG=397.7602 (g)	107.477			
			0563.51	457731.1608	4004564.0316

Axe en plan : bretelle3
Description :
Plage d'abscisse : Début : 0000.00, Fin : 0398.72

Elem	**Caractéristiques**	**Longueur**	**Abscisse**	**X**	**Y**
			0000.00	457288.2128	4004294.6520
DR1	ANG=106.4124 (g)	75.000			
			0075.00	457362.8326	4004287.1104
DR2	ANG=103.4575 (g)	124.041			
			0199.04	457486.6905	4004280.3770
CLO3	A=54.772				
	R=100.000	30.000			
			0229.04	457516.4977	4004277.2568
ARC4	XC=457496.2085				
	YC=4004179.3367				
	R=100.000	86.356			
			0315.40	457583.8260	4004227.5360
CLO5	A=54.772				
	R=100.000	30.000			
			0345.40	457595.5774	4004199.9659

Rapport de matériau :

Projet: C:\Users\sidoulee\Desktop\projet fin d'étude.dwg

Axe: axe principale
Groupe de tabulations : GROUPE AXE PRINCIPAL
Abscisse curviligne de départ : 0+000.000
Abscisse curviligne de fin : 10+463.261

	Type de surface	Surface	Vol.Inc.	Vol.Cum.
		m2	m3	m3
Abscisse: 0+000,000				
	Roulement	1,76	0	0
	Base	3,23	0	0
	Fondation	3,53	0	0
	Forme	14,98	0	0
Abscisse: 0+100,000				
	Roulement	1,76	176,4	176,4
	Base	3,23	323,4	323,4
	Fondation	3,53	352,8	352,8
	Forme	14,98	1480,67	1480,67
Abscisse: 0+157,203				
	Roulement	1,76	100,91	277,31
	Base	3,23	185	508,4
	Fondation	3,53	201,81	554,61
	Forme	14,98	851,4	2332,07
Abscisse: 0+200,000				
	Roulement	1,76	75,49	352,8
	Base	3,23	138,4	646,8
	Fondation	3,53	150,99	705,6
	Forme	14,98	639,33	2971,4
Abscisse: 0+212,703				
	Roulement	1,76	22,41	375,21
	Base	3,23	41,08	687,88
	Fondation	3,53	44,82	750,42
	Forme	14,98	190,21	3161,61
Abscisse: 0+268,203				
	Roulement	1,76	97,9	473,11
	Base	3,23	179,49	867,37
	Fondation	3,53	195,8	946,22
	Forme	14,98	831,49	3993,1
Abscisse: 0+300,000				
	Roulement	1,76	56,09	529,2
	Base	3,23	102,83	970,2

	Fondation	3,53	112,18	1058,4
	Forme	14,98	476,4	4469,5
Abscisse: 0+400,000				
	Roulement	1,76	176,4	705,6
	Base	3,23	323,4	1293,6
	Fondation	3,53	352,8	1411,2
	Forme	14,98	1498,25	5967,75
Abscisse: 0+500,000				
	Roulement	1,76	176,4	882
	Base	3,23	323,4	1617
	Fondation	3,53	352,8	1764
	Forme	14,98	1498,25	7466
Abscisse: 0+600,000				
	Roulement	1,76	176,4	1058,4
	Base	3,23	323,4	1940,4
	Fondation	3,53	352,8	2116,8
	Forme	14,98	1498,25	8964,25
Abscisse: 0+700,000				
	Roulement	1,76	176,4	1234,8
	Base	3,23	323,4	2263,8
	Fondation	3,53	352,8	2469,6
	Forme	14,98	1498,25	10462,5
Abscisse: 0+800,000				
	Roulement	1,76	176,4	1411,2
	Base	3,23	323,4	2587,2
	Fondation	3,53	352,8	2822,4
	Forme	14,98	1498,25	11960,75
Abscisse: 0+840,170				
	Roulement	1,76	70,86	1482,06
	Base	3,23	129,91	2717,11
	Fondation	3,53	141,72	2964,12
	Forme	14,98	601,85	12562,6
Abscisse: 0+900,000				
	Roulement	1,76	105,54	1587,6
	Base	3,23	193,49	2910,6
	Fondation	3,53	211,08	3175,2
	Forme	14,98	896,41	13459,01
Abscisse: 1+000,000				
	Roulement	1,76	176,4	1764
	Base	3,23	323,4	3234
	Fondation	3,53	352,8	3528
	Forme	14,98	1498,25	14957,26
Abscisse: 1+100,000				
	Roulement	1,76	176,4	1940,4
	Base	3,23	323,4	3557,4

	Fondation	3,53	352,8	3880,8
	Forme	14,98	1498,25	16455,51
Abscisse: 1+200,000				
	Roulement	1,76	176,4	2116,8
	Base	3,23	323,4	3880,8
	Fondation	3,53	352,8	4233,6
	Forme	14,98	1498,25	17953,76
Abscisse: 1+300,000				
	Roulement	1,76	176,4	2293,2
	Base	3,23	323,4	4204,2
	Fondation	3,53	352,8	4586,4
	Forme	14,98	1498,25	19452,01
Abscisse: 1+400,000				
	Roulement	1,76	176,4	2469,6
	Base	3,23	323,4	4527,6
	Fondation	3,53	352,8	4939,2
	Forme	14,98	1498,25	20950,26
Abscisse: 1+412,137				
	Roulement	1,76	21,41	2491,01
	Base	3,23	39,25	4566,85
	Fondation	3,53	42,82	4982,02
	Forme	14,98	181,83	21132,09
Abscisse: 1+467,637				
	Roulement	1,76	97,9	2588,91
	Base	3,23	179,49	4746,34
	Fondation	3,53	195,8	5177,82
	Forme	14,98	831,49	21963,58
Abscisse: 1+500,000				
	Roulement	1,76	57,09	2646
	Base	3,23	104,66	4851
	Fondation	3,53	114,18	5292
	Forme	14,98	484,2	22447,78
Abscisse: 1+523,137				
	Roulement	1,76	40,81	2686,81
	Base	3,23	74,82	4925,82
	Fondation	3,53	81,63	5373,63
	Forme	14,98	345,34	22793,12
Abscisse: 1+600,000				
	Roulement	1,76	135,59	2822,4
	Base	3,23	248,58	5174,4
	Fondation	3,53	271,17	5644,8
	Forme	14,98	1146,17	23939,29
Abscisse: 1+700,000				
	Roulement	1,76	176,4	2998,8
	Base	3,23	323,4	5497,8

	Fondation	3,53	352,8	5997,6
	Forme	14,98	1491,18	25430,47
Abscisse: 1+800,000				
	Roulement	1,76	176,4	3175,2
	Base	3,23	323,4	5821,2
	Fondation	3,53	352,8	6350,4
	Forme	14,98	1491,18	26921,65
Abscisse: 1+900,000				
	Roulement	1,76	176,4	3351,6
	Base	3,23	323,4	6144,6
	Fondation	3,53	352,8	6703,2
	Forme	14,98	1491,18	28412,83
Abscisse: 2+000,000				
	Roulement	1,76	176,4	3528
	Base	3,23	323,4	6468
	Fondation	3,53	352,8	7056
	Forme	14,98	1491,18	29904,01
Abscisse: 2+100,000				
	Roulement	1,76	176,4	3704,4
	Base	3,23	323,4	6791,4
	Fondation	3,53	352,8	7408,8
	Forme	14,98	1491,18	31395,19
Abscisse: 2+200,000				
	Roulement	1,76	176,4	3880,8
	Base	3,23	323,4	7114,8
	Fondation	3,53	352,8	7761,6
	Forme	14,98	1491,18	32886,37
Abscisse: 2+300,000				
	Roulement	1,76	176,4	4057,2
	Base	3,23	323,4	7438,2
	Fondation	3,53	352,8	8114,4
	Forme	14,98	1491,17	34377,54
Abscisse: 2+400,000				
	Roulement	1,76	176,4	4233,6
	Base	3,23	323,4	7761,6
	Fondation	3,53	352,8	8467,2
	Forme	14,98	1491,17	35868,71
Abscisse: 2+500,000				
	Roulement	1,76	176,4	4410
	Base	3,23	323,4	8085
	Fondation	3,53	352,8	8820
	Forme	14,98	1491,17	37359,88
Abscisse: 2+554,751				
	Roulement	1,76	96,58	4506,58
	Base	3,23	177,06	8262,06

	Fondation	3,53	193,16	9013,16
	Forme	14,98	816,43	38176,31
Abscisse: 2+600,000				
	Roulement	1,76	79,82	4586,4
	Base	3,23	146,34	8408,4
	Fondation	3,53	159,64	9172,8
	Forme	14,98	675,39	38851,7
Abscisse: 2+665,751				
	Roulement	1,76	115,98	4702,38
	Base	3,23	212,64	8621,04
	Fondation	3,53	231,97	9404,77
	Forme	14,98	983,7	39835,4
Abscisse: 2+700,000				
	Roulement	1,76	60,42	4762,8
	Base	3,23	110,76	8731,8
	Fondation	3,53	120,83	9525,6
	Forme	14,98	513,14	40348,54
Abscisse: 2+800,000				
	Roulement	1,76	176,4	4939,2
	Base	3,23	323,4	9055,2
	Fondation	3,53	352,8	9878,4
	Forme	14,98	1498,26	41846,8
Abscisse: 2+900,000				
	Roulement	1,76	176,4	5115,6
	Base	3,23	323,4	9378,6
	Fondation	3,53	352,8	10231,2
	Forme	14,98	1498,26	43345,06
Abscisse: 3+000,000				
	Roulement	1,76	176,4	5292
	Base	3,23	323,4	9702
	Fondation	3,53	352,8	10584
	Forme	14,98	1498,26	44843,32
Abscisse: 3+100,000				
	Roulement	1,76	176,4	5468,4
	Base	3,23	323,4	10025,4
	Fondation	3,53	352,8	10936,8
	Forme	14,98	1498,26	46341,58
Abscisse: 3+200,000				
	Roulement	1,76	176,4	5644,8
	Base	3,23	323,4	10348,8
	Fondation	3,53	352,8	11289,6
	Forme	14,98	1498,26	47839,84
Abscisse: 3+300,000				
	Roulement	1,76	176,4	5821,2
	Base	3,23	323,4	10672,2

	Fondation	3,53	352,8	11642,4
	Forme	14,98	1498,26	49338,1
Abscisse: 3+400,000				
	Roulement	1,76	176,4	5997,6
	Base	3,23	323,4	10995,6
	Fondation	3,53	352,8	11995,2
	Forme	14,98	1498,26	50836,36
Abscisse: 3+451,841				
	Roulement	1,76	91,45	6089,05
	Base	3,23	167,65	11163,25
	Fondation	3,53	182,89	12178,09
	Forme	14,98	776,71	51613,07
Abscisse: 3+500,000				
	Roulement	1,76	84,95	6174
	Base	3,23	155,75	11319
	Fondation	3,53	169,91	12348
	Forme	14,98	721,55	52334,62
Abscisse: 3+600,000				
	Roulement	1,76	176,4	6350,4
	Base	3,23	323,4	11642,4
	Fondation	3,53	352,8	12700,8
	Forme	14,98	1498,26	53832,88
Abscisse: 3+700,000				
	Roulement	1,76	176,4	6526,8
	Base	3,23	323,4	11965,8
	Fondation	3,53	352,8	13053,6
	Forme	14,98	1498,26	55331,14
Abscisse: 3+800,000				
	Roulement	1,76	176,4	6703,2
	Base	3,23	323,4	12289,2
	Fondation	3,53	352,8	13406,4
	Forme	14,98	1498,26	56829,4
Abscisse: 3+900,000				
	Roulement	1,76	176,4	6879,6
	Base	3,23	323,4	12612,6
	Fondation	3,53	352,8	13759,2
	Forme	14,98	1498,26	58327,66
Abscisse: 4+000,000				
	Roulement	1,76	176,4	7056
	Base	3,23	323,4	12936
	Fondation	3,53	352,8	14112
	Forme	14,98	1498,26	59825,92
Abscisse: 4+100,000				
	Roulement	1,76	176,4	7232,4
	Base	3,23	323,4	13259,4

	Fondation	3,53	352,8	14464,8
	Forme	14,98	1498,26	61324,18
Abscisse: 4+200,000				
	Roulement	1,76	176,4	7408,8
	Base	3,23	323,4	13582,8
	Fondation	3,53	352,8	14817,6
	Forme	14,98	1498,26	62822,44
Abscisse: 4+237,931				
	Roulement	1,76	66,91	7475,71
	Base	3,23	122,67	13705,47
	Fondation	3,53	133,82	14951,42
	Forme	14,98	568,3	63390,74
Abscisse: 4+300,000				
	Roulement	1,76	109,49	7585,2
	Base	3,23	200,73	13906,2
	Fondation	3,53	218,98	15170,4
	Forme	14,94	928,69	64319,43
Abscisse: 4+348,931				
	Roulement	1,76	86,31	7671,51
	Base	3,23	158,24	14064,44
	Fondation	3,53	172,63	15343,03
	Forme	14,98	730,4	65049,83
Abscisse: 4+400,000				
	Roulement	1,76	90,09	7761,6
	Base	3,23	165,16	14229,6
	Fondation	3,53	180,17	15523,2
	Forme	14,98	761,53	65811,36
Abscisse: 4+500,000				
	Roulement	1,76	176,4	7938
	Base	3,23	323,4	14553
	Fondation	3,53	352,8	15876
	Forme	14,98	1491,17	67302,53
Abscisse: 4+600,000				
	Roulement	1,76	176,4	8114,4
	Base	3,23	323,4	14876,4
	Fondation	3,53	352,8	16228,8
	Forme	14,98	1491,17	68793,7
Abscisse: 4+700,000				
	Roulement	1,76	176,4	8290,8
	Base	3,23	323,4	15199,8
	Fondation	3,53	352,8	16581,6
	Forme	14,98	1491,18	70284,88
Abscisse: 4+800,000				
	Roulement	1,76	176,4	8467,2
	Base	3,23	323,4	15523,2

	Fondation	3,53	352,8	16934,4
	Forme	14,98	1491,18	71776,06
Abscisse: 4+900,000				
	Roulement	1,76	176,4	8643,6
	Base	3,23	323,4	15846,6
	Fondation	3,53	352,8	17287,2
	Forme	14,98	1491,18	73267,24
Abscisse: 5+000,000				
	Roulement	1,76	176,4	8820
	Base	3,23	323,4	16170
	Fondation	3,53	352,8	17640
	Forme	14,98	1491,18	74758,42
Abscisse: 5+100,000				
	Roulement	1,76	176,4	8996,4
	Base	3,23	323,4	16493,4
	Fondation	3,53	352,8	17992,8
	Forme	14,98	1491,17	76249,59
Abscisse: 5+200,000				
	Roulement	1,76	176,4	9172,8
	Base	3,23	323,4	16816,8
	Fondation	3,53	352,8	18345,6
	Forme	14,98	1491,17	77740,76
Abscisse: 5+300,000				
	Roulement	1,76	176,4	9349,2
	Base	3,23	323,4	17140,2
	Fondation	3,53	352,8	18698,4
	Forme	14,98	1491,17	79231,93
Abscisse: 5+400,000				
	Roulement	1,76	176,4	9525,6
	Base	3,23	323,4	17463,6
	Fondation	3,53	352,8	19051,2
	Forme	14,98	1491,17	80723,1
Abscisse: 5+500,000				
	Roulement	1,76	176,4	9702
	Base	3,23	323,4	17787
	Fondation	3,53	352,8	19404
	Forme	14,98	1491,17	82214,27
Abscisse: 5+600,000				0
	Roulement	1,76	176,4	9878,4
	Base	3,23	323,4	18110,4
	Fondation	3,53	352,8	19756,8
	Forme	14,98	1491,18	83705,45
Abscisse: 5+606,290				
	Roulement	1,76	11,1	9889,5
	Base	3,23	20,34	18130,74

	Fondation	3,53	22,19	19778,99
	Forme	14,98	93,8	83799,25
Abscisse: 5+700,000				
	Roulement	1,76	165,3	10054,8
	Base	3,23	303,06	18433,8
	Fondation	3,53	330,61	20109,6
	Forme	14,98	1397,38	85196,63
Abscisse: 5+708,290				
	Roulement	1,76	14,62	10069,42
	Base	3,23	26,81	18460,61
	Fondation	3,53	29,25	20138,85
	Forme	14,98	123,62	85320,25
Abscisse: 5+743,286				
	Roulement	1,76	61,73	10131,15
	Base	3,23	113,18	18573,79
	Fondation	3,53	123,47	20262,32
	Forme	14,98	523,07	85843,32
Abscisse: 5+778,282				
	Roulement	1,76	61,73	10192,88
	Base	3,23	113,18	18686,97
	Fondation	3,53	123,47	20385,79
	Forme	14,98	524,32	86367,64
Abscisse: 5+800,000				
	Roulement	1,76	38,31	10231,19
	Base	3,23	70,24	18757,21
	Fondation	3,53	76,62	20462,41
	Forme	14,98	325,42	86693,06
Abscisse: 5+806,290				
	Roulement	1,76	11,1	10242,29
	Base	3,23	20,34	18777,55
	Fondation	3,53	22,19	20484,6
	Forme	14,98	94,24	86787,3
Abscisse: 5+900,000				
	Roulement	1,76	165,3	10407,59
	Base	3,23	303,06	19080,61
	Fondation	3,53	330,61	20815,21
	Forme	14,98	1404,18	88191,48
Abscisse: 6+000,000				
	Roulement	1,76	176,4	10583,99
	Base	3,23	323,4	19404,01
	Fondation	3,53	352,8	21168,01
	Forme	14,98	1498,43	89689,91
Abscisse: 6+063,510				
	Roulement	1,76	112,03	10696,02
	Base	3,23	205,39	19609,4

	Fondation	3,53	224,06	21392,07
	Forme	14,98	951,65	90641,56
Abscisse: 6+100,000				
	Roulement	1,76	64,37	10760,39
	Base	3,23	118,01	19727,41
	Fondation	3,53	128,74	21520,81
	Forme	14,98	546,78	91188,34
Abscisse: 6+200,000				
	Roulement	1,76	176,4	10936,79
	Base	3,23	323,4	20050,81
	Fondation	3,53	352,8	21873,61
	Forme	14,98	1498,43	92686,77
Abscisse: 6+300,000				
	Roulement	1,76	176,4	11113,19
	Base	3,23	323,4	20374,21
	Fondation	3,53	352,8	22226,41
	Forme	14,98	1498,43	94185,2
Abscisse: 6+320,730				
	Roulement	1,76	36,57	11149,76
	Base	3,23	67,04	20441,25
	Fondation	3,53	73,14	22299,55
	Forme	14,98	310,62	94495,82
Abscisse: 6+348,738				
	Roulement	1,76	49,41	11199,17
	Base	3,23	90,58	20531,83
	Fondation	3,53	98,81	22398,36
	Forme	14,98	419,67	94915,49
Abscisse: 6+383,734				
	Roulement	1,76	61,73	11260,9
	Base	3,23	113,18	20645,01
	Fondation	3,53	123,47	22521,83
	Forme	14,98	524,32	95439,81
Abscisse: 6+400,000				
	Roulement	1,76	28,69	11289,59
	Base	3,23	52,6	20697,61
	Fondation	3,53	57,39	22579,22
	Forme	14,95	243,43	95683,24
Abscisse: 6+418,730				
	Roulement	1,76	33,04	11322,63
	Base	3,23	60,57	20758,18
	Fondation	3,53	66,08	22645,3
	Forme	14,98	279,65	95962,89
Abscisse: 6+500,000				
	Roulement	1,76	143,36	11465,99
	Base	3,23	262,83	21021,01

	Fondation	3,53	286,72	22932,02
	Forme	14,98	1211,88	97174,77
Abscisse: 6+520,730				
	Roulement	1,76	36,57	11502,56
	Base	3,23	67,04	21088,05
	Fondation	3,53	73,14	23005,16
	Forme	14,98	309,12	97483,89
Abscisse: 6+600,000				
	Roulement	1,76	139,83	11642,39
	Base	3,23	256,36	21344,41
	Fondation	3,53	279,66	23284,82
	Forme	14,98	1182,06	98665,95
Abscisse: 6+700,000				
	Roulement	1,76	176,4	11818,79
	Base	3,23	323,4	21667,81
	Fondation	3,53	352,8	23637,62
	Forme	14,98	1491,18	100157,1
Abscisse: 6+800,000				
	Roulement	1,76	176,4	11995,19
	Base	3,23	323,4	21991,21
	Fondation	3,53	352,8	23990,42
	Forme	14,98	1491,18	101648,3
Abscisse: 6+900,000				
	Roulement	1,76	176,4	12171,59
	Base	3,23	323,4	22314,61
	Fondation	3,53	352,8	24343,22
	Forme	14,98	1491,18	103139,5
Abscisse: 7+000,000				
	Roulement	1,76	176,4	12347,99
	Base	3,23	323,4	22638,01
	Fondation	3,53	352,8	24696,02
	Forme	14,98	1491,17	104630,7
Abscisse: 7+100,000				
	Roulement	1,76	176,4	12524,39
	Base	3,23	323,4	22961,41
	Fondation	3,53	352,8	25048,82
	Forme	14,98	1491,17	106121,8
Abscisse: 7+200,000				
	Roulement	1,76	176,4	12700,79
	Base	3,23	323,4	23284,81
	Fondation	3,53	352,8	25401,62
	Forme	14,98	1491,17	107613
Abscisse: 7+300,000				
	Roulement	1,76	176,4	12877,19
	Base	3,23	323,4	23608,21

	Fondation	3,53	352,8	25754,42
	Forme	14,98	1491,17	109104,2
Abscisse: 7+400,000				
	Roulement	1,52	164,4	13041,59
	Base	0	0	23608,21
	Fondation	0	0	25754,42
	Forme	0	0	109104,2
Abscisse: 7+500,000				
	Roulement	1,52	152,4	13193,99
	Base	0	0	23608,21
	Fondation	0	0	25754,42
	Forme	0	0	109104,2
Abscisse: 7+600,000				
	Roulement	1,52	152,4	13346,39
	Base	0	0	23608,21
	Fondation	0	0	25754,42
	Forme	0	0	109104,2
Abscisse: 7+695,488				
	Roulement	1,52	145,52	13491,91
	Base	0	0	23608,21
	Fondation	0	0	25754,42
	Forme	0,04	0	109104,2
Abscisse: 7+700,000				
	Roulement	1,52	6,88	13498,79
	Base	0	0	23608,21
	Fondation	0	0	25754,42
	Forme	0	0	109104,2
Abscisse: 7+800,000				
	Roulement	1,52	152,4	13651,19
	Base	0	0	23608,21
	Fondation	0	0	25754,42
	Forme	0	0	109104,2
Abscisse: 7+806,488				
	Roulement	1,52	9,89	13661,08
	Base	0	0	23608,21
	Fondation	0	0	25754,42
	Forme	0	0	109104,2
Abscisse: 7+900,000				
	Roulement	1,52	142,51	13803,59
	Base	0	0	23608,21
	Fondation	0	0	25754,42
	Forme	0	0	109104,2
Abscisse: 8+000,000				
	Roulement	1,52	152,4	13955,99
	Base	0	0	23608,21

	Fondation	0	0	25754,42
	Forme	0	0	109104,2
Abscisse: 8+100,000				
	Roulement	1,52	152,4	14108,39
	Base	0	0	23608,21
	Fondation	0	0	25754,42
	Forme	0	0	109104,2
Abscisse: 8+192,920				
	Roulement	1,52	141,61	14250
	Base	0	0	23608,21
	Fondation	0	0	25754,42
	Forme	0	0	109104,2
Abscisse: 8+200,000				
	Roulement	1,52	10,79	14260,79
	Base	0	0	23608,21
	Fondation	0	0	25754,42
	Forme	0	0	109104,2
Abscisse: 8+300,000				
	Roulement	1,76	164,4	14425,19
	Base	3,23	161,7	23769,91
	Fondation	3,53	176,4	25930,82
	Forme	14,98	750,94	109855,1
Abscisse: 8+400,000				
	Roulement	1,76	176,4	14601,59
	Base	3,23	323,4	24093,31
	Fondation	3,53	352,8	26283,62
	Forme	14,98	1498,29	111353,4
Abscisse: 8+500,000				
	Roulement	1,76	176,4	14777,99
	Base	3,23	323,4	24416,71
	Fondation	3,53	352,8	26636,42
	Forme	14,98	1498,29	112851,7
Abscisse: 8+579,353				
	Roulement	1,76	139,98	14917,97
	Base	3,23	256,63	24673,34
	Fondation	3,53	279,96	26916,38
	Forme	14,98	1188,93	114040,6
Abscisse: 8+600,000				
	Roulement	1,76	36,42	14954,39
	Base	3,23	66,77	24740,11
	Fondation	3,53	72,84	26989,22
	Forme	14,98	309,2	114349,8
Abscisse: 8+690,353				
	Roulement	1,76	159,38	15113,77
	Base	3,23	292,2	25032,31

	Fondation	3,53	318,76	27307,98
	Forme	14,98	1349,89	115699,7
Abscisse: 8+700,000				
	Roulement	1,76	17,02	15130,79
	Base	3,23	31,2	25063,51
	Fondation	3,53	34,04	27342,02
	Forme	14,98	143,86	115843,6
Abscisse: 8+800,000				
	Roulement	1,76	176,4	15307,19
	Base	3,23	323,4	25386,91
	Fondation	3,53	352,8	27694,82
	Forme	14,98	1490,66	117334,2
Abscisse: 8+900,000				
	Roulement	1,52	164,4	15471,59
	Base	0	0	25386,91
	Fondation	0	0	27694,82
	Forme	0	0	117334,2
Abscisse: 9+000,000				
	Roulement	1,52	152,4	15623,99
	Base	0	0	25386,91
	Fondation	0	0	27694,82
	Forme	0	0	117334,2
Abscisse: 9+100,000				
	Roulement	1,52	152,4	15776,39
	Base	0	0	25386,91
	Fondation	0	0	27694,82
	Forme	0	0	117334,2
Abscisse: 9+200,000				
	Roulement	1,52	152,4	15928,79
	Base	0	0	25386,91
	Fondation	0	0	27694,82
	Forme	0	0	117334,2
Abscisse: 9+300,000				
	Roulement	1,52	152,4	16081,19
	Base	0	0	25386,91
	Fondation	0	0	27694,82
	Forme	0	0	117334,2
Abscisse: 9+400,000				
	Roulement	1,76	164,4	16245,59
	Base	3,23	161,7	25548,61
	Fondation	3,53	176,4	27871,22
	Forme	14,98	744,31	118078,5
Abscisse: 9+500,000				
	Roulement	1,76	176,4	16421,99
	Base	3,23	323,4	25872,01

	Fondation	3,53	352,8	28224,02
	Forme	14,98	1484,58	119563,1
Abscisse: 9+600,000				
	Roulement	1,76	176,4	16598,39
	Base	3,23	323,4	26195,41
	Fondation	3,53	352,8	28576,82
	Forme	14,98	1483,71	121046,8
Abscisse: 9+700,000				
	Roulement	1,76	176,4	16774,79
	Base	3,23	323,4	26518,81
	Fondation	3,53	352,8	28929,62
	Forme	14,98	1482,84	122529,7
Abscisse: 9+800,000				
	Roulement	1,76	176,4	16951,19
	Base	3,23	323,4	26842,21
	Fondation	3,53	352,8	29282,42
	Forme	14,98	1481,97	124011,6
Abscisse: 9+900,000				
	Roulement	1,76	176,4	17127,59
	Base	3,23	323,4	27165,61
	Fondation	3,53	352,8	29635,22
	Forme	14,98	1481,1	125492,7
Abscisse: 10+000,000				
	Roulement	1,76	176,4	17303,99
	Base	3,23	323,4	27489,01
	Fondation	3,53	352,8	29988,02
	Forme	14,98	1480,23	126973
Abscisse: 10+100,000				
	Roulement	1,76	176,4	17480,39
	Base	3,23	323,4	27812,41
	Fondation	3,53	352,8	30340,82
	Forme	14,98	1479,36	128452,3
Abscisse: 10+200,000				
	Roulement	1,76	176,4	17656,79
	Base	3,23	323,4	28135,81
	Fondation	3,53	352,8	30693,62
	Forme	14,98	1478,5	129930,8
Abscisse: 10+300,000				
	Roulement	1,76	176,4	17833,19
	Base	3,23	323,4	28459,21
	Fondation	3,53	352,8	31046,42
	Forme	14,98	1477,63	131408,5
Abscisse: 10+400,000				
	Roulement	1,76	176,4	18009,59
	Base	3,23	323,4	28782,61

	Fondation	3,53	352,8	31399,22
	Forme	14,98	1476,76	132885,2
Abscisse: 10+463,261				
	Roulement	1,76	111,59	18121,18
	Base	3,23	204,59	28987,2
	Fondation	3,53	223,19	31622,41
	Forme	14,98	933,77	133819