



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering



THEME :

**ANALYSE CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES
OUVRAGES HYDRAULIQUES ROUTIERS DE LA ROUTE
KOUDOUGOU-TOMA EN VUE DE SON BITUMAGE**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
D'INGENIERIE EN GENIE CIVIL**

Présenté et Soutenu par :

AKA ANODJO FRANCK CHRISTIAN

Travaux dirigés par : M^r. ABOULAYE ABDOUL RAHIME

Directeur Technique du Bureau d'étude CAEM

M^r ISMAILA GUEYE

Professeur au 2IE

PROMOTION 2008-2009

« Garde-moi, ô Dieu ! Car je me confie en toi » Ps 16

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A mes parents

A mes frères et sœurs

A mon doyen Octave N. Engambe

A tous mes amis

Que la grâce et la bénédiction de Dieu

vous accompagnent dans toutes vos

entreprises !!

Amen !!

Remerciements

Je tiens à témoigner ma gratitude à tous les acteurs qui ont contribué à l'élaboration de ce travail que ce soit du 2IE qu'au niveau du bureau d'étude CAEM. Tout particulièrement, je tiens à remercier :

- ◆ *M. Nacoulma Ousmane, Directeur Général du Bureau d'études CAEM (Cabinet Africain d'études et de maîtrise d'œuvres) de m'avoir accueilli au sein de sa structure pour faire mon mémoire de fin d'étude ;*
- ◆ *M. Abdoulaye Abdoul Rahime, Directeur Technique pour avoir accepté de m'encadrer pour ce travail. Vous représentez pour moi un exemple de réussite professionnel à copier ;*
- ◆ *Je remercie tout le personnel du CAEM en général et en particulier, M. Issifou Adam pour sa participation active à la réussite de ce travail ;*
- ◆ *M. Ismaïla Gueye, mon encadreur et enseignant au 2IE pour son soutien ;*
- ◆ *Tout le corps enseignant du 2IE pour la qualité de la formation ;*
- ◆ *Je pense particulièrement à M. Hyppolyte Freitas, pour ces précieux conseils et recommandations dans le souci d'aboutir à des résultats fiables ;*
- ◆ *M. Harouna Karambiri et M. Thiam Sina, pour leur disponibilité et leur soutien pour la réalisation de ce travail ;*
- ◆ *Enfin ma gratitude va à l'endroit de tous mes amis de promotion pour leur solidarité.*

Liste des sigles et abréviations

CAEM: Cabinet Africain d'Etudes et de Maîtrise d'œuvres

CIEH: Comité Interafricain d'Etudes Hydraulique

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations
(Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)

IGB : Institut Géographique du Burkina

IRD : Institut de Recherche pour le Développement

ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-mer

2IE : Institut international d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

BV : Bassin versant

PK : Point kilométrique

LISTE DES TABLEAUX, FIGURES ET EQUATIONS

• Liste des tableaux

TABLEAU 1: LES AGGLOMERATIONS TRAVERSEES PAR LA ROUTE	- 11 -
TABLEAU 2 : COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DU DEBUT ET FIN DU PROJET	- 13 -
TABLEAU 3:LES CARACTERISTIQUES DES DONNEES PLUVIOMETRIQUES.....	- 14 -
TABLEAU 4: RECAPITULATIF DES RESULTATS DES ETUDES PLUVIOMETRIQUES	- 16 -
TABLEAU 5: COEFFICIENT DE PASSAGE STATION DE KOUDOUGOU	- 23 -
TABLEAU 6: COEFFICIENT DE PASSAGE STATION DE TOMA	- 23 -
TABLEAU 7: COEFFICIENT ADOPTE	- 24 -
TABLEAU 8: ENSEMBLE DES METHODES DE CALCULS DE DEBIT UTILISEES	- 25 -
TABLEAU 9: VALEURS DES ERREURS TYPES ET VALIDATION	- 26 -
TABLEAU 10: COEFFICIENT DE POINTE K (SOURCE: HYDRAULIQUE ROUTIERE_ BCEOM).....	- 28 -
TABLEAU 12: LES SECTIONS DE DALOTS PROJETEES	- 34 -
TABLEAU 13: FORMULE DE PRE-DIMENSIONNEMENT DES DALOTS	- 104 -

• Liste des figures

FIGURE 1:CARTE DU BURKINA FASO	- 4 -
FIGURE 2: SITUATION GEOGRAPHIQUE DES PROVINCES DE LA ZONE DU PROJET (SOURCE CELLULE SIG).....	- 7 -
FIGURE 3: ITINERAIRE DE LA ROUTE	- 10 -
FIGURE 4: MOYENNE MOBILE DE LA STATION DE KOUDOUGOU	- 15 -
FIGURE 5: MOYENNE MOBILE DE LA STATION DE TOMA	- 15 -
FIGURE 6: PHOTO DE BATTERIE DE BUSE AU PK 75+650.....	- 98 -
FIGURE 7: PHOTO DE DALOT A DEUX OUVERTURES AU PK 23+00.....	- 98 -

• Liste des équations

ÉQUATION 1:FORMULE DE LA METHODE ORSTOM POUR LA DETERMINATION DE LA CRUE DECENNALE	- 19 -
ÉQUATION 2:FORMULE DE LA METHODE CIEH POUR LA DETERMINATION DE LA CRUE DECENNALE.....	- 20 -
ÉQUATION 3:FORMULE DE LA METHODE DE FRANCOU-RODIER	- 20 -
ÉQUATION 4:FORMULE DA LA METHODE RATIONNELLE POUR LA DETERMINATION DE LA CRUE DECENNALE	- 21 -
ÉQUATION 5:FORMULE DU MODELE DE CAQUOT POUR LA DETERMINATION DE LA CRUE DECENNALE	- 22 -
ÉQUATION 6: ESTIMATION DES DEBITS DE POINTE DE CRUE SUPERIEUR A 10 ANS.....	- 23 -
ÉQUATION 7: ESTIMATION DE LA CRUE CENTENNALE A PARTIR DE LA CRUE DECENNALE.....	- 24 -

Sommaire

1. Introduction	- 1 -
1.1 Contexte général de l'étude	- 1 -
1.2 Problématique	- 1 -
1.3 But et objectifs de l'étude	- 2 -
1.4 Place du projet dans le pays	- 3 -
1.5 Organisation du mémoire	- 3 -
2. Présentation du projet et état des lieux	- 4 -
2.1 Introduction du pays	- 4 -
2.1.1 Topographie et géologie du pays	- 5 -
2.1.2 Type de sols généralement rencontrés dans le pays	- 5 -
2.1.3 Climat	- 6 -
2.2 Présentation de la zone du projet	- 6 -
2.3 Données physiques de la zone du projet	- 9 -
2.3.1 Climat et végétation	- 9 -
2.3.2 Topographie et géologie	- 9 -
2.3.3 Sols	- 10 -
2.3.4 Hydrographie	- 10 -
2.4 Schéma itinéraire	- 11 -
3. Etudes hydrologique et hydraulique	- 13 -
3.1 Etude climatique	- 13 -
3.1.1 Contexte géographique	- 13 -
3.1.2 Régime climatique	- 13 -
3.1.3 Pluviométrie	- 14 -
3.2 Prédétermination des crues	- 17 -
3.2.1 Principe des investigations de terrain	- 17 -
3.2.2 Identification des passages d'eau	- 17 -
3.2.3 Méthodes de détermination des débits de crues décennales	- 18 -
3.2.3.1 Condition générale du déroulement de l'étude hydrologique	- 18 -
3.2.3.2 Présentation des méthodes de calculs	- 18 -
3.2.4 Analyse des bassins versants	- 24 -
3.2.4.1 Caractéristiques des bassins	- 24 -
3.2.4.2 Calcul des débits de projet	- 25 -

3.2.5	Détermination des paramètres de calculs.....	- 26 -
3.2.5.1	Méthode ORSTOM	- 26 -
3.2.5.2	Méthode CIEH.....	- 28 -
3.2.6	Calcul des débits de crue.....	- 29 -
3.2.7	Dimensionnement hydraulique des ouvrages.....	- 29 -
3.2.8	Protection des ouvrages	- 34 -
3.2.9	Drainage longitudinale de la plate-forme.....	- 35 -
4.	Analyse technique et économique des ouvrages existants et projetés.....	- 35 -
5.	Dimensionnements des ouvrages d'arts.....	- 99 -
5.1	Hypothèses générales de calculs	- 99 -
5.1.1	Pré-dimensionnement des dalots.....	- 103 -
5.2	Schéma statique de calcul du cadre simple	- 104 -
6.	Conclusion et recommandations	- 106 -

1. Introduction

1.1 Contexte général de l'étude

Dans le cadre de la politique du Gouvernement du Burkina Faso en matière de désenclavement des villes et la facilitation des déplacements des usagers par la mise en place d'infrastructures routières, un Projet d'amélioration de la route en terre Koudougou – Toma (d'une longueur de 87 Km) en vue de son bitumage sera réalisé. La praticabilité d'une telle route doit être assurée en toutes saisons, notamment par la mise en place d'ouvrages adéquats de franchissement des cours d'eau et la réalisation d'un assainissement en vue de préserver le remblai mis en place.

Au Burkina Faso, comme dans tous les pays en voie de développement, la route constitue un maillon essentiel dans la vie économique. Dans la construction d'une route, les ouvrages d'arts sont les éléments les plus délicats. Ils sont les points de passage des crues, le bon fonctionnement de la route est tributaire de leur bonne exécution et surtout d'une étude préalable de qualité. En effet, l'eau constitue une des conséquences premières des problèmes de dégradations des voies. Ces dégradations sont majeures lors du franchissement par la route des cours d'eau et l'écoulement des eaux de pluies. Pour y remédier, la solution la plus adaptée est la mise en place des ouvrages de franchissement à savoir dalot, buse, radiers submersibles, pont.

La route soumise à notre étude fait état d'une dégradation poussée due à une insuffisance des ouvrages d'assainissements la rendant impraticable en saison pluvieuse en certains points kilométriques et un écoulement difficile des eaux de ruissellement.

Pour résoudre cet état de faits, nous nous proposons de mener une étude dont les résultats nous permettront d'améliorer le niveau de protection de la route et de renforcer le réseau d'assainissement de la route en vue de son bitumage.

1.2 Problématique

Le projet, objet de la présente étude, se situe dans une zone où l'absence d'infrastructure de transport crédible, constitue un facteur limitant au développement des potentialités agricoles de la zone traversée par la route.

L'état de maillage constitué essentiellement de routes en terre, non carrossables pendant la saison des pluies, réduit la mobilité des personnes et des produits, ce qui ralentit le déroulement normal de la campagne agricole.

Ces dysfonctionnement et dégradations rencontrés sur notre route à étudier sont dus à des insuffisances au niveau du réseau d'assainissement de la route.

En effet, il faut noter qu'il existe sur le long du tronçon de nombreux points bas sans présence d'ouvrages d'arts, le risque de voir déborder les ouvrages hydrauliques est fréquent sans oublier que certains sont dans un état de dégradation avancée.

L'étude que nous menons se propose de produire un outil d'aide à la prise de décision pour améliorer le réseau d'assainissement pour augmenter le niveau de protection de la route des eaux de ruissellement, grâce à une analyse technique et économique en vue de son bitumage.

1.3 But et objectifs de l'étude

Objectif général :

Cette étude vise à réaliser les études et diagnostics nécessaires pour vérifier et dimensionner le réseau d'assainissement dans le but d'améliorer l'efficacité et compléter le système d'évacuation des eaux de ruissellement.

Objectifs spécifiques :

A partir du cas d'étude du projet de la route Koudougou – Réo – Toma longue de 87km, les objectifs spécifiques suivants ont été fixés :

- Faire une étude hydrologique à partir des données pluviométriques et des caractéristiques des bassins versants pour déterminer le débit à chaque passage d'eau;
- Faire une étude hydraulique pour déterminer les sections des ouvrages hydrauliques projetés pour une période de retour de 10 ans;
- Faire une analyse technique et économiques des ouvrages existants et projetés ;
- Déterminer le ferrailage de chaque type d'ouvrages projeté ;
- Faire une estimation des coûts de chaque ouvrage;
- Etablir les plans de coffrage et de ferrailage type des ouvrages projetés.

1.4 Place du projet dans le pays

Le projet, objet de la présente étude, se situe dans une zone où l'absence d'infrastructures routières de transport crédibles, constitue un facteur limitant au développement des potentialités agricoles de la zone traversée par la route.

L'état du maillage du réseau constitué essentiellement de routes en terre, non carrossables pendant la saison des pluies, réduit la mobilité des personnes et des produits, ce qui ralentit le déroulement normal de la campagne agricole. Ces dysfonctionnements sont à l'origine des coûts de transport très élevés enregistrés dans la zone.

Cet axe routier traverse quatre (4) provinces du pays ; le BOULKIEMDE, le SANGUIE, le NAYALA et le SOUROU. Il relie Koudougou à Toma. Sa réalisation permettra de dynamiser l'économie locale constituée essentiellement de culture céréalières (mil, maïs, sorgho, riz) de maraîchage et de culture de rente (coton, arachide et sésame).

1.5 Organisation du mémoire

Le mémoire est structuré selon le plan ainsi décrit :

- ◆ La partie II présente la zone de projet, l'état des lieux et le schéma itinéraire ;
- ◆ La partie III présente les méthodes utilisées et les résultats des études hydrologiques et hydrauliques qui ont permis de déterminer les sections des ouvrages d'arts ;
- ◆ La partie IV présente l'analyse technique et économique qui ont permis de déterminer les ouvrages à mettre en place le long de la route ;
- ◆ La partie V présente le dimensionnement des ouvrages projetés ;
- ◆ La partie VI présente la conclusion de l'étude et donnent des propositions qui peuvent nous aider dans le choix des ouvrages d'arts à réaliser pour ce projet ;
- ◆ La partie VII présente les références bibliographiques qui ont permis de réaliser l'étude ;
- ◆ La partie VIII présente plusieurs annexes en partant de la cartographie utilisées, les photos, les données hydrologiques, les détails de calculs intermédiaires ;
- ◆ Pour finir, un glossaire des principaux termes qui ont été utilisé est présenté pour aider à la compréhension du document.

2. Présentation du projet et état des lieux

2.1 Introduction du pays

Le Burkina Faso est un pays continental, sans ouverture maritime étant situé en plein cœur de l'Afrique de l'ouest, à l'intérieur de la boucle du Niger. Les côtes maritimes les plus proches sont celles du Ghana et de la Côte d'Ivoire à plus de 500 km. Sa superficie est de l'ordre de 274.112 km² et limitée au Nord et à l'Ouest par le Mali, au Nord-est par le Niger, au Sud par le Bénin, le Togo, le Ghana et la Côte d'Ivoire. Le Burkina Faso est un pays qui administrativement est subdivisé en 45 provinces.

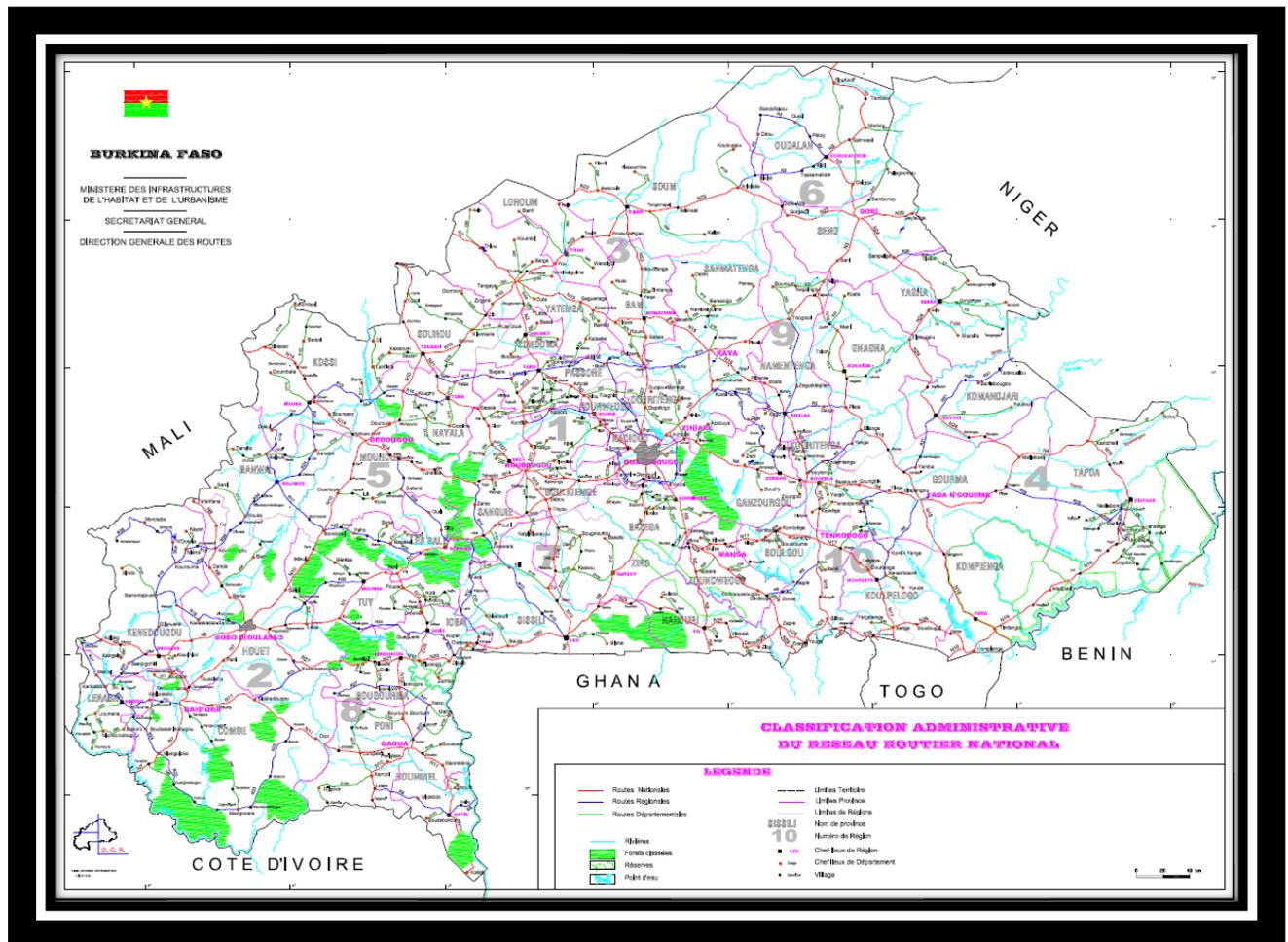


Figure 1: Carte du Burkina Faso

2.1.1 Topographie et géologie du pays

Le Burkina Faso est occupé en grande partie par un plateau ancien qui est formé de granit et de gneiss recouvert de couches sédimentaires primaires et antéprimaires. L'altitude moyenne ne dépasse pas la valeur de 400 m et diminue vers le Sud. Le point culminant du pays est le pic de Tenakourou qui atteint la valeur de 749 m et se trouve à l'ouest du pays dans la région de Banfora. Au Nord du plateau, se détachent quelques pitons isolés, des buttes et des dômes volcaniques. Les formations latéritiques sont fréquentes en surface. Le plateau est entaillé par les vallées des trois fleuves : Mouhoun, Nazinon, Nakambé qui, en raison de la faiblesse de la pente, écoulent difficilement leurs eaux et ont un lit majeur encombré de marécages. Tous ces trois fleuves se jettent dans le lac Volta au Ghana.

Le Burkina Faso dispose de trois grands ensembles géologiques à savoir :

- Le bouclier africain
- Les bassins sédimentaires
- Les dépôts quaternaires

2.1.2 Type de sols généralement rencontrés dans le pays

Les différents types de sols rencontrés au Burkina Faso sont fonction de la géologie. Ainsi chaque ensemble géologique regroupe des sols avec des propriétés et caractéristiques différents selon leur appartenance à un ensemble géologique.

Ainsi, les sols du bouclier africain sont des sols kaoliniques ayant une faible fertilité chimique. Sa capacité de drainage est suggestivement bon ou modéré.

Ces sols du bouclier africain sont des sols très sensibles au compactage et ils ont une très forte résistance à l'érosion que ce soit éolienne que hydrique. Ces sols sont surtout rencontrés dans le sud-ouest du pays. Ils ont une fertilité chimique généralement élevée, avec des propriétés physiques généralement médiocres ou moyennes, avec un drainage le plus souvent imparfait. Ces sols sont en effet les sols les plus fertiles au Burkina Faso et par conséquent les plus intensément cultivés.

De plus, sur les schistes des bassins sédimentaires de l'ouest et du sud-ouest, les sols sont généralement profonds, avec une texture riche en limon et à drainage souvent imparfait. Ces sols ont une résistance appréciable face à l'érosion éolienne, peu résistants à l'érosion hydrique, néanmoins ils ont une grande sensibilité au compactage.

Enfin, on a les sols des dépôts quaternaires qui se situent dans la partie nord du pays en zone sahélienne. Ces sols sont formés par dépôts éoliens très sableux, ils sont chimiquement très pauvres et possèdent une sévère limite dans leur capacité à retenir l'eau.

On a aussi les dépôts alluviaux des vallées et des bas-fonds qui se retrouve très dispersés dans tout le Burkina. Il est a remarqué que ces sols sont lourds, chimiquement riches à drainage imparfait et surtout vulnérable au compactage.

2.1.3 Climat

Le Burkina Faso est un pays de la zone soudanienne située entre 9° et 15° de latitude nord. Il possède un climat tropical à deux saisons alternées, on a une saison de pluie de juin à octobre et une saison sèche de novembre à mai. Les hauteurs de pluies diminuent du sud-ouest (1300 mm) vers le nord-est (500 mm), en même temps que la saison sèche s'allonge. Pendant la saison sèche, les vents secs en provenance du Sahara (harmattan) dominant tandis que durant la saison des pluies, les vents humides du Golfe de Guinée (mousson) dominant.

Le pays est couvert par 3 grandes zones climatiques à savoir :

- Une zone sahélienne, où on retrouve des précipitations inférieure à 600 mm occupant le Nord ;
- Une zone soudanienne septentrionale, avec des précipitations comprise entre 600 et 900 mm, occupant le centre du pays ;
- Une zone soudanienne méridionale, avec des précipitations compris entre 900 et 1200 mm, occupant le sud du pays.

Il est important de remarquer que le climat au Burkina subit de forte fluctuations, à savoir des périodes de saison sèches de longue durée, qui constituent un phénomène normal et récurrent dans les zones du Sahel et du Soudan. Les causes qui provoquent ces années de sécheresse qui une fois commencées, ont tendance à persister, n'ont pas encore été élucidées. D'une manière générale, depuis une vingtaine d'années, on observe un déficit pluviométrique important.

2.2Présentation de la zone du projet

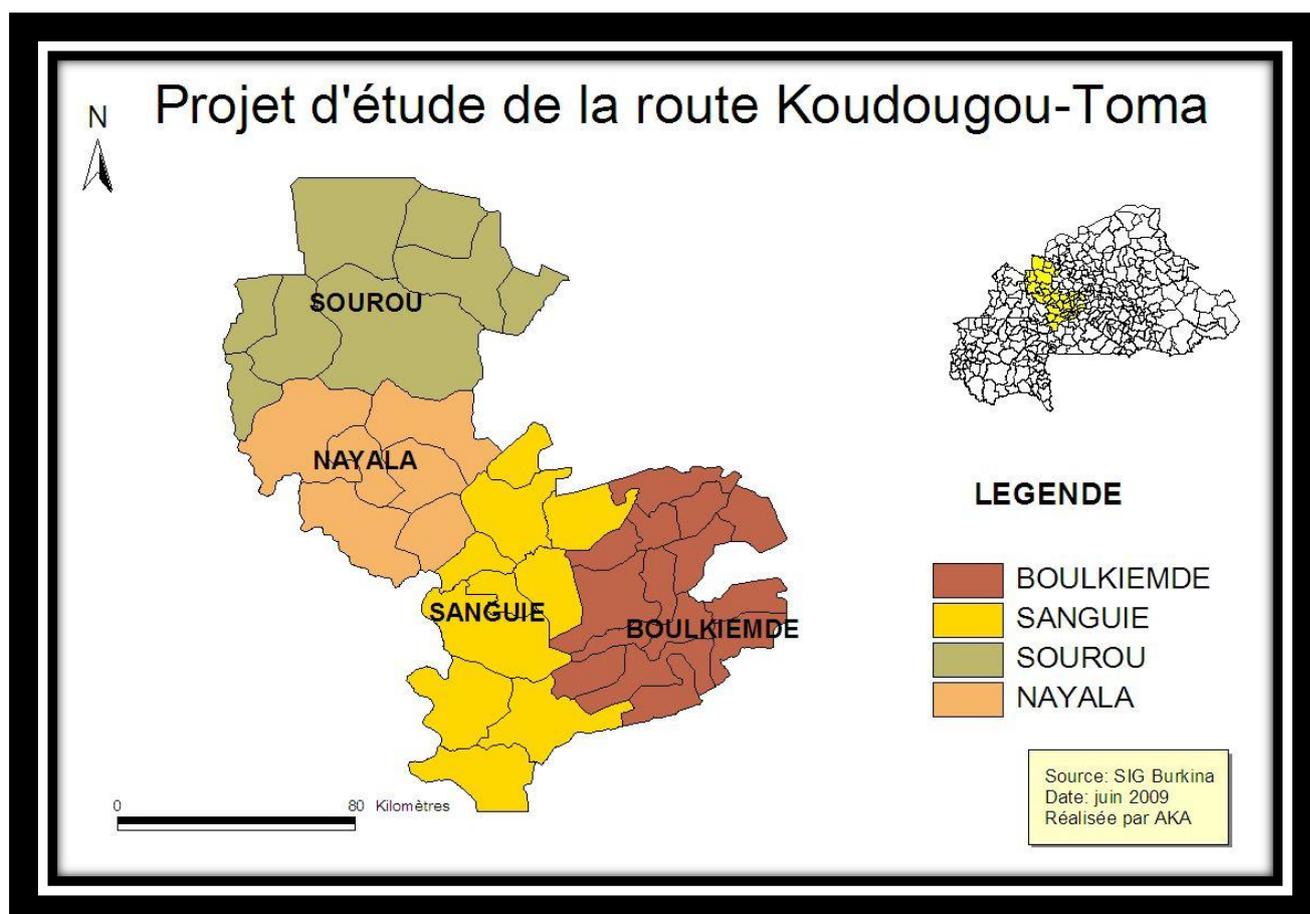


Figure 2: Situation géographique des provinces de la zone du projet (Source cellule SIG)

La zone de projet traverse les provinces du BOULKIEMDE, du SANGUIE, du NAYALA et du SOUROU sur la base du tracé de la route existante et pour ce qui concerne le tronçon étudié. Ces Provinces représentent un fort taux de croissance annuel comme étant une zone d'accueil pour un bon nombre de migrants agricoles.

La Province du BOULKIEMDE couvre une superficie de 4 138 km² soit 1,5% du territoire national. Elle compte 15 départements qui couvrent 157 villages. Cette province compte une population de 487 205 habitants, avec un taux de croissance de 1,33%. L'agriculture, qui occupe la plupart de la population de cette province est essentiellement dominée par les cultures vivrières et pluviales (mil, sorgho, maïs, riz, etc.). Les cultures de rente, telles que l'arachide et le sésame, sont pratiquées mais le caractère aléatoire des pluies compromet leurs niveaux de production. Les rendements des cultures céréalières ont connu une progression importante, tandis que les cultures vivrières, qui ne nécessitent pas beaucoup d'eau, ont connues des niveaux de rendement les plus réguliers. Finalement, les secteurs de l'industrie et de l'élevage sont rudimentaires dans la Province du BOULKIEMDE. Ils sont limités principalement aux activités artisanales.

La Province du SANGUIE couvre une superficie de 5 165 km². Elle compte 10 départements qui couvrent 132 villages. Cette province compte une population de 286 439 habitants.

L'agriculture, qui occupe 80% de la population de cette province est essentiellement dominée par les cultures vivrières et pluviales (mil, sorgho, maïs, riz, etc.). Les cultures de rente, telles que l'arachide et le sésame, sont pratiquées mais le caractère aléatoire des pluies compromet leurs niveaux de production. Le maraîchage, qui occupe aussi une bonne partie de la population, est une activité qui fait la renommée de la province qualifiée de grande productrice de fruits et légumes. L'élevage constitue une source importante pour les habitants de la province et il est mené parallèlement avec les activités agricoles. Finalement, le secteur de l'artisanat est assez diversifié dans la province.

La province du NAYALA est située au Nord-Ouest du pays à 190 Km de la capitale Ouagadougou, entre le 2°30-3°30 de longitude Ouest et le 12°30-13°30 de latitude Nord. Elle est une des quinze (15) nouvelles provinces créées depuis les années 1995-1996 par la loi n° 09-96/ADP du 24-04-1996. La province compte six (06) départements et 109 villages administratifs. La province du NAYALA compte une population de 186 793 habitants, avec un taux de croissance de 2.90%.

La province du SOUROU est située au Nord-Ouest du Burkina Faso à deux cent trente (230) kilomètres de la capitale (Ouagadougou). Elle couvre une superficie de 5 658 km²: Cette province compte une population de 234 897 habitants, avec un taux de croissance de 2.02%.

La Province du SOUROU compte huit (08) départements dont sept (07) communes rurales (Kiembara, Lankoué, Toéni, Di, Gomboro, Lanfiéra et Kassoum) et une commune urbaine (Tougan). Cent cinquante six (156) villages ainsi que des hameaux de culture sont répartis entre ces départements et composent la province.

Tant au niveau de la province du SANGUIE que de la province du SOUROU, d'importantes productions rizicoles, maraîchères et fruitières sont réalisées. Au SOUROU, elles sont réalisées sur les périmètres aménagés de l'Autorité de Mise en Valeur de la Vallée du SOUROU (AMVS) avec des moyens techniques modernes et des rendements plus ou moins élevés (entre 3 et 5 tonnes à l'hectare pour le riz ; entre 15 et 20 tonnes à l'hectare pour les cultures maraîchères).

Au SANGUIE par contre, bien que la production maraîchère soit relativement importante et serve au ravitaillement de la ville de Koudougou en particulier, son exploitation est faite de façon traditionnelle ou artisanale sur de petites superficies et avec des puits traditionnels creusés par chaque exploitant pour l'arrosage de sa parcelle. Ils minimisent au maximum les dépenses de production en utilisant le moins d'intrants possibles.

L'usine d'exploitation de la mine de zinc ouverte à Perkoan contribuera aussi à l'essor économique de la région.

2.3 Données physiques de la zone du projet

2.3.1 Climat et végétation

L'ensemble de la zone d'influence du projet (BOULKIEMDE, SANGUIE, NAYALA, SOUROUI) connaît un climat de type soudano-sahélien caractérisé par une courte saison pluvieuse allant de Juin à Septembre ; avec comme vent dominant la mousson qui souffle du Sud à l'ouest et une longue saison sèche allant d'Octobre à Mai pendant laquelle souffle l'harmattan qui est tantôt froid, tantôt chaud.

La zone dans son ensemble est traversée par des isohyètes 700mm au centre et 800mm au sud. On retient trois caractéristiques essentielles de la pluviométrie de la zone :

- Une durée irrégulière de la saison pluvieuse (fluctuations importantes du nombre de jours de pluies d'une année à l'autre) ;
- Une grande variabilité dans les précipitations. En effet les hauteurs de pluie varient beaucoup d'une année à l'autre dans la fourchette de 500 à 1000mm par an (évolution des hauteurs d'eau tombées en dents de scie avec une tendance globale à la diminution des hauteurs d'eau tombées au fil des années) ;
- Une mauvaise répartition des précipitations dans le temps et dans l'espace qui est beaucoup préjudiciable à l'agriculture. Toutefois, on relève que globalement les provinces méridionales sont relativement plus arrosées que celles septentrionales

Les températures varient entre 27 et 40 degrés, les plus élevées s'observent de mars à mai, les plus basses de décembre à janvier.

La végétation que l'on rencontre dans cette zone est composée de savanes arbustives et arborées composées d'arbres et de graminées. Les essences forestières existantes sont principalement le karité, l'acacia albida, le tamarinier et le baobab.

2.3.2 Topographie et géologie

Sur le long de l'itinéraire, le relief traversé est globalement plat. Cependant on observe ponctuellement des passages au relief accidenté, contrastant avec l'allure générale, par des élévations de butes latéritiques de 10 à 50 m.

Le niveau altimétrique général au long du tracé est situé entre 300 et 360m d'altitude, avec une moyenne de 300m.

Sur le plan géologique, l'ensemble de la route figure sur un contexte géologique cristalline de roches très anciennes du Précambrien D (Antébirrimien) composées de migmatites et granites indifférenciés et de roches volcano-sédimentaires.

Les matériaux d'altération à la surface sont tantôt à dominance argileuse, tantôt à dominance sableuse, recouvrant la carapace latéritique en zone de plateau ; et ceci en relation avec la nature de la roche mère en présence.

2.3.3 Sols

La zone d'étude comprend en général trois (3) types de sols :

- Les sols graveleux ou gravillonnaire. Ces sols sont des sols peu évolués qui sont d'origine non climatique qui sont en association aux lithosols sur les cuirasses ferrugineuses. Ce sont des sols d'érosion et d'apport.
- Les sols argilo-sableux. Ces sols sont en association à des sols peu évolués hydromorphes reposant sur des matériaux gravillonnaire et des sols ferrugineux tropicaux remaniés sur des matériaux argilo-sableux en profondeur. Ces sols sont des sols hydromorphes caractérisés par des minéraux.
- Les sols argileux issus de schistes. Ces sols sont en association aux sols bruns eutrophes vertiques reposant sur matériau argileux indifférenciés. Ces sols sont également des sols hydromorphes caractérisés par des minéraux.

Dans l'ensemble, les sols en présence ont une aptitude moyenne pour les infiltrations et la rétention hydrique et sont à majorité gravillonnaire.

2.3.4 Hydrographie

Le réseau hydrographique du tracé est très varié et la zone du projet assez bien arrosé.

La zone du projet est essentiellement drainée par le Vranso, lui-même affluent du Mouhoun.

Au niveau du village d'Issapougou, la route franchit un marigot important qui se jette également dans le Mouhoun.

On rencontre aussi beaucoup de petits axes de ruissellement et de petits bassins versants de quelques dizaines d'hectares ponctués par de cours d'eau.

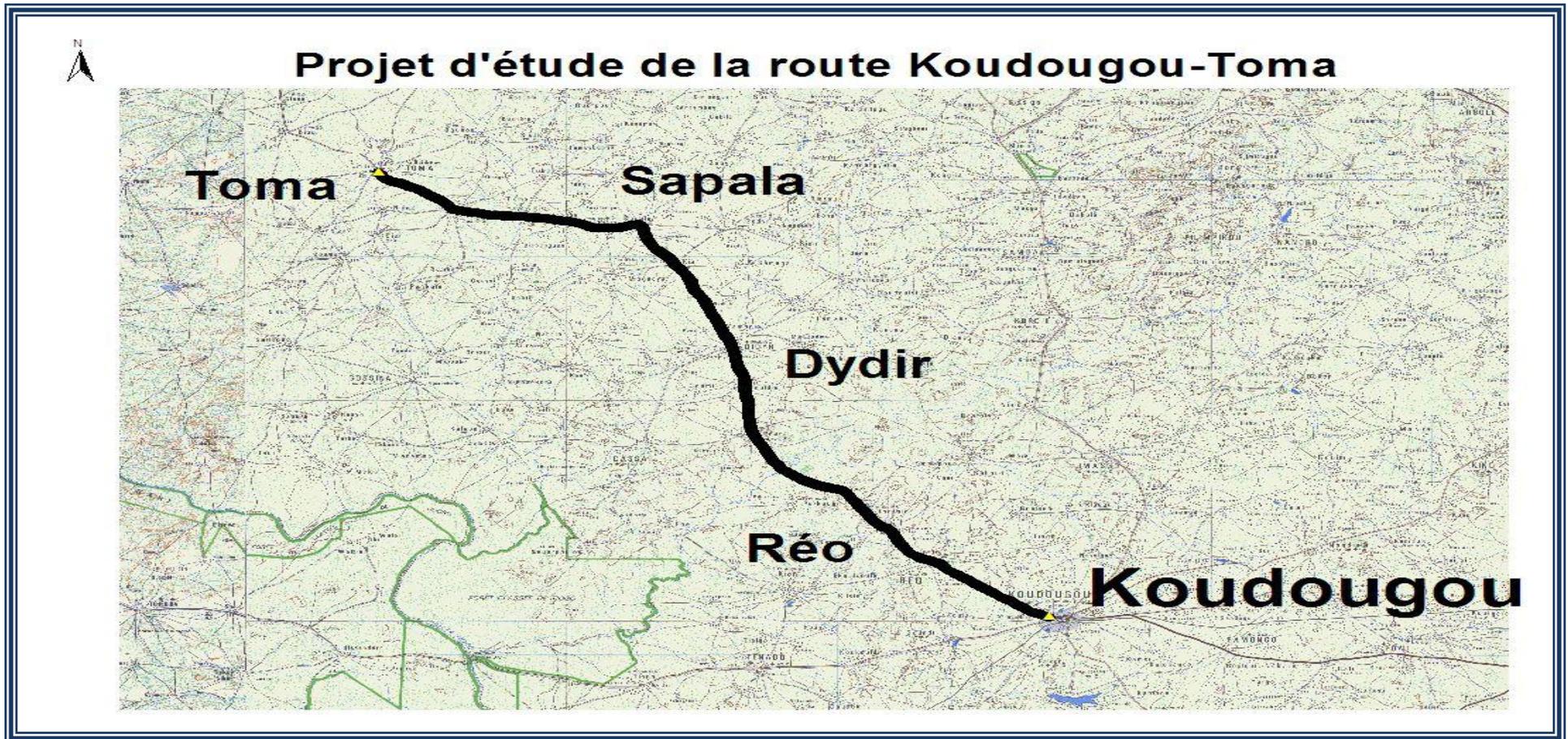
On note sur le parcours deux grands bassins versants au PK 31+700 et au PK 64+520.

Le long du tracé, les écoulements d'eau se font tantôt d'ouest en est c'est à dire de la gauche vers la droite, tantôt dans le sens contraire. Le nombre et la fréquence des passages d'eau ou cours d'eau est en corrélation avec la configuration du relief.

NOTA.BENE : *Au niveau du grand bassin versant se trouvant au PK 31+700, il est prévu la construction d'un pont comme ouvrage de franchissement. La conception et le dimensionnement de ce pont ne sera pas entrepris dans cette présente étude.*

2.4 Schéma itinéraire

Figure 3: Itinéraire de la route



Le schéma itinéraire est un linéaire synoptique dont le rôle est de présenter une vue d'ensemble de la route telle qu'elle se présente avant toute intervention. Il est composé de deux parties essentiellement :

- Une partie intitulée « Géométrie et Structure » dont l'objectif est de figurer les caractéristiques géométriques essentielles de la route telle qu'elle se présente (Tracé en Plan et Profil en Long), un certain nombre d'informations relatives à sa structure (Remblais/Déblais, Largeur de chaussée, Ouvrages) et à son environnement (Carrefours/Observations, Agglomérations).
- Une deuxième partie intitulée « État de la Route » est chargée de présenter les dégradations subies par la chaussée et la nature de la plate-forme ou du matériau constitutif des couches de chaussées, dans notre cas de la couche de roulement ou du TN qui fait fonction de chaussée.

Ouvrages d'assainissement

Les ouvrages sont de façon générale en mauvais état et présentent des fissures. Quelques ouvrages construits dans le cadre des travaux d'entretien périodiques nécessiteront un élargissement et un renforcement. Plusieurs zones de passage d'eau sans ouvrage de franchissement sont identifiées.

Agglomérations traversées par la route

Tableau 1: Les agglomérations traversées par la route

N°	Entrée (PK)	Sortie (PK)	Nom
1		0+000	Koudougou
2	10+600	15+400	Réo
3	19+300	23+900	Bonyolo
4	35+300	37+700	Pouni Nord
5	41+000	45+100	Bouldié
6	46+450	47+600	Didyr
7	58+500	60+300	Kia
8	64+200	65+700	Sapala
9	72+500	74+100	Kéra
10	76+200	78+400	Issapoogo
11	80+000	82+000	Koin
12	87+000		Toma

Couverture Végétale

La végétation rencontrée le long du tracé évolue d'une végétation de savane arbustive dans l'ensemble à une végétation arborée le long des cours d'eau importants.

La végétation est du type arbustive de plus en plus clairsemée, avec une prédominance très nette d'arbres à épineux.

On rencontre toutefois des reliques de forêts le long des cours d'eau et sur les zones de réserves.

Description du tracé existant

La route Koudougou – Réo - Toma longue de 87 km objet de notre étude est située dans les provinces du BOULKIEMDE, du SANGUIE, du NAYALA et du SOUROU.

La route est subdivisée en deux tronçons:

Koudougou – Didyr 50km

Route nouvellement réhabilitée dans le cadre du projet de réhabilitation de 800km de route en terre financement BAD. Ce tronçon en remblai a reçu en 2006, dans le cadre du projet d'entretien périodique, une amélioration en graveleux latéritiques; la chaussée est large de 7m.

Tronçon Didyr –Toma 23km

La route existante est une piste et est presque partout encaissée ; ce qui ne favorise pas l'écoulement des eaux. La chaussée est large de 5 à 6m. Il y a beaucoup de points bas sans ouvrages ce qui fait que les eaux traversent la route à plusieurs endroits.

Description générale

Le PK 0+000 de la route est situé à l'intersection avec la route Koudougou –Dédougou dans la ville de Koudougou située à 97 kilomètres de Ouagadougou.

Cette route s'étend dans le Nord-Ouest du Burkina Faso et relie la ville de Koudougou à celles de Réo et Toma.

La topographie du terrain est en général plate avec de grands plateaux latéritiques surmontés de quelques collines. Quant au tracé en plan, la géométrie est caractérisée par des alignements relativement longs avec des courbes de grands rayons exception faite de quelques endroits où la géométrie curviligne est caractérisée par des courbes de petits rayons.

Pour ce qui est de l'état de la surface de la route, il y a quelques sections qui présentent des tôles ondulées et un lessivage de couche de roulement causé par l'écoulement des eaux sur la route qui sert souvent de canal.

3. Etudes hydrologique et hydraulique

3.1 Etude climatique

3.1.1 Contexte géographique

La route, objet de la présente étude, se situe entre les villes de Koudougou, province du BOULKIEMDE et de Toma, province de SOUROU, entre les coordonnées géographiques prises au GPS et confirmées par la carte IGN au 1/200 000 des régions de Koudougou et Toma suivantes :

Désignation	Longitude	Latitude
PK début de projet : Koudougou	02°22'25"W	12°16'18"W
PK fin de projet : Toma	02°53'42"W	12°46'05"W

Tableau 2 : Coordonnées géographiques du début et fin du projet

3.1.2 Régime climatique

La route Koudougou-Toma se situe dans la zone soudano-sahélienne, avec des pluies annuelles se situant entre 700 et 850 mm. Ce climat est caractérisé par l'alternance de deux saisons bien contrastées :

- Une saison sèche axé sur le mois de janvier et s'étalant sur 08 mois, d'octobre à mai ;
- Une saison des pluies axée sur le mois d'août, d'une durée moyenne de 04 mois, de juin à septembre, précédée et suivie d'orages épars.

Ce régime climatique est régi par le flux et le reflux de deux types de masse d'air :

- L'harmattan, vent sec et brumeux, chaud le jour et frais la nuit, provenant de l'anticyclone saharien (zone de haute pression) et dirigé vers la zone de convergence intertropicale suivant la direction

privilégiée Nord - Est ; Sud – Ouest, et s’installant durant la saison sèche ;

- ☑ La mousson, chargée d’humidité maritime, provenant de l’anticyclone de Saint Hélène et également dirigée vers la zone de convergence intertropicale selon la direction privilégiée Nord – Est ; Sud – Ouest.

Le mouvement de la surface de contact entre les deux masses d’air appelée front intertropical (FIT) détermine le climat bi-saisonnier ci-dessus décrit que connaissent les régions où se situe la route à étudier.

3.1.3 Pluviométrie

L’analyse des pluies a été faite à partir des données pluviométriques des stations pluviométriques de Koudougou et Toma situés sur le parcours et qui dispose d’un nombre élevé d’échantillons avec une série continue.

Les caractéristiques de ces données pluviométriques sont les suivantes :

Station	Années de mesure pluies mensuelles	Nombre d’échantillons pluies mensuelles	Années de mesure pluies journalières max	Nombre d’échantillons pluies journalières max
Koudougou	1940 – 2005	62	1950 - 2001	52
Toma	1950 - 2006	57	1950 - 2006	57

Tableau 3:Les caractéristiques des données pluviométriques

Les stations de Koudougou et Toma dispose d’une série de données pluviométriques continues. Pour certifier la fiabilité des données et leur homogénéité, nous avons utilisé la méthode des moyennes mobiles.

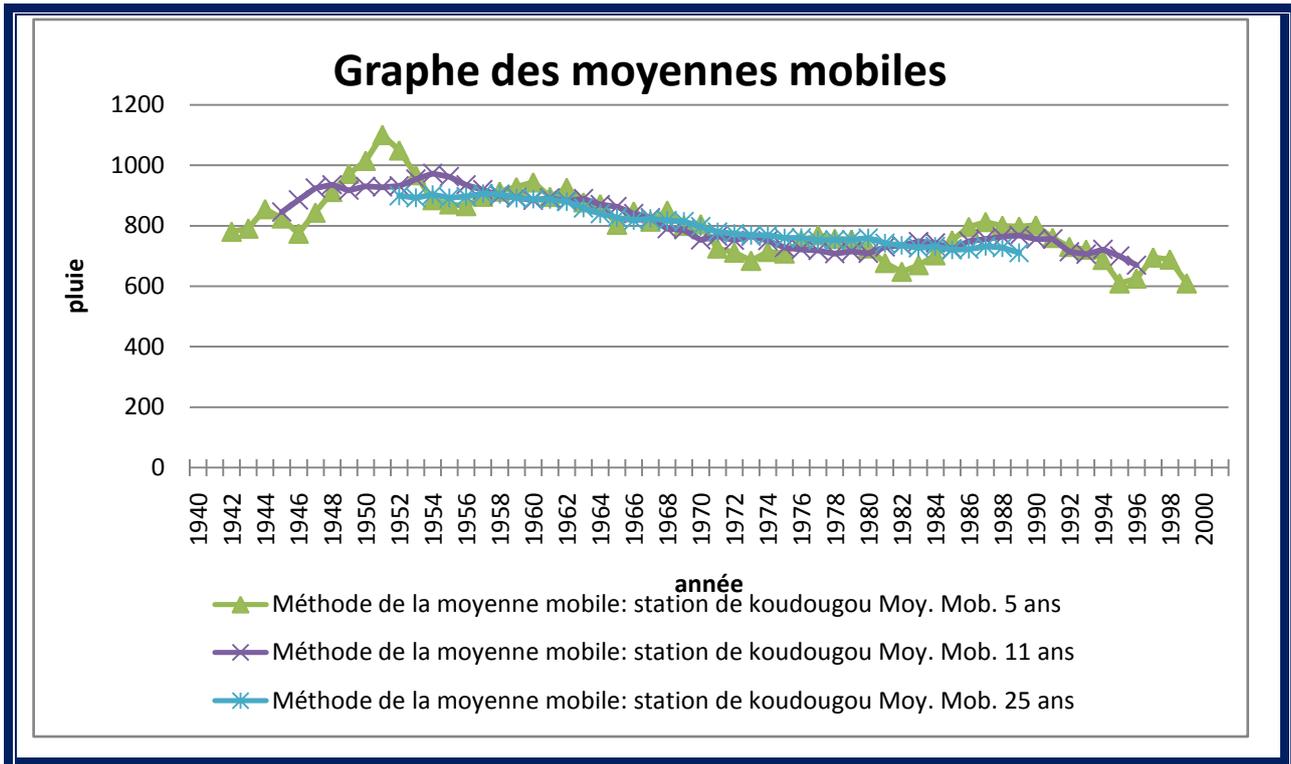


Figure 4: Moyenne mobile de la station de Koudougou

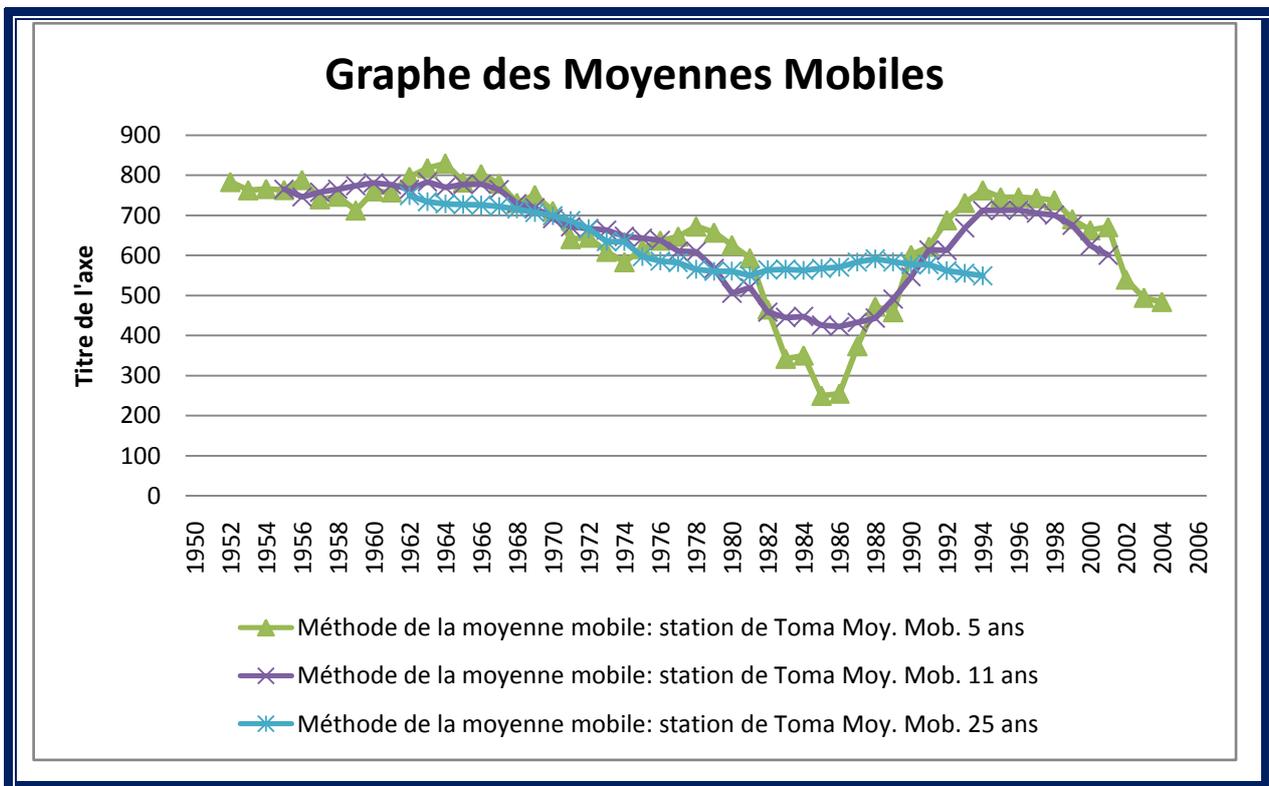


Figure 5: Moyenne mobile de la station de Toma

L'analyse des ces graphiques précédents permet de conclure que les données des ces deux stations sont homogènes et utilisable dans le cadre de notre étude. Une analyse statistique plus approfondie des données permet de conclure que la détermination des pluies annuelles moyenne sera par l'ajustement suivant la loi de Gauss et la détermination des pluies journalières maximales par la loi de Gumbel.

En effet, on constate que, dans le cas de l'analyse des valeurs statistiques, pour la détermination des pluies moyennes annuelles, les valeurs centrales (la médiane et la moyenne) sont très peu différentes, on n'en conclut que la distribution est normale ou gaussienne. Et pour la détermination des pluies journalières maximales, les valeurs du mode et de la moyenne sont nettement différentes et la valeur de la médiane se trouve entre ces deux dernières.

Pour réaliser ces ajustements, nous avons utilisé deux (2) logiciels spécialisés dans le domaine à savoir : SAFARHY et HYFRAN. L'analyse des résultats proposés par ces logiciels nous permettrons de faire un choix judicieux sur les valeurs des pluies périodiques.

HYFRAN est un logiciel permettant d'ajuster les différentes lois statistiques à un échantillon d'observation indépendantes et identiquement distribuées. Ce logiciel a été développé par l'équipe de la chaire d'hydrologie statistique (Hydro – Québec / CRSNG / Alcan), situé à l'institut de la recherche scientifique (Québec).

SAFARHY permet de faire l'étude statistique et l'analyse fréquentielle adaptée à l'évaluation du risque en hydrologie. Ce logiciel a été développé par le laboratoire d'hydrologie de l'ORSTOM et par le laboratoire d'hydrologie de l'université des sciences et technologiques du Languedoc.

La synthèse de l'analyse des résultats obtenus par ces deux logiciels et les calculs théoriques donne les résultats suivants :

Pluies périodiques	Koudougou valeur (mm)	Toma valeur (mm)
Pluie annuelle moyenne (P10)	795	659
Pluie journalière décennale humide (P10)	89	74
Pluie journalière vingtennale humide (P20)	100	85
Pluie journalière cinquanteennale humide (P50)	113	98
Pluie journalière centennale humide (P100)	123	108

Tableau 4: Récapitulatif des résultats des études pluviométriques

La pluviométrie moyenne annuelle étant inférieure à 800 mm, le régime pluviométrique est le régime soudano-sahélienne.

3.2 Prédétermination des crues

La méthode de travail a consisté à des investigations hydrologiques de terrain et de bureau.

3.2.1 Principe des investigations de terrain

Une visite de reconnaissance des ouvrages existants et des passages d'eau a été effectuée.

Chaque ouvrage existant a été identifié, localisé, mesuré, étudié sur place et repéré sur la carte IGN au 1/200 000 de la zone et sur les tableaux présentés dans l'étude d'APS. Un diagnostic de l'état physique et du fonctionnement des ouvrages existants a été apprécié.

Ce diagnostic a porté sur :

- Les dégradations sur les ouvrages ;
- La destruction des ouvrages ;
- Les mesures des dimensions des ouvrages ;
- La nécessité de garder l'ouvrage, la démolir et la remplacer, la remplacer en la déviant à l'amont ou à l'aval tout en gardant l'ancien ouvrage, d'y ajouter un complément afin de se conformer à la largeur de la nouvelle route ;
- L'appréciation des niveaux couramment et rarement atteints par les eaux de crue auprès des riverains et surtout des usagers de passage.

3.2.2 Identification des passages d'eau

Chaque passage d'eau a été identifié, localisé, mesuré, étudié sur place et repéré sur la carte IGN au 1/200 000 de la zone et sur les tableaux présentés dans l'étude d'APS. Le diagnostic a porté sur les aspects suivants :

- L'importance du passage d'eau
- L'importance du cours d'eau
- L'état de dégradation ou de destruction de la chaussée au niveau du passage d'eau

Après les investigations de terrain aussi bien pour les ouvrages existants que neuf, il a été fait au bureau :

- Une estimation de l'étendu des bassins versants ;
- Une estimation des aspects physiques des bassins versants ;
- La détermination des paramètres d'estimation de la crue décennale ;

- Une estimation de la crue décennale à chaque bassin versant ;
- Une estimation des autres débits de crue sur la base de la crue décennale.

3.2.3 Méthodes de détermination des débits de crues décennales

3.2.3.1 Condition général du déroulement de l'étude hydrologique

La détermination des caractéristiques morphologiques des bassins et des conditions d'écoulement a été réalisée à partir des documents cartographiques, des informations bibliographiques et des données pluviométriques disponibles sur la région.

A défaut de cartes à échelles plus grandes, ce sont les cartes de l'IGB à l'échelle 1/200 000ème qui ont été utilisées pour délimiter les bassins versants, analyser le relief et estimer les paramètres morphologiques des bassins : superficie, périmètre, pente de l'écoulement, coefficient de ruissellement et temps de base.

3.2.3.2 Présentation des méthodes de calcul

➤ METHODE DE RODIER AUVRAY POUR LES PETITS BASSINS VERSANTS

Cette méthode, dite aussi méthode de ORSTOM, s'applique à des bassins versants de taille inférieurs à 1 500 km² en Afrique Occidentale. Au-delà de cette limite, les auteurs estiment qu'il devient et souvent impossible de déterminer la lame précipitée de fréquence décennale à partir de l'averse ponctuelle de même récurrence. A partir des résultats de 60 bassins versants observés sous des régimes pluviométriques couvrant l'étendue géographique des isohyètes de pluies annuelles comprises entre 150 à 1 200 mm, RODIER & AUVRAY ont proposé une estimation de débit de pointe de la crue décennale par une méthodologie résumée par la relation suivante (FAO,1996) :

$$Q_{\max, 10} = m \times A \times \alpha \times P_{10} \times Kr_{10} \times S/Tb$$

- avec :
- $Q_{\max 10}$: le débit maximum décennal (m^3/s),
 - m : le coefficient de majoration d'écoulement prenant en compte le débit d'écoulement retardé estimé entre 1,03 et 1,15 au regard de la perméabilité et de la taille des bassins ;
 - A : le coefficient d'abattement,
 - α : le coefficient de pointe,
 - P_{10} : la précipitation décennale ponctuelle journalière (m);
 - Kr_{10} : le coefficient de ruissellement décennal,
 - S : la superficie du bassin versant (m^2);
 - Tb : le temps de base (s).

Équation 1: Formule de la méthode ORSTOM pour la détermination de la crue décennale

Ces paramètres dépendent des caractéristiques climatiques régionales et des caractéristiques géomorphologiques de chaque bassin (surface, indice de pente, perméabilité).

➔ **METHODE DU CIEH**

La méthode développée par le CIEH, reprend les principes fondamentaux d'études statistiques mais en se servant de données enrichies des mesures effectuées ces dernières années. Cette méthode due à PUECH & CHABI-GONNI (1983, révision en 1994), repose sur l'étude statistique initiale de 162 bassins dont la superficie varie entre 0,07 et 2 500 km² (414 bassins versants lors de la révision de 1994) pour des pluies annuelles comprises entre 100 et 2 500 mm. Sur l'échantillon de bassins versants utilisés, les auteurs montrent que cette méthode est satisfaisante pour des conditions de perméabilité et de relief moyennes. Des conditions extrêmes peuvent entraîner de fortes erreurs (FAO, 1996).

Le débit décennal en m³/s est donné par les formules suivantes :

$$Q_{10} = a S^s P_{an}^p I_g^i K_{r10}^k D_d^d$$

Avec : a, s, p, i, k, d... sont des coefficients d'ajustement déterminés par des régressions multiples et,

Q₁₀ : le débit de crue décennale (m³/s) ;

S : superficie du bassin (km²) ;

I_g : indice global de pente (m/km) ;

P_{an} : pluie annuelle moyenne (mm) ;

K_{r10} : coefficient de ruissellement décennal (%) ;

D_d : densité de drainage (km⁻¹)

P_{m10} : la précipitation moyenne décennale en mm;

Équation 2:Formule de la méthode CIEH pour la détermination de la crue décennale

➔ **METHODE DE FRANCOU & RODIER POUR LES GRANDS BASSINS VERSANTS**

Pour les grands bassins versants, l'hétérogénéité des pluies fait que les méthodes précédentes ne sont plus valables. FRANCOU-RODIER (1967) propose une estimation de débit de pointe de la crue centennale des grands bassins versants, par une démarche résumée par la relation suivante :

$$Q_{100} = 10^6 (S/10^8)^{1-K/10}$$

Avec :

Q₁₀₀ : Débit de pointe de la crue centennale (m³/s);

S : Surface du bassin versant (km²) ;

K : Coefficient régional considéré égal à 3,4 pour la région d'étude

Équation 3:Formule de la méthode de FRANCOU-RODIER

➔ **METHODE RATIONNELLE**

Cette méthode est beaucoup utilisée pour l'estimation des crues sur **des bassins versants urbains** de superficie inférieure à 4 km², mais elle comporte beaucoup de limites.

Théoriquement la méthode rationnelle surestime les débits dans la mesure où elle n'intègre en rien les effets dynamiques du réseau, et notamment les effets de stockage. Le débit en m³/s de la crue décennale est donné par la formule suivante :

$Q_{10} = 0,278 CIA$

Avec :

C : le coefficient de ruissellement décennal

I : Intensité de l'averse en mm/h

A : superficie du bassin versant en km²

Q₁₀ : débit à l'exutoire en m³/s

Équation 4: Formule de la méthode rationnelle pour la détermination de la crue décennale

➔ **METHODE DE CAQUOT**

Ce modèle permet d'estimer les crues sur **des bassins versants urbains** et ne s'applique qu'à des bassins ou groupement de bassins dont la surface est inférieure à 200 ha et les pentes moyennes comprises entre 0,002 et 0,05 m/m. Elle n'est utilisée que pour des bassins versants urbains homogènes et équipés de réseaux d'assainissement bien dimensionnés.

$$Q(T) = k(M, T) \frac{1}{u(T)} C \frac{1}{u(T)} I \frac{v(T)}{u(T)} \frac{w(T)}{u(T)} A$$

Où :

Q (F) = débit maximal à l'exutoire de fréquence F (en m³/s) ;

C = coefficient de ruissellement ;

I = pente moyenne du bassin (en m/m) ;

A = superficie du bassin versant en ha ;

K (M, T), u(T), v(T), w(T) sont des fonctions dépendant des coefficients de Caquot et de Montana.

Avec :

$$\left. \begin{array}{l} - K(M, T) = \frac{\alpha \mu^{b(T)}}{6(\beta + \delta)} \\ - u(T) = 1 - b(T).f \\ - v(T) = c.b(T) \\ w(T) = 1 - \varepsilon + d.b(T) \end{array} \right\} \begin{array}{ll} \beta + \delta = 1.40 ; & c = -0.41 \\ \varepsilon = 0.05 ; & d = 0.507 \\ \mu = 0.19.M^{0.84} ; & f = -0.287 \end{array}$$

Équation 5: Formule du modèle de Caquot pour la détermination de la crue décennale

NOTA BENE :

La détermination des débits de crues est fondamentale dans la conception et le dimensionnement des ouvrages d'arts. Les différentes méthodes utilisées pour la détermination des débits de crues donnent des résultats différents ou plus ou moins proche. Il en découle qu'une analyse de ces résultats permettra de statuer au niveau du choix du débit de crue pour le dimensionnement de chaque ouvrage.

➔ **Estimation des crues vingtennale, cinquannennale et centennale**

L'estimation des débits de pointe de la crue de période de retour supérieure à 10 ans, se fera en admettant selon la théorie du Gradex (Distribution statistiques des pluies et des débits Gumbeliennes), où toute précipitation extrême au-delà de la décennale, engendre un supplément de débit égal au supplément de pluie par rapport à la pluie décennale. L'expression de cette hypothèse s'écrit :

$$Q_T = R_{T,Q} \cdot Q_{10}$$

Q_{10} : Débit décennal ;

Q_T : Débit relatif à une période de retour donnée ;

$R_{T,Q}$: Coefficient de passage ;

Équation 6: Estimation des débits de pointe de crue supérieur à 10 ans

Les débits de crues autres que la décennale s'obtiennent en multipliant le débit de crue décennale par la valeur $R_{T,Q}$ correspondante à une période de retour T, ci-dessous les coefficients de passage retenus pour $R_{T,Q}$ d'après la distribution statistique suivante des pluies journalières maximales annuelles des stations de Koudougou et Toma.

T	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
$P_{jmax}(mm)$	79,97	90,38	100,37	113,3	122,98
$R_{T,Q}$	0,885	1,000	1,111	1,254	1,361

Tableau 5: Coefficient de passage station de Koudougou

T	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
$P_{jmax}(mm)$	63,01	74,13	84,26	97,71	107,79
$R_{T,Q}$	0,850	1,000	1,137	1,318	1,454

Tableau 6: Coefficient de passage station de Toma

R_{T,Q} adopté	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
	0,867	1,000	1,124	1,286	1,407

Tableau 7: Coefficient adopté

Pour les pluies vingtennale, cinquantennale et centennale, les coefficients R_{T,G} adoptés sont obtenus grâce à la moyenne des coefficients entre ces deux stations. Pour le cas particulier de la crue centennale, on utilise également la méthode du Gradex qui fait appel au coefficient C en se basant sur l'hypothèse que : pour un évènement de période de retour supérieur à 10 ans, l'ensemble des volumes précipités ruissellent. Ainsi, on obtient :

$$Q_{100} = C \times Q_{10}$$

$$\text{Où: } C = 1 + \frac{P_{100} - P_{10}}{P_{10}} + \frac{(T_b/24)^{0,12}}{K r_{10}}$$

Avec :

Kr₁₀ : Coefficient de crue décennale exprimé en fraction ;

T_b : Temps de base en heures

Équation 7: Estimation de la crue centennale à partir de la crue décennale

3.2.4 Analyse des bassins versants

3.2.4.1 Caractéristiques des bassins

La délimitation des bassins versants a été effectuée sur les cartes IGN à l'échelle 1/200 000ème à partir du logiciel ARCVIEW.

ARCVIEW est un logiciel qui permet de visualiser, explorer, interroger et analyser des données spatiales. C'est un logiciel développé par Environmental Systems Research Institute (ESRI), les créateurs d'ARC/INFO, devenu le système d'information géographique (SIG) de référence.

Avec l'utilisation de ce logiciel, les données cartographiques de la zone du projet sont transformées en fichiers de formes et permettrons de déterminer les caractéristiques des bassins versants à savoir la surface, le périmètre, l'indice global de pente, la pente, le type de sol. Après avoir répertorié le point de passage d'eau sur la route par observation de la carte, on identifie le réseau hydrographique concerné, les points hauts, les courbes de niveau puis on

trace la ligne de partage des eaux en suivant les lignes de crête en rejoignant l'exutoire par une ligne de plus grande pente perpendiculairement aux courbes de niveaux. La délimitation des bassins versants nous a permis de distinguer soixante quinze bassins élémentaires de superficies variant de quelques hectares à 38 km², un grand versant de 4 324 km².

Les planches de délimitation des bassins versants sont présentées en annexe.

Le tableau suivant donne le nombre des bassins versants par intervalle de superficie ainsi que la méthode de calcul de débit à utiliser pour chaque catégorie :

Superficie en km ²	Nombre des BV	Méthodes utilisées
0 à 1 000	75	RODIER & AUVRAY
> 1 000	1	FRANCOU & RODIER

Tableau 8: Ensemble des méthodes de calculs de débit utilisées

3.2.4.2 Calcul des débits de projet

➤ Choix de la méthode de calcul

Comme précisé ci-haut, la méthode choisie pour le calcul de débit décennal est :

- La méthode de RODIER & AUVRAY et la méthode du CIEH, pour les bassins dont la superficie est inférieure à 38 km² ;
- La méthode de FRANCOU & RODIER pour le bassin versant de taille supérieur à 1 000 km².

➤ . Erreurs types et validation

Toutes les formules utilisées sont critiquables sur certains de leurs points d'appui. L'objet ici n'est pas la critique, il s'agit néanmoins d'admettre que chaque résultat obtenu par une formule ou une autre est entachée d'une certaine incertitude.

L'utilisation concurremment de ces formules permet de prédéterminer le débit de crue probable, selon des approches très différentes. Comme a priori, il n'y a pas de raison d'accorder plus de crédit à une formule plutôt qu'à une autre, la validation de la valeur à adopter se fera en considérant pour chaque résultat une erreur relative probable équivalente à l'erreur relative calculée pour les pluies extrêmes des séries de Koudougou et Toma, après ajustement de la loi de Gumbel.

Il est prudent de considérer un intervalle de confiance à 80 %. Pour la crue décennale, d'après les séries des pluies extrêmes de Koudougou et Toma, nous admettons donc les écarts probables à la valeur estimée comme suit :

Coefficients	Borne inférieure 10%	Borne supérieure 90%
Koudougou	0,937	1,063
Toma	0,923	1,077
Valeurs adoptées	0,930	1,070

Tableau 9: Valeurs des erreurs types et validation

➤ Choix de la période de retour

Le choix de cette fréquence doit prendre en considération d'une part le coût d'investissement du réseau ou de l'ouvrage et d'autre part les conséquences d'un débordement pour une fréquence plus importante.

Vu l'importance de la route en question et selon les termes de références, la fréquence utilisées est celles de 10 ans.

NOTA.BENE : Pour le cas du très grand bassin versant, le débit de crue sera estimé avec la période de retour de 100 ans.

3.2.5 Détermination des paramètres de calcul

3.2.5.1 Méthode ORSTOM

Sachant que : $Q_{\max, 10} = m \times A \times \alpha_{10} \times P_{10} \times Kr_{10} \times S/Tb$

➤ Pluie journalière décennale (P_{10})

La pluie journalière décennale P_{10} est déterminée à partir des séries pluviométriques de Koudougou et Toma sur des périodes d'observation de plus de 50 ans.

D'une extrémité à l'autre de la route, la pluie journalière décennale P_{10} considérée varie de 89 mm vers Koudougou à 74 mm vers Toma. On adoptera une pluie de projet P_{10} égale à 90 mm.

➤ Coefficient d'abattement (A)

La précipitation moyenne sur le bassin versant P_{m10} , est obtenue en multipliant la hauteur de précipitation ponctuelle P_{10} par le coefficient d'abattement A , déterminé par l'équation simplifiée de Villaume (1974) :

$$P_{m10} = A \cdot P_{10}$$

$$\text{Avec : } A = 1 - \frac{(161 - 0,042 \cdot P_{an})}{1000} \log s$$

S : Superficie du bassin versant en km² ;

P_{an} : Précipitation moyenne annuelle (mm, qui est déterminée à partir des séries de pluies annuelles de Koudougou et Toma, respectivement égales à 795mm/an et 659 mm/an. On adoptera pour les calculs 730 mm/an.

➔ Coefficient de ruissellement (Kr10)

Les coefficients de ruissellement sont déduits des abaques de la méthode d'AUVRAY-RODIER (Crues et Apport ; manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche. (FAO-CAMAGREF-ORESTOM-CIEH : 1996 : pages 37-40).

D'après la décomposition de l'ORSTOM en terme de perméabilité et de pente, nos investigations sur terrain et la monographie hydrologique des bassins versants : les coefficients de ruissellement Kr10 (coefficient de ruissellement décennal) retenus sont les suivants :

- Pour une pente forte à moyenne, le coefficient de ruissellement Kr10 est en général de l'ordre de 30 à 35% ;
- Pour une pente moyenne à faible, le coefficient de ruissellement Kr10 retenu est en général de l'ordre de l'ordre de 25 à 30%

➔ Temps de base (T_b)

Les temps de base sont déduits des abaques de la méthode d'AUVRAY-RODIER (cf. Crues et Apports ; manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche. (FAO-CAMAGREF-ORESTOM-CIEH : 1996 : pages 44-46).

➔ Coefficient de pointe (α₁₀)

Le coefficient de pointe m est donné par le tableau ci-après :

Relief du bassin	Superficie en km ²		
	Inférieur à 5	De 5 à 10	Supérieur à 10
Plaine	1,9	2,2	2,3
Montagne	2	2,3	2,5

Tableau 10: Coefficient de pointe k (Source: Hydraulique Routière_ BCEOM)

3.2.5.2 Méthode CIEH

En se basant sur les études récentes du CIEH (C. Puech et D. Chabi Gonni) et en tenant compte des caractéristiques du bassin et de son emplacement, les équations de débit décennal envisageable sont celles callées et validées pour une soixantaine de bassins versants du Burkina Faso, et qui s'appuie sur quatres variables caractéristiques du débit :

Équation N°10 :	$Q_{10} = 0,0833.S^{0,696}.Ig^{0,953}.Kr_{10}^{0,534}$
Équation N°12 :	$Q_{10} = 0,095.S^{0,643}.Ig^{0,406}.Kr_{10}^{1,038}$
Équation N°39 :	$Q_{10} = 0,41.S^{0,425}.Kr_{10}^{0,923}$
Équation N°40 :	$Q_{10} = 0,254.S^{0,462}.Ig^{0,101}.Kr_{10}^{0,976}$
Équation N°44 :	$Q_{10} = 203.S^{0,459}.Pm_{10}^{-1,301}.Kr_{10}^{0,813}$

Avec :

Q_{10} : Débit décennal en m³/s ;

S : Surface du bassin versant en km² ;

Ig : Indice de pente global en m/km ;

Kr10 : Coefficient de ruissellement décennal.

P_{m10} : la précipitation moyenne décennale en mm;

3.2.6 Calcul des débits de crue

Cette étape consiste à effectuer le calcul des débits de pointe pour tous les bassins versants et pour diverses fréquences : de 10 ans, 20 ans, 50 ans, et 100 ans pour les ouvrages d'art. Ces débits déterminés serviront comme débits de crue de projet pour chaque ouvrage à dimensionner en fonction de la période de retour. Pour le dimensionnement de nos ouvrages dans le cadre de notre projet, le débit de crue décennale uniquement sera utilisé. Bien vrai que selon la grandeur de la superficie du bassin versant concerné et l'importance qu'on accorde à la route et le niveau de sécurité qu'on désire obtenir, les autres débits peuvent être adéquats pour le dimensionnement des ouvrages.

Les résultats de calculs des différents débits sont contenus dans l'annexe VI : Détails de calculs de l'étude hydrologique

3.2.7 Dimensionnement hydraulique des ouvrages

Pour notre projet, nous nous intéressons seulement aux dalots cadres fermés avec sortie libre. Ces dalots sont en béton armé et présente une section rectangulaire.

Bien vrai qu'il existe une multitude d'ouvrages qui peuvent répondre à nos besoins, notre choix d'ouvrage s'est porté sur les dalots cadres fermés. En effet, en lieu et place des dalots, nous pouvons utiliser les ponts, les buses ou encore les radiers submersibles. Cependant, les radiers submersibles présentent un inconvénient majeur, c'est qu'en période de grande crue la route est impraticable, cette situation ne peut être admise ni toléré, car notre route sera revêtue et on la veut praticable en toute saison. Les ponts sont utilisés dans le cas des très grands ouvrages. Nous avons recommandé cette ouvrage au PK 31+700, mais l'étude de ce pont ne fait pas partie de notre projet. Quant aux buses, ce sont des ouvrages très coûteux par rapport aux dalots lorsque le débit à évacuer est élevé, qui demande un grand remblai de protection. Or nous sommes guidés par le souci de minimiser le coût du projet, pour cela diminuer la hauteur de remblai nous sera d'une grande considération.

De tout ce qui précède, notre choix des dalots apparaît comme un choix judicieux, compte tenu du fait que les débits à évacuer dépassent $10 \text{ m}^3/\text{s}$ en général, et ces ouvrages ne nécessite pas un grand entretien. En plus les dalots sont des ouvrages sous chaussée qui ne nécessitent aucun remblai : une circulation à même la dalle peut être envisagée moyennant des précautions lors de la construction. Il ne peut en général admettre une faible épaisseur de remblai (de l'ordre de un ou deux mètres), à moins d'être spécialement calculés pour des surcharges (Hydraulique routière, 1981). Pour tenir compte de la nature du sol peu résistant, le choix des dalots cadres fermés a été adopté au détriment des dalots ordinaires et portiques qui demandent une résistance plus grande du sol. Dans le souci de minimiser la hauteur du remblai, les dalots cadre auront une hauteur maximale de 1,5 m en tenant compte d'une

revanche de 0,5 m. Ensuite, les ouvrages sont dimensionnés pour un écoulement à surface libre avec une pente de 1% et une vitesse moyenne inférieure à 3 m/s.

Suivant l'ordre de grandeur des débits calculés et issus des bassins versants, les ouvrages hydrauliques projetés sont soit des dalots simples, soit des dalots multiples.

La capacité de l'ouvrage hydraulique projeté est déterminée en fonction du débit calculé et correspondant au bassin versant à drainer.

La capacité hydraulique de l'ouvrage projeté est dimensionnée en régime torrentiel.

Le débit capable de l'ouvrage est basé sur la formule de Manning :

$$Q = K \times S \times R_H^{2/3} \times I_c^{1/2}$$

Avec :

K : Rugosité et vaut 70

S : Section mouillée de l'ouvrage en m²

R_H : Rayon hydraulique en m

I_c : Pente critique

On adoptant des variables adimensionnelles, la relation a été déterminée expérimentalement et est mise sous la forme suivante :

Q* = fonction (H1*)

$$Q^* = \frac{Q}{A \cdot (2 \cdot g \cdot D)^{1/2}} \quad \text{et} \quad H_1^* = \frac{H_1}{D}$$

Avec :

g : accélérateur de la pesanteur (g = 9,81 m/s²)

D : Hauteur du dalot en m

A : Section du dalot en m²

De même la pente critique est déterminée expérimentalement et elle est mise sous forme suivante :

Q^* = fonction (I_c^*)

$$Q^* = \frac{Q}{[g \cdot B^5]^{\frac{1}{2}}} \text{ et } I_c^* = \frac{I_c}{K^2 \cdot (D)^{\frac{1}{3}}}$$

Avec :

g : accélérateur de la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

D : Hauteur du dalot en m

B : Largeur du dalot en m

La vitesse d'écoulement dans l'ouvrage est déterminée aussi expérimentalement et elle est mise sous la forme suivante :

Q^* = fonction (V^*)

$$Q^* = \frac{Q}{K \cdot I^{1/2} \cdot D^{\frac{8}{3}}} \text{ et } V^* = \frac{V}{K \cdot I^{1/2} \cdot D^{2/3}}$$

Avec :

D : Hauteur du dalot en m

Les valeurs de H_1^* , I_c^* et V^* sont établis à partir des abaques fondés par Nguyen Van Tu. (cf. Hydraulique routière ; Nguyen Van Tu, 1981).

Les conditions d'application de la précédente formule sont :

- La charge H_1 à l'amont de l'ouvrage doit être inférieure à 125 % de la hauteur intérieure de l'ouvrage ($H < 1,25 D$) ;
- La pente longitudinale de l'ouvrage doit être inférieure ou égale à la pente critique I_c ;
- La vitesse limite dans l'ouvrage bétonné est de 3 m/s.

Compte tenu du degré de sécurité et de protection de la route, les ouvrages hydrauliques (O H) sont dimensionnés pour des périodes de retour de 10 ans.

Pour des raisons d'ensablement et d'entretien, la section hydraulique minimale qu'on peut considérée le long de la route est de (1,0 x 1,0).

Afin de standardiser les ouvrages hydrauliques, six types de dalot simple ou multiple sont utilisés :

- Dalot (2,0 x 1,0)
- Dalot (2,0 x 1,5)
- Dalot (3,0 x 1,0)
- Dalot (3,0 x 1,5)
- Dalot (4,0 x 1,0)
- Dalot (4,0 x 1,0)

Les résultats de calcul des sections de dalots sont contenus dans le tableau suivant :

Bassin	Crue de projet Q évacué par les dalots (m ³ /s)	H1(m)	Ic (mm)	Vitesse (m/s)	Dimensions adoptées
BV1	11,16	0,79	0,005	2,48	3 x 300 x 100
BV2	7,44	1,06	0,009	1,86	2 x 200 x 150
BV3	13,95	1,21	0,008	2,33	2 x 300 x 150
BV4	13,02	0,88	0,005	2,89	3 x 300 x 100
BV5	15,12	1,27	0,008	2,52	2 x 300 x 150
BV6	13,95	1,21	0,008	2,33	2 x 300 x 150
BV7	10,23	0,75	0,005	2,27	3 x 300 x 100
BV8	9,30	0,72	0,005	2,07	3 x 300 x 100
BV9	4,65	0,98	0,008	1,55	1 x 300 x 150
BV10	23,87	1,10	0,008	1,99	3 x 400 x 150
BV11	15,87	1,32	0,008	2,65	2 x 300 x 150
BV12	8,37	0,86	0,005	2,79	2 x 300 x 100
BV13	5,58	0,86	0,006	2,79	2 x 200 x 100
BV14	15,81	1,31	0,009	2,64	3 x 200 x 150
BV15	23,25	1,29	0,008	2,58	3 x 300 x 150
BV16	17,67	1,09	0,008	1,96	3 x 300 x 150
BV17	8,37	0,86	0,006	2,79	3 x 200 x 100
BV18	11,16	0,79	0,005	2,48	3 x 300 x 100
BV19	5,58	0,68	0,009	1,86	3 x 200 x 100

BV20	11,16	0,79	0,009	2,48	3 x 300 x 100
BV21	11,16	0,79	0,009	2,48	3 x 300 x 100
BV22	9,30	0,72	0,009	2,07	3 x 300 x 100
BV23	10,23	0,75	0,009	2,27	3 x 300 x 100
BV24					
BV25	15,81	0,83	0,009	2,64	3 x 400 x 100
BV26	21,08	0,83	0,009	2,64	4 x 400 x 100
BV27	23,46	0,89	0,009	2,93	4 x 400 x 100
BV28	13,02	0,88	0,009	2,89	3 x 300 x 100
BV29	12,09	0,84	0,009	2,69	3 x 300 x 100
BV30	9,30	0,72	0,009	2,07	3 x 300 x 100
BV31	13,02	0,88	0,009	2,89	3 x 300 x 100
BV32	12,09	0,84	0,009	2,69	3 x 300 x 100
BV33	9,30	0,72	0,009	2,07	3 x 300 x 100
BV34	10,23	0,75	0,009	2,27	3 x 300 x 100
BV35	11,16	0,79	0,009	2,48	3 x 300 x 100
BV36	12,87	0,87	0,009	2,86	3 x 300 x 100
BV37	13,02	0,88	0,009	2,89	3 x 300 x 100
BV38	11,16	0,79	0,009	2,48	3 x 300 x 100
BV39	11,16	0,79	0,009	2,48	3 x 300 x 100
BV40	9,30	0,72	0,009	2,07	3 x 300 x 100
BV41	10,00	0,74	0,009	2,22	3 x 300 x 100
BV42	9,30	0,72	0,009	2,07	3 x 300 x 100
BV43	8,37	0,86	0,009	2,79	2 x 300 x 100
BV44	8,37	0,86	0,009	2,79	2 x 300 x 100
BV45	9,30	0,72	0,009	2,07	3 x 300 x 100
BV46	9,30	0,72	0,009	2,07	3 x 300 x 100
BV47	9,30	0,72	0,009	2,07	3 x 300 x 100
BV48	8,37	0,86	0,009	2,79	2 x 300 x 100
BV49	7,44	0,65	0,009	1,65	3 x 300 x 100
BV50	9,30	0,72	0,009	2,07	3 x 300 x 100
BV51	11,16	0,79	0,009	2,48	3 x 300 x 100
BV52	11,16	0,79	0,009	2,48	3 x 300 x 100
BV53	10,23	0,75	0,009	2,27	3 x 300 x 100

BV54	8,37	0,86	0,009	2,79	2 x 300 x 100
BV55	13,02	0,88	0,009	2,89	3 x 300 x 100
BV56	23,21	0,88	0,009	2,90	4 x 400 x 100
BV57	9,30	0,72	0,009	2,07	3 x 300 x 100
BV58	11,16	0,79	0,009	2,48	3 x 300 x 100
BV59	10,23	0,75	0,009	2,27	3 x 300 x 100
BV60	7,44	0,79	0,009	2,48	2 x 300 x 100
BV61	15,83	0,83	0,009	2,64	3 x 400 x 100
BV62	14,88	0,79	0,009	2,48	3 x 400 x 100
BV63	14,88	0,79	0,009	2,48	3 x 400 x 100
BV64	13,95	0,76	0,009	2,33	3 x 400 x 100
BV65	15,81	0,70	0,009	1,98	4 x 400 x 100
BV66	13,02	0,88	0,009	2,89	3 x 300 x 100
BV67	13,02	0,88	0,009	2,89	3 x 300 x 100
BV68	13,95	0,76	0,009	2,33	3 x 400 x 100
BV69	15,81	0,83	0,009	2,64	3 x 400 x 100
BV70	13,02	0,88	0,009	2,89	3 x 300 x 100
BV71	13,02	0,88	0,009	2,89	3 x 300 x 100
BV72	6,51	0,74	0,009	2,17	2 x 300 x 100
BV73	12,09	0,84	0,009	2,69	3 x 300 x 100
BV74	13,02	0,88	0,009	2,89	3 x 300 x 100
BV75	13,10	0,88	0,009	2,91	3 x 300 x 100
BV76	12,03	0,83	0,009	2,67	3 x 300 x 100

Tableau 11: Les sections de dalots projetées

3.2.8 Protection des ouvrages

Pour les dalots, il est prévu une protection adéquate pour prévenir les dégradations dues à l'eau :

- Mise en place d'une couche d'enrochements latéritiques ou granitiques rangés à la main à l'amont ;
- Mise en place d'une couche gabions à l'aval
- Mise en place des gargouilles pour éviter que l'eau de ruissellement stagne sur l'ouvrage.

3.2.9 Drainage longitudinale de la plate-forme

L'effet de l'eau de ruissellement sur la route est multiple, on rappelle :

- ☑ Ceux qui mettent en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissante, inondation, etc ...) ;
- ☑ Ceux qui influent sur la stabilité et la pérennité des chaussées en dominant la portance des sols de fondation.

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

Pour ce faire, le drainage longitudinal de la plate-forme de la plate-forme consiste :

- ☑ A faire évacuer les eaux de ruissellement en provenance de l'emprise de la route (chaussée, accotements,...) vers les ouvrages de drainage longitudinal (fosses) situés selon le cas soit à gauche soit à droite, soit de deux côtés à la fois ;
- ☑ A faire évacuer les eaux de ruissellement en provenance des bassins versants extérieurs vers les exutoires naturels et par l'intermédiaire des ouvrages linéaires (fossés), des ouvrages hydrauliques (O H) et des ouvrages de décharge (O D).

4. Analyse technique et économique des ouvrages existants et projetés

L'étude hydrologique et hydraulique a été préparée de telle sorte à fournir les données relatives aux caractéristiques des ouvrages d'assainissement présents sur la route en terre existante ainsi que celles des bassins versants le long de la route et des ouvrages proposés conformément aux termes de référence proposés par la Direction Générale des Routes. Cette étude s'est déroulée en deux phases principales que sont les travaux de terrain et les travaux de bureau. En plus, le but principal de cette étude est le dimensionnement adéquat des ouvrages dans les parties de la route qui ont un mauvais assainissement.

La phase des travaux sur le terrain a permis de répertorier tous les ouvrages existants en ce qui concerne leur position exacte sur la route (PK), de faire un diagnostic général sur l'état de dégradation des ouvrages. De plus, les mesures des dimensions des ouvrages et des photos de ceux-ci ont été faites.

Les observations des ouvrages ont permis de déceler les problèmes généraux rencontrés à savoir le vieillissement des ouvrages, la dégradation et la fissuration avancée des ouvrages, l'érosion, l'ensablement et l'encroûtement du terrain à l'amont et / où à l'aval des ouvrages.

La phase de bureau a permis de dimensionner les dalots en suivant l'analyse profonde des facteurs climatologiques de la région ainsi que les caractéristiques des bassins versants affectant la route.

L'aménagement routier qu'on désire réaliser va permettre à la route existante de passer d'une catégorie B à la catégorie A. De ce fait, nous serons plus exigeant sur le choix des ouvrages existants

à conserver. Ainsi les ouvrages qui ne sont pas réalisés en béton armé seront à démolir, de même ceux qui présentent un état de dégradation avancé. On définit une route de catégorie B comme étant une route en terre avec 15 cm de couche de roulement et la catégorie A, c'est la route bitumée avec accotements avec un bon assainissement. L'analyse de chaque ouvrage permet de montrer les forces et faiblesses de l'ouvrage.

Cette analyse aide à la prise de décision sur le fait que l'ouvrage doit être démolie ou conservé dans le cadre de notre projet. Cette analyse a permis de déceler de nombreux problèmes au niveau des ouvrages à savoir l'état de vieillissement avancé des ouvrages et des dégradations multiples sur les différents ouvrages. Au niveau des dégradations, on remarque sur plusieurs ouvrages le long de la route, des fissurations avancées du béton du radier et du tablier, les fissurations des murs en aile et guide roue et la destruction du remblai de protection des buses. Mais le facteur important qui montre qu'il faut démolie les dalots est qu'ils ont leurs piédroits en perré maçonné, de même pour les radiers car ils rendent la route impraticable en certaines périodes de l'année ce qu'on ne peut admettre.

Les résultats de cette étude sont récapitulés dans le tableau suivant :

N°	P K	Localisation	Débit projet	Dimensions des ouvrages hydrauliques		Observations	Recommandations
				Existant	Action prévu		
	0+00	Station SKI/Route de Réo		Début route à Koudougou			
1	1+00	Koudougou		Dalot 1 x 0,80 x 0,60	Construction	Dalot 1 x 1 x 1	Fissurations avancées du béton et ferrailage mis nu à l'amont du dalot, présence de déchets solides à l'intérieur du dalot et absence de guide roue Construction d'un dalot 1x1x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
2	1+800	Koudougou		Dalot 1 x 0,80 x 0,60	Construction	Dalot 1 x 1 x 1	Fissurations avancées du béton, grand risque d'ensablement du dalot à l'amont, piédroit conçu en perré maçonné Construction d'un dalot 1x1x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
3	1+900	Koudougou		Dalot 1 x 0,80 x 0,60	Construction	Dalot 1 x 1 x 1	Fissurations avancées du béton des murs en ailes et des guides roues, ensablement avancé du dalot, piédroit en perré maçonné Construction d'un dalot 1x1x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage

4	2+440		11,2	-	Ajout	Dalot 3 x 3 x 1	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
5	3+490		7,4	-	Ajout	Dalot 2 x 2 x 1,5	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 2x2x1,5 pour améliorer l'assainissement de la route
6	5+00		14,0	Dalot 1 x 2 x 0,80	Construction	Dalot 2 x 3 x 1,5	Ensablement très avancé du dalot, présence de trace de contournement de l'eau autour du dalot, fort risque de débordement de l'eau due à la modification du bassin versant	Construction d'un dalot 2x3x1,5 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et assurer un entretien aisé de l'ouvrage
7	5+500			Dalot 1 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 1 x 1 x 1	Ensablement très avancé du dalot, fort risque de débordement de l'eau due à la modification du bassin versant, piédroit en perré maçonné	Construction d'un dalot 1x1x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage

8	6+00		13,0	Dalot 1 x 1 x 0,60	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Ensablement très avancé du dalot, ouvrage non fonctionnel, contournement du dalot par l'eau de ruissellement, piédroit en perré maçonné présentant des fissures	Construction d'un dalot 3x3x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
9	8+00		15,1	Dalot 2 x 1,50 x 0,80	Construction	Dalot 2 x 3 x 1,5	Erosion du sol à l'aval de l'ouvrage, contournement de l'ouvrage par les eaux de ruissellement, piédroit en perré maçonné	Construction d'un dalot 2x3x1,5 pour améliorer l'assainissement de la route à ce PK
10	8+500			Dalot 1 x 1,50 x 0,80	Construction	Dalot 1 x 1,50 x 1	Ouvrage en bon état mais les piédroits en perré maçonné	Construction d'un dalot 1x1,5x1 pour améliorer l'assainissement de la route
11	9+00		14,0	Dalot 1 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 2 x 3 x 1,5	Ensablement très avancé du dalot, ouvrage non fonctionnel, contournement du dalot par l'eau de ruissellement	Construction d'un dalot 2x3x1,5 pour améliorer l'assainissement de la route
12	11+500	Réo	10,2	Dalot 1 x 1,50 x 1	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Fissuration du béton des murs en ailes, fissuration du piédroit en perré maçonné	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route à ce PK

13	12+500	Réo	9,3	Dalot 2 x 1,50 x 1	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Destruction du bassin de dissipation, fissuration du béton des murs en aile et de la dalle, présence de végétation autour de l'ouvrage	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route et éviter le risque de dégradation rapide de l'ouvrage
14	13+00	Réo	4,7	Dalot 2 x 1,50 x 1	Construction	Dalot 1 x 3 x 1,5	Fissuration du béton des murs en ailes, fissuration du béton des murs guide roues, piédroit en perré maçonné	Construction d'un dalot 1x3x1,5 pour améliorer l'assainissement de la route
15	14+00	Réo	23,9	Dalot 1 x 0,80 x 0,60	Construction	Dalot 3 x 4 x 1,5	Ensablement très avancé du dalot, ouvrage non fonctionnel, contournement du dalot par l'eau de ruissellement, piédroit en perré maçonné présentant des fissures	Construction d'un dalot 3x4x1,5 pour améliorer l'assainissement de la route à ce PK

16	15+330		15,9		Ajout	Dalot 2 x 3 x 1,5	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 2x3x1,5 pour améliorer l'assainissement de la route
17	16+00	Réo/Aval barrage du secteur 6 de Réo		Dalot 3 x 3,10 x 2,95	Reconstruction	Dalot 3 x 3,10 x 2,95	Ouvrage en bon état mais piédroits en perré maçonné	Reconstruction de l'ouvrage existant
18	17+00	Sortie Réo	8,4	Dalot 1 x 2 x 1	Construction	Dalot 2 x 3 x 1	Ensablement du dalot, fissuration du béton du mur en aile, piédroit en perré maçonné	Construction d'un dalot 2x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
19	17+100	Entrée Bonyolo	5,6	Dalot 1 x 2 x 1	Construction	Dalot 2 x 2 x 1	Ensablement du dalot, fissuration du béton du mur en aile, guide roue et la dalle supérieur	Construction d'un dalot 2x2x1 pour améliorer l'assainissement de la route
20	17+300	Bonyolo		Dalot 1 x 2 x 1	Reconstruction	Dalot 1 x 2 x 1	Ouvrage en bon état mais piédroits en perré maçonné	Reconstruction de l'ouvrage existant

21	18+00	Bonyolo	15,8	Dalot 1 x 1 x 1	Construction	Dalot 3 x 2 x 1,5	Absence de mur en aile, piédroits en brique, ouvrage non fonctionnel	Construction d'un dalot 3x2x1,5 pour améliorer l'assainissement de la route
22	18+500	Bonyolo		Dalot 1 x 0,80 x 0,60	Construction	Dalot 1 x 1 x 1	Ouvrage en bon état présente une forte possibilité d'ensablement et difficulté d'entretien, piédroit en perré maçonné	Construction d'un dalot 1x1x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
23	19+00	Bonyolo	23,3	Dalot 1 x 1,50 x 1	Construction	Dalot 3 x 3 x 1,5	Fissurations avancées du béton et ferrailage du béton mis nu à l'amont du dalot, présence de déchets solides à l'intérieur du dalot, piédroit en perré maçonné	Construction d'un dalot 3x3x1,5 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage

24	19+500	Bonyolo		Dalot 1 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 1 x 1 x 1	Ouvrage en bon état présente une forte possibilité d'ensablement et difficulté d'entretien	Construction d'un dalot 1x1x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
25	19+600	Bonyolo		Dalot 2 x 2 x 1	Reconstruction	Dalot 2 x 2 x 1	Ouvrage en bon état mais piédroits en perré maçonné	Reconstruction de l'ouvrage existant
26	20+00	Bonyolo		Dalot 2 x 1,50 x 0,80	Construction	Dalot 2 x 2 x 1	Ouvrage en bon état mais piédroits en perré maçonné	Construction d'un dalot 2x2x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
27	21+00	Bonyolo	17,7	Dalot 2 x 3 x 1,60	Construction	Dalot 3 x 3 x 1,5	Bajoyer en mauvais état et présentant des fissurations, piédroit en perré maçonné	Construction d'un dalot 3x3x1,5 pour éviter tout risque de dégradation futur de l'ouvrage
28	21+200	Bonyolo/Entrée marché		Dalot 4 x 3 x 2	Reconstruction de l'ouvrage existant	Dalot 4 x 3 x 2	Ouvrage en bon état mais piédroits en perré maçonné	Reconstruction de l'ouvrage existant avec la même section

29	22+00	Bonyolo	8,4	Dalot 2 x 1,50 x 1	Construction	Dalot 3 x 2 x 1	Maçonnerie des piédroits érodée, fissuration du béton du mur en aile	Construction d'un dalot 3x2x1 pour éviter tout risque de dégradation futur de l'ouvrage
30	23+00	Bonyolo	11,2	Dalot 2 x 2 x 1	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en perré maçonné, enrochement à l'amont de l'ouvrage, fissuration du mur en aile	Construction d'un dalot 3x3x1 pour éviter tout risque de dégradation futur de l'ouvrage
31	23+500	Bonyolo		Dalot 3 x 2 x 1,50	Reconstruction	Dalot 3 x 2 x 1,50	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 3x2x1,5 pour éviter tout risque de dégradation futur de l'ouvrage
32	23+700	Bonyolo		Dalot 1 x 1 x 1	Reconstruction	Dalot 1 x 1 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 1x1x1 pour éviter tout risque de dégradation futur de l'ouvrage
33	23+800	Bonyolo		Dalot 1 x 1 x 1	Reconstruction	Dalot 1 x 1 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 1x1x1 pour éviter tout risque de dégradation futur de l'ouvrage

34	23+900	Bonyolo		Dalot 1 x 1 x 1	Reconstruction	Dalot 1 x 1 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 1x1x1 pour éviter tout risque de dégradation futur de l'ouvrage
35	24+00	Bonyolo		Dalot 1 x 1 x 1	Reconstruction	Dalot 1 x 1 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 1x1x1 pour éviter tout risque de dégradation futur de l'ouvrage
36	24+100	Bonyolo		Dalot 1 x 1,50 x 1	Reconstruction	Dalot 1 x 2 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 1x2x1 pour éviter tout risque de dégradation futur de l'ouvrage
37	24+200	Bonyolo	5,6	Dalot 1 x 1,50 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 2 x 1	Piédroits en perré maçonné présentant des fissurations, fissuration de la dalle	Construction d'un dalot 3x2x1 pour éviter tout risque de dégradation futur de l'ouvrage
38	24+400	Bonyolo	11,2	Dalot 1 x 1,50 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en perré maçonné, fissurations du mur en aile et du guide roue	Construction d'un dalot 3x3x1 pour éviter tout risque de dégradation futur de l'ouvrage

39	25+100	Plaque sortie Bonyolo		Dalot 1 x 1,50 x 0,60	Construction	Dalot 1 x 2 x 1	Piédroits en perré maçonné présentant des fissurations	Construction d'un dalot 1x2x1 pour éviter tout risque de dégradation futur de l'ouvrage
40	25+300			Dalot 2 x 1,50 x 0,80	Construction	Dalot 2 x 2 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 2x2x1 pour éviter tout risque de dégradation futur de l'ouvrage
41	25+500			Dalot 1 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 1 x 1 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 1x1x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
42	26+00		11,2	Radier de 30 m- RD=22,2RG=13m-l=6 m	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Dégradation et fissuration avancée du béton de radier	Construction d'un dalot 3x3x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer la praticabilité de la route en toute saison

43	26+100			Dalot 2 x 1,50 x 1	Construction	Dalot 2 x 2 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 2x2x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer la praticabilité de la route en toute saison
44	27+00			Dalot 2 x 2 x 1,50	Reconstruction	Dalot 2 x 2 x 1,50	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 2x2x1,5 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer la praticabilité de la route en toute saison
45	29+00			Dalot 1 x 0,80 x 0,60	Construction	Dalot 1 x 1 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 1x1x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
46	30+00		9,3	Dalot 1 x 1,50 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 3x3x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage

47	30+900		10,2	2 Buses 800 métalliques	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Dégradation du remblai de protection, destruction du mur guide roue, érosion avancée du sol	Construction d'un dalot 3x3x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
48	31+00			Dalot 2 x 1,50 x 1	Construction	Dalot 2 x 2 x 1	Ouvrage en bon état mais pieds droits en perré maçonné	Construction d'un dalot 2x2x1 pour améliorer l'assainissement de la route
49	31+700	Pouni		Pont dalot- Dalot 24x3x2,30	Construction			A remplacer par un pont à 2 voies
50		Pouni	15,8	Radier de 80 m- RD=RG=13m-l=5,15 m	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Fissuration avancée du béton de radier	Construction d'un dalot 3x3x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau
51	32+00	Pouni	21,1	Dalot 1 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 4 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 3x4x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage

52	33+00	Pouni		Dalot 1 x 1 x 1	Reconstruction	Dalot 1 x 1 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 1x1x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
53	33+200	Pouni	23,5	Dalot 1 x 1,50 x 0,80	Construction	Dalot 4 x 4 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 4x4x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
54	34+00	Pouni	13,0	Dalot 1 x 1,50 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 3x3x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
55	34+500	Pouni	12,1	Dalot 1 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 3x3x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
56	35+00	Pouni		Dalot 1 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 1 x 1 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 1x1x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage

57	35+500	Pouni		Dalot 3 x 3 x 1,50	Reconstruction	Dalot 3 x 3 x 1,5	Piédroits en maçonnerie cassés	Construction d'un dalot 3x3x1,5 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
58	36+100	Pouni	9,3	Dalot 1 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 3x3x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
59	37+00	Pouni		Dalot 1 x 1 x 1	Reconstruction	Dalot 1 x 1 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 1x1x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
60	37+100	Marché de Pouni	13,0	Dalot 1 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 3x3x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
61	37+200			Dalot 1 x 1 x 1	Reconstruction	Dalot 1 x 1 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 1x1x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage

62	37+300		12,1	Dalot 1 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 3x3x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
63	39+00	Sortie Pouni	9,3	Dalot 1 x 1 x 1	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 3x3x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
64	40+00		10,2	Dalot 1 x 1,50 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 3x3x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
65	40+300		11,2	Dalot 1 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en maçonnerie cassés, absence de mur en aile	Construction d'un dalot 3x3x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
66	41+500		12,9	Dalot 2 x 1,50 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 3x3x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage

67	41+70			Dalot 1 x 1 x 1	Reconstruction	Dalot 1 x 1 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 1x1x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
68	42+00	Entrée Bouldié		Dalot 1 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 1 x 1 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 1x1x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
69	42+700		13,0	Dalot 1 x 2 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 3x3x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
70	43+ 00			Dalot 2 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 2 x 1 x 1	Piédroits en maçonnerie de 40 cm	Construction d'un dalot 2x1x1 pour assurer la protection de la route et éviter l'ensablement de l'ouvrage
71	43+850		11,2	Dalot 1 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 3x3x1 pour assurer la protection de la route et éviter l'ensablement de l'ouvrage

72	44+00			Dalot 2 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 2 x 1 x 1	Piédroits en maçonnerie de 40 cm	Construction d'un dalot 2x1x1 pour assurer la protection de la route et éviter l'ensablement de l'ouvrage
73	44+500		11,2	Dalot 2 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
74	45+00			Dalot 1 x 1,50 x 1,50	Construction	Dalot 1 x 2 x 1,5	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 1x2x1,5 pour améliorer l'assainissement de la route
75	45+500		9,3	Dalot 2 x 1 x 1,50	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en perré maçonné en mauvais état présentant des fissurations	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
76	46+00	Entrée Didyr		Dalot 1 x 1,50 x 0,80	Construction	Dalot 1 x 2 x 1	Piédroit en perré maçonné présentant des fissurations, fissuration du mur en aile	Construction d'un dalot 1x2x1 pour améliorer l'assainissement de la route

77	47+700	Didyr	10,0	Dalot 1 x 1 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroit en perré maçonné présentant des fissurations, fissuration du mur en aile, longueur de l'ouvrage insuffisant	Construction d'un dalot 3x3x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
78	47+900	Didyr	9,3	Dalot 1 x 1,50 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroit en perré maçonné présentant des fissurations, fissuration du mur guide roue et de la dalle, longueur de l'ouvrage insuffisant	Construction d'un dalot 3x3x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
79	49+00		8,4	Dalot 1 x 1,50 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroit en perré maçonné présentant des fissurations, longueur de l'ouvrage insuffisant	Construction d'un dalot 3x3x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage

80	49+730		8,4	-	Ajout	Dalot 2 x 3 x 1	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 2x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
81	50+890		9,3	-	Ajout	Dalot 3 x 3 x 1	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
82	51+910		9,3	-	Ajout	Dalot 3 x 3 x 1	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
83	53+00		9,3	Dalot 2 x 1 x 1	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroit en perré maçonné présentant des fissurations, fissuration du mur en aile, longueur de l'ouvrage insuffisant	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
84	54+00		8,4	Dalot 2 x 1,50 x 0,80	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Bajoyers en maçonnerie cassés, piédroits en perré maçonné	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route

85	55+00		7,4	Dalot 1 x 1,50 x 0,80	Construction	Dalot 2 x 3 x 1	Piédroit en perré maçonné présentant des fissurations, fissuration du mur en aile, longueur de l'ouvrage insuffisant	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
86	56+300		9,3	-	Ajout	Dalot 3 x 3 x 1	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
87	57+290		11,2	-	Ajout	Dalot 3 x 3 x 1	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
88	58+ 00	Entrée Kia	11,2	Dalot 1 x 1,50 x 1	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroit en perré maçonné présentant des fissurations, fissuration du mur en aile, longueur de l'ouvrage insuffisant	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route

89	59+430		10,2	-	Ajout	Dalot 3 x 3 x 1	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
90	60+750		8,4	-	Ajout	Dalot 2 x 3 x 1	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 2x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
91	63+00		13,0	Dalot 3 x 2 x 1	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Piédroits en maçonnerie de 40 cm et fissurer, fissuration du mur guide roue	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
92	63+700			Dalot 1 x 2 x 0,60	Construction	Dalot 1 x 2 x 1	Ouvrage en bon état mais de longueur insuffisante	Construction d'un dalot 1x2x1 pour améliorer l'assainissement de la route
93	64+00		23,2	Dalot 3 x 2 x 1	Construction	Dalot 4 x 4 x 1	Piédroit en perré maçonné présentant des fissurations, fissuration du mur en aile, longueur de l'ouvrage insuffisant	Construction d'un dalot 4x4x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer la praticabilité de la route toute saison

94	65+600	Sapala	9,3	Radier de 30 m- RD=RG=5m-l=6 m	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Dégradation et fissuration avancée du béton de radier	Construction d'un dalot 3x3x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer la praticabilité de la route en toute saison
95	66+800		11,2	-	Ajout	Dalot 3 x 3 x 1	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
96	68+540	Kiero	10,2	-	Ajout	Dalot 3 x 3 x 1	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
97	71+00	Kangrin	7,4	Dalot 1 x 1 x 0,60	Construction	Dalot 2 x 3 x 1	Piédroit en perré maçonné présentant des fissurations, fissuration du mur en aile, longueur de l'ouvrage insuffisant	Construction d'un dalot 2x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route

98	72+00	Yissépouga	15,8	2 Buses 800 métalliques	Construction	Dalot 3 x 4 x 1	Fissuration du béton du mur guide roue, mauvais état du remblai et du perré maçonné de protection	Construction d'un dalot 3x4x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
99	72+230		14,9	-	Ajout	Dalot 3 x 4 x 1	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 3x4x1 pour améliorer l'assainissement de la route
100	74+500		14,9	1 Buse 800 métallique	Construction	Dalot 3 x 4 x 1	Fissuration du béton du mur guide roue, mauvais état du remblai et du perré maçonné de protection, érosion du sol	Construction d'un dalot 3x4x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
101	75+00	Yayo	14,0	Radier de 40 m- RD=RG=10m-l=7,20 m	Construction	Dalot 3 x 4 x 1	Dégradation et fissuration avancée du béton de radier	Construction d'un dalot 3x4x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer la praticabilité de la route en toute saison

102	75+600		15,8	2 Buses 800 métalliques	Construction	Dalot 4 x 4 x 1	Dégradation avancée du remblai de protection, destruction du béton du mur guide roue, érosion du terrain, ensablement des buses	Construction d'un dalot 4x4x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
103	75+650		13,0	3 Buses 800 métalliques	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Dégradation avancée du remblai de protection, fissuration très avancée et affaissement du mur guide roue	Construction d'un dalot 3x3x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, ensablement de l'ouvrage
104	75+700			Dalot 4 x 2 x 1,25	Reconstruction	Dalot 4 x 2 x 1,5	Ouvrage bon état mais de longueur insuffisante	Reconstruction de l'ouvrage existant mais avec la section 4x2x1,5
105	77+200			Dalot 1 x 1 x 0,60	Construction	Dalot 1 x 1 x 1	Fissurations avancées du béton des murs en ailes, grand risque d'ensablement	Construction d'un dalot 1x1x1 pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage

106	78+100	Koen	13,0	1 Buse 800 métallique	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Dégradation avancée du remblai de protection, destruction du béton du mur guide roue, érosion du terrain, ensablement de la buse	Construction d'un dalot 3x3x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
107	78+120		14,0	2 Buses 800 métalliques	Construction	Dalot 3 x 4 x 1	Destruction du mur de guide roue, érosion avancée du terrain, présence de moellons, trace de contournement de l'ouvrage par l'eau de ruissellement	Construction d'un dalot 3x4x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
108	78+200			Radier de 30 m- RD=RG=5m-l=6 m	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Dégradation et fissuration avancée du béton de radier	Construction d'un dalot 3x3x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer la praticabilité de la route en toute saison

109	80+500		15,8	1 Buse 800 métallique	Construction	Dalot 3 x 4 x 1	Présence d'une végétation à l'amont et à l'aval, destruction du mur garde roue, ouvrage non fonctionnel quasi enterré	Construction d'un dalot 3x4x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
110	80+600			1 Buse 800 métallique	Construction	Dalot 3 x3 x 1	Dégradation de remblai de protection, destruction du mur des guides roues, dépôts de moellons à l'amont et à l'aval de l'ouvrage	Construction d'un dalot 3x3x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
111	81+210		13,0	-	Ajout	Dalot 3 x 3 x 1	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
112	82+630		13,0	-	Ajout	Dalot 3 x 3 x 1	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route

113	83+00			1 Buse 800 métallique	Construction	Dalot 2 x 3 x 1	Dégradation avancée du remblai de protection, destruction du béton du mur guide roue, érosion du terrain, ensablement de la buse, déformation due aux charges routières	Construction d'un dalot 2x3x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
114	83+500		6,5	1 Buse 800 métallique	Construction	Dalot 2 x 3 x 1	Dégradation avancée du remblai de protection, présence d'une végétation à l'amont de l'ouvrage, déformation de la forme de la buse due aux charges routières	Construction d'un dalot 2x3x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage

115	84+300			1 Buse 800 métallique	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Erosion avancée du terrain, dégradation du remblai de protection, ensablement avancé de l'ouvrage, fissuration du mur de guide roue	Construction d'un dalot 3x3x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
116	84+800		12,1	1 Buse 800 métallique	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Ensablement de l'ouvrage quasi-total, ouvrage non fonctionnel, présence d'une végétation à l'amont et à l'aval de l'ouvrage	Construction d'un dalot 3x3x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage
117	85+00			1 Buse 800 métallique	Construction	Dalot 3 x 3 x 1	Dégradation avancée du remblai de protection, fissurations du béton des guides roues	Construction d'un dalot 3x3x1 pour éviter tout risque de débordement de l'eau de ruissellement, et pour assurer l'entretien et éviter l'ensablement de l'ouvrage

118	85+680		13,0	-	Ajout	Dalot 3 x 3 x 1	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
119	86+680		13,1	-	Ajout	Dalot 3 x 3 x 1	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route
120	86+980		12,0	-	Ajout	Dalot 3 x 3 x 1	Absence d'ouvrage	Construction d'un dalot 3x3x1 pour améliorer l'assainissement de la route



Figure 6: Photo de batterie de buse au PK 75+650



Figure 7: Photo de dalot à deux ouvertures au PK 23+00

5. Dimensionnements des ouvrages d'arts

5.1 Hypothèses générales de calculs

Description des ouvrages selon le fascicule 61 titre II

Les différents ouvrages de franchissement sont larges de 1,00 m, 2,00 m, 3,00 m et 4,00 m respectivement pour la route. La note de calcul en annexe présente la méthodologie et les résultats de calcul de deux dalots projetés sur la route. Les mêmes principes ont été appliqués aux autres sections de dalots.

Les ouvrages de la route sont des ouvrages de première classe :

- la largeur roulable des dalots est de 7m soit la longueur du corps de dalot hors guide-roues ;
- la largeur chargeable $L_c = l_r = 7,00$ m, la chaussée étant encadrée par deux bordures.
- le nombre de voie : $N_b = \text{Ent} (L_c/3,0) = 2$ voies.

Le coefficient de majoration dynamique des charges roulantes $\delta = 1 + 0,4/(1+0,2xL)+0,6/(1+4xG/S)$

Caractéristiques des matériaux

Béton

Le béton utilisé aura les caractéristiques suivantes :

B25 pour tous les éléments en béton armé (radier, murs, tablier, etc.)

- | | | | |
|--|------------|---|--|
| - Résistance à la compression | f_{c28} | = | 27 MPa |
| - Résistance à la traction | f_{t28} | = | $0,6 + 0,06 f_{c28} = 2,22$ MPa |
| - Module de déformation instantanée | E_{i28} | = | $11\ 000(f_{c28})^{1/3} = 33\ 000$ MPa |
| - Module de déformation différée | E_{v28} | = | $E_{i28} / 3 = 11\ 000$ MPa |
| - Contrainte de calcul | F_b | = | $0,85.f_{c28} = 15,3$ MPa |
| - Contrainte limite du béton | σ_b | = | $0,6 f_{c28} = 16,2$ MPa |
| - Facteur d'équivalence contrainte acier/ contrainte béton : | n | = | 15 |

Masse volumique = $2,5\ T/m^3$

Coefficient de Poisson :

- $\nu = 0,2$ pour le béton non fissuré
- $\nu = 0,0$ pour la section fissurée

Coefficient de dilatation thermique : $\alpha = 1 \text{ E } -5 / ^\circ\text{C}$

- $\gamma_b = 1,5$ pour les combinaisons fondamentales,
- $\gamma_b = 1,15$ pour les combinaisons accidentelles,

$0,85 < \theta < 1$ suivant la durée d'application des charges.

Acier pour béton armé

Armatures à Haute Adhérence Fe E400

- Nuance : $f_e = 400 \text{ MPa}$
- Module de Young : $E = 200\,000 \text{ MPa}$
- Masse volumique : $\gamma_a = 7,85 \text{ T / m}^3$
- Coefficient de fissuration : $\eta = 1,6$
- Coefficient de scellement : $\psi_s = 1,5$
- $\gamma_s = 1,15$ pour les combinaisons fondamentales,
- $\gamma_a = 1,0$ pour les combinaisons accidentelles.
- Enrobage : 3 cm
- Fissuration peu préjudiciable
-

Chargements en service

Charges permanentes (CP)

On distinguera celles provenant du poids propre des structures des ouvrages (tablier, piédroits, radier.)

Le poids propre des ouvrages est déterminé sur la base des dessins de coffrage.

Charges d'exploitation

Charges routières sans caractère particulier (Qr)

Les charges sur ouvrages sont celles définies dans le titre II du fascicule 61 du CCTG.

Les charges routières à utiliser dans les calculs sont les Systèmes de charge Bc, Bt et Br.

➤ **Système B_c**

Le convoi B_c se compose d'un ou au maximum de deux (2) camions types par file. Dans le sens transversal le nombre de files est inférieur ou égal au nombre de voies. Les caractéristiques du camion B_c sont rappelées ci-après :

- Masse totale : 30 tonnes
- Masse portée par chacun des essieux arrière : 12 tonnes
- Masse portée par l'essieu avant : 6 tonnes
- Longueur d'encombrement : 10,50 mètres
- Largeur d'encombrement : 2,50 mètres
- Distance des essieux arrière : 1,50 mètre
- Distance de l'essieu avant au premier essieu arrière : 4,50 mètres
- Distance d'axe en axe des deux roues d'un essieu : 2 mètres
- Surface d'impact d'une roue arrière : carré de 0,25 m de côté
- Surface d'impact d'une roue avant : carré de 0,20 m de côté

Les valeurs des charges du système B_c sont multipliées par un coefficient $b_c = 1,10$ qui dépend du nombre de files de camions et de la classe du pont.

➤ **Système B_t**

Il se compose de deux (2) essieux munis de roues simples pneumatiques. Les caractéristiques du système B_t sont présentées ci-dessous.

- Masse totale : 32 tonnes
- Masse portée par essieu : 16 tonnes
- Distance entre les deux essieux : 1,35 mètre
- Distance d'axe en axe des deux roues d'un essieu : 2 mètres
- Surface d'impact de chaque roue : 0,25 m x 0,60 m
(longitudinalement 0,25 m et transversalement 0,60 m)

Conformément aux règles d'application du système de charge B_t, transversalement on peut disposer sur la chaussée au maximum deux (2) files B_t et longitudinalement le nombre de files

est limité à un (1). Les charges de ce système sont à multiplier par un coefficient b_t qui est fonction de la classe du pont.

➤ **Système Br**

C'est une roue isolée disposée normalement à l'axe longitudinal de la chaussée. Les caractéristiques de cette roue sont présentées ci-après :

- Masse totale : 10 tonnes
- Surface d'impact de la roue : 0,30 m x 0,60 m (longitudinalement 0,30 m et transversalement 0.60 m)

Surcharges de remblais

Une surcharge de 1 T/m² placée sur les remblais sera prise en compte dans les calculs.

Sol de fondation

- Poids volumique des terres : $\gamma = 2 \text{ t/m}^3$
- Coefficient de poussée : $K_p = 0,333$
- Contrainte admissible : $\sigma_a = 0,15 \text{ MPa}$
- Hauteur moyenne du remblai : 0,3 m

Principe de calcul des efforts et sollicitations

De manière générale, on mènera les calculs par bande de 1,00 mètre linéaire de largeur de dalot.

- Pour les dalots à une ouverture, les valeurs des efforts de sollicitations M et N sont déterminées par les formules provenant de l'ouvrage « Formule des cadres simples » de KLEINLOGEL.
- Pour les dalots à ouverture multiples, les valeurs des efforts de sollicitations et réactions d'appui seront déterminées à partir des formules dites « Équations des 3 moments ».

Convention

Les moments fléchissant sont positifs quand ils provoquent de la traction dans la partie interne du cadre ;

N1 = effort normal dans le radier

N2 = effort normal dans le piédroit de gauche

N2b = effort normal dans le piédroit de droite

N3 = effort normal dans le tablier

Si $N > 0$, un effort normal de compression

Si $N < 0$, un effort normal de traction.

Dimensionnement des dalots

A cet stade de notre étude, nous allons exposer de manière détailler la note de calcul qui nous a permis de déterminer le ferrailage deux types de dalots à savoir un dalot de section 1 x 1 x 1 et un dalot de section 2 x 2 x 1. Cette note de calcul sera exposée en annexe.

Le choix du dalot 1 x 1 x 1 est due au fait que la méthode de dimensionnement permettra de concevoir tous les dalots à une ouverture puisqu'on se base sur la même méthode, celle basée sur les formules provenant de l'ouvrage « Formule des cadres simples » de KLEINLOGEL.

Le choix du dalot 2 x 2 x 1 est aussi due au fait que la méthode de calcul permettra de concevoir les dalots à multiple ouvertures car la méthode se base sur la détermination des efforts de sollicitations et réactions d'appui à partir des formules dites « Équations des 3 moments ».

5.1.1 Pré-dimensionnement des dalots

Le pré-dimensionnement des dalots permet de déterminer l'épaisseur des différents éléments constitutifs du dalot à savoir la dalle supérieure, le radier et les piédroits. Par convention, on appelle :

E_d : épaisseur de la dalle supérieur

E_r : épaisseur du radier

E_p : épaisseur des piédroits.

La détermination des valeurs adoptées des épaisseurs est basée sur les formules contenues dans le tableau suivant :

$$L / 15 < E_d = E_r \leq L / 10 \quad \text{avec } E_d \text{ et } E_r \geq 20 \text{ cm}$$

Où : L = ouverture utile de la travée en cm

$$H / 15 < E_p \leq H / 10 \quad \text{avec } E_p \geq 20 \text{ cm}$$

Où : H = hauteur utile de la travée en cm

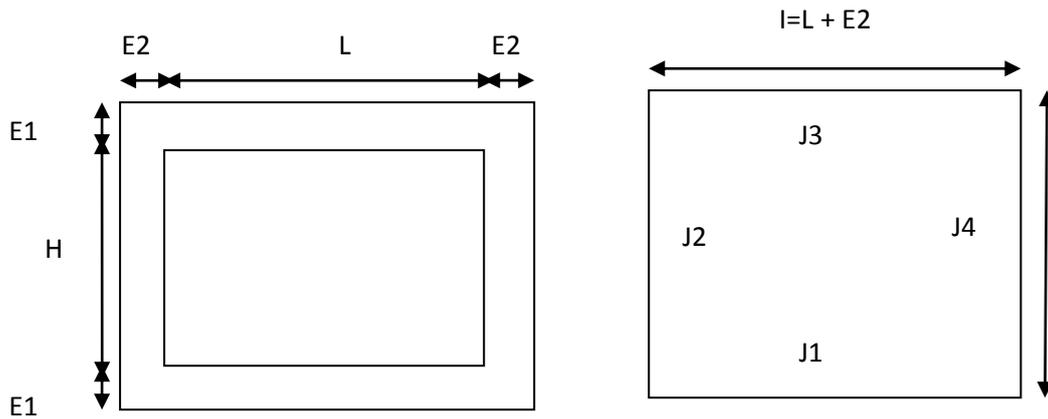
Tableau 12: Formule de pré-dimensionnement des dalots

Les résultats de l'application numérique de la formule sont contenus dans le tableau suivant :

Dalot	L	H	L/15	L/10	H/15	H/10	L/15 < E _d = E _r <= L/10	H/15 < E _p <= H/10	Valeurs adoptées		
									E _d	E _r	E _p
1 X 1 X 1	100	100	7	10	7	10	7 < E _d = E _r <= 10	7 < E _p <= 10	20	20	20
1 X 3 X 1,5	300	150	20	30	10	15	20 < E _d = E _r <= 30	10 < E _p <= 15	30	30	30
2 X 2 X 1	200	100	14	20	7	10	14 < E _d = E _r <= 20	7 < E _p <= 10	20	20	20
2 X 2 X 1,5	200	150	14	20	10	15	14 < E _d = E _r <= 20	10 < E _p <= 15	20	20	20
2 X 3 X 1	300	100	20	30	7	10	20 < E _d = E _r <= 30	7 < E _p <= 10	30	30	30
2 X 3 X 1,5	300	150	20	30	10	15	20 < E _d = E _r <= 30	10 < E _p <= 15	30	30	30
3 X 3 X 1	300	100	20	30	7	10	20 < E _d = E _r <= 30	7 < E _p <= 10	30	30	30
3 X 3 X 1,5	300	150	20	30	10	15	20 < E _d = E _r <= 30	10 < E _p <= 15	30	30	30
3 X 2 X 1	200	100	14	20	7	10	14 < E _d = E _r <= 20	7 < E _p <= 10	20	20	20
3 X 2 X 1,5	200	150	14	20	10	15	14 < E _d = E _r <= 20	10 < E _p <= 15	20	20	20
3 X 4 X 1	400	100	27	40	7	10	27 < E _d = E _r <= 40	7 < E _p <= 10	30	30	30
3 X 4 X 1,5	400	150	27	40	10	15	27 < E _d = E _r <= 40	10 < E _p <= 15	30	30	30
4 X 4 X 1	400	100	27	40	7	10	27 < E _d = E _r <= 40	7 < E _p <= 10	30	30	30

5.2 Schéma statique de calcul du cadre simple

Le schéma ci-dessous permet de déterminer les constantes qui interviennent dans le dimensionnement des dalots cadre simple.



Dalot type

Schéma statique de dalot

$$J_i = \frac{b_i \times E_i^3}{12} \quad \text{Avec } b_i = 1,00 \text{ m : inertie de l'élément } i$$

E_i : épaisseur de l'élément i

H : hauteur entre fibres moyennes

L : longueur entre fibres moyennes

Définition des constantes

$$k_1 = J_3 / J_1$$

$$k_2 = J_3 / J_2 \times h / l$$

$$K_1 = 2 \times k_2 + 3$$

$$K_2 = 3 \times k_1 + 2 \times k_2$$

$$K_3 = 3 \times k_2 + 1 - k_1 / 5$$

$$K_4 = 6 k_1 / 5 + 3 k_2$$

$$F_1 = K_1 \times K_2 - k_2$$

$$F_2 = 1 + k_1 + 6 k_2$$

Ces différentes constantes interviennent dans le dimensionnement des dalots à une ouverture par application de la méthode basée sur les formules provenant de l'ouvrage « Formule des cadres simple » de KLEINLOGEL. Pour les dalots multiples, la détermination des sollicitations pour le dimensionnement découle des équations des trois moments. Dans le cas particulier des surcharges routières, selon le principe des lignes d'influences, on chargera les travées appropriées pour obtenir suivant la section considérée, les effets les plus défavorables pour son dimensionnement.

6. Conclusion et recommandations

Au terme de notre étude, nous pouvons affirmer que cette analyse technique et économique du réseau d'assainissement de la route Koudougou –Toma est un élément important dans le choix des ouvrages d'assainissement pour assurer une meilleure protection de la route en vue de son bitumage.

A l'issue de l'analyse des ouvrages existants, nous remarquons que ces ouvrages sont vieillissant et présentent des dégradations majeures. Le long de la route, on observe de nombreux points de traversée d'eau et des points bas sans ouvrages. Au niveau des dalots, la plupart ont été réalisés avec des piédroits en perré maçonné et les murs en ailes et guide sont en béton ce qui explique les fissurations observées sur ces derniers. Les buses ont leur remblai de protection en dégradation avancée.

Compte tenu de la spécificité de la nouvelle route, nous pouvons dire que le choix de conservation des ouvrages existants et d'ajout d'ouvrages ne pourrait pas se faire uniquement sur la base de critères économiques. Il doit aussi tenir compte de la fonctionnalité de l'ouvrage de même que l'importance de la route à protéger. La durée de vie prévue pour les ouvrages pourrait aussi nous guider dans ce choix en nous donnant une idée du risque de défaillance des ouvrages.

Au de tout ce qui précède, nous recommandons pour une amélioration du réseau d'assainissement de la route Koudougou-Toma en vue de son bitumage ce qui suit :

- La démolition de tous les ouvrages existants le long de la route en terre actuelle.
- La réalisation des différents dalots selon l'aménagement proposé en annexe XIII.

Annexes

A-DONNEES DE BASE

ANNEXE I : DONNEES PLUVIOMETRIQUES

ANNEXE II : RECALPITULATIF GENERAL DES OUVRAGES

ANNEXE III : PHOTOS DES OUVRAGES EXISTANTS

B- PARAMETRES DE CALCUL DES DEBITS DE CRUE

ANNEXE IV : RESULTATS DE L'ETUDE PLUVIOMETRIQUE

ANNEXE V : CARTES DES LIMITES DES BASSINS VERSANTS

C-RESULTATS DE L'ETUDE HYDROLOGIQUE

ANNEXE VI : DETAIL DE CALCUL DE L'ETUDE HYDROLOGIQUE

D-RESULTATS DE L'ETUDE HYDRAULIQUE

ANNEXE VII : DETAILS DE CALCULS DE L'ETUDE HYDRAULIQUE

E- DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

ANNEXE VIII : NOTE DE CALCULS DES DALOTS

ANNEXE IX : PLANS DE COFRAGE ET DE FERRAILLEGE DES DALOTS

ANNEXE XI: DEVIS ESTIMATIF

F- SCHEMA ITINERAIRE

ANNEXE XII: SCHEMA ITINERAIRE ET AMENAGEMENT PROPOSE

ANNEXE XIII : OUVRAGES HYDRAULIQUES A REALISER

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ouvrages et articles

- [1] *Morel A.*, Assainissement des eaux pluviales en milieu urbain tropical subsaharien. PNUD- Banque Mondiale- CERGRENE 1996, 167p.
- [2] *FAO, 1996.* Crues et apports : Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche. *Bulletin Fao d'Irrigation et de drainage N°54*
- [3] *Nguyen V. T.*, Hydraulique routière. BCEOM, Paris 1981 ? 342p.
- [4] *Guinaudeau M. et Gineste P.*, Hydrologie tome 1 : Hydrométrie et hydrologie Statistique. *Polycopié de cours*, EIER 2005, 217p.
- [5] *Hama A.*, Hydrologie et hydraulique routière. *Cours de formation continue*, ETSHER 1991 2005, 49 p.
- [6] *BCOEM*, Manuel d'exécution des petits ouvrages routiers en Afrique. République de France, ministère de la coopération 1975, 266p.
- [7] *Karambiri H.*, Rappel statistique. *Cours d'hydrologie*, EIER Ouagadougou 2006, 24p.
- [8] *Karambiri H.*, Prédétermination de débit et apports. *Cours d'hydrologie*, EIER, Ouagadougou 2006, 36p.
- [9] *Karambiri H.*, Evacuateur de crue et ouvrages annexe. *Cours de barrages*, Ouagadougou 2006, 65p.
- Carte du Burkina Faso
- [10] *Bernard Chuzeville*, Hydrologie tropicale et appliquée en Afrique subsaharienne, Maîtrise de L'eau, 275 p
- [11] *Sylvain Berton*, La maîtrise des crues dans les bas fonds, petits micro barrages en Afrique de l'ouest, Février 1988, 474p
- [12] *Jean Perchat et Jean Roux*, Cours avec exercices corrigés, Eyrolles, 393 p
- [13] *Henri Renaud et Jacques Lamirault*, Béton Armé guide de calcul, Fourcher, 143 p
- [14] *KLEINLOGEL*, Formules pour le calcul des cadres, 461 p
- [15] *Hippolyte Freitas*, Cours de mécanique des structures, 2IE
- [16] *Samy Lebel*, Cours béton armé 1 et 2, 2IE

[17] *Justine Tirogo*, Mémoire de fin d'étude d'Ingénieur, Analyse technico-économique du choix de la crue de projet pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques routiers, application à l'étude de faisabilité technico-économique, environnementale et technique détaillée des travaux de construction et de bitumage des voies de contournement de la ville de Ouagadougou, 93 p

[18] *Maurice Compaoré*, Stage en Entreprise, Etude hydrologique et hydraulique du tronçon routier RN4-RN5, 40 p

Sites Internet

<http://www.fao.org/docrep/W2570F/w2570f00.HTM>

<http://www.reliefweb.int/rw/RWB.NSF/db900SID/EGUA-779PUA?OpenDocument>

<http://forum.lmgc.fr/liens-morts-f96/la-route-l-hydraulique-t6526.html#p23277>

http://fr.wikipedia.org/wiki/Classification_fran%C3%A7aise_des_sols

http://www.inrs-ete.quebec.ca/activites/groupe/chaire_hydrol/telecharge.html

Glossaire

Bassin de dissipation : structure placée à l'aval d'un évacuateur pour dissiper l'énergie de l'écoulement (tranquilliser l'écoulement)

Bassins versants : section droite d'un cours d'eau, est défini comme la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de cette section. Il est entièrement caractérisé par son exutoire, à partir duquel nous pouvons le délimiter.

Bêche : partie de la fondation destinée à protéger l'ouvrage des affouillements.

Béton de propreté : béton faiblement dosé, placé en de fouille pour améliorer la portance et uniformiser le fond

Bloc technique : remblai qui sépare le dalot de la route

Buse : Ouvrage sous chaussée se présentant sous forme circulaire, permettant l'écoulement des eaux de ruissellement

Coefficient d'abattement (A) : coefficient de réduction qui permet de passer, pour une fréquence donnée, d'une hauteur de pluie ponctuelle à une hauteur moyenne calculée sur une certaine superficie, situé dans une zone pluviométrique homogène. Il se calcule par l'équation :

$$A = 1 - \left[\frac{61 - 0.042 \times P_{an}}{1000} \times \log S \right].$$

Coefficient de rugosité : valeur numérique exprimant l'effet de la rugosité du lit sur la vitesse moyenne dans une section d'un cours d'eau. Il dépend de la nature de la surface.

Coefficient de pointe décennale (α) : rapport du débit maximum ruisselé au débit moyen précipité.

Coefficient de ruissellement décennal (Kr_{10}) : rapport entre le volume de ruissellement rapide et le volume précipité. Elle déterminé par la formule :

$$Kr_{70} \text{ ou } Kr_{100} = \frac{a}{(S + b)} + c, \text{ où } Kr_{70} \text{ et } Kr_{100} \text{ correspondent respectivement au}$$

coefficient de ruissellement pour une pluie journalière décennale de 70 mm et de 100 mm.

Courbe hypsométrique : Courbe exprimant la fraction de la superficie d'un bassin située au-dessus d'une altitude donnée.

Crue : Montée du niveau de l'eau d'une rivière nettement au-dessus des niveaux habituels. Une crue printanière se produit lors de la fonte de la neige et de la glace au printemps. Une crue peut aussi se produire en été lors d'une pluie abondante; on l'appelle alors crue éclair.

Crue de projet : Hydro gramme de crue ou débit maximal instantané adopté pour la conception d'un ouvrage hydraulique ou de travaux de régularisation, compte tenu de facteurs économiques et hydrologiques.

Dalot : Ouvrage sous chaussée présentant une forme rectangulaire ou carrée, pour permettre l'écoulement des eaux

Garde roue : petit mur surélevé situé à l'extrémité d'un dalot en vue de protéger les véhicules et d'indiquer les limites du dalot.

Gargouille : canalisation en PVC horizontale de rejet des eaux de pluviales, rejetant les eaux au loin par un motif architectural très chimère

Indice global de pente (Ig) : indice caractérisant le relief d'un bassin. Il est défini par la formule $Ig = \frac{D}{L}$ (m/km) où L est la longueur du rectangle équivalent et D, le dénivelé en mètres, séparant les altitudes ayant approximativement 5% et 95% de la surface du bassin au dessous d'elle. Ces altitudes sont déterminées sur la courbe hypsométrique.

Intervalle de confiance : intervalle qui contient la valeur vraie avec une probabilité donnée; il est fonction des caractéristiques statistiques de l'échantillon.

Loi de Gumbel : modèle fréquentiel utilisé pour décrire le comportement statistique des valeurs extrêmes. La distribution s'écrit de la manière suivante:

$$F(x) = \exp\left\{-\exp\left\{-u\right\}\right\}, \text{ avec } u = \ln(-\ln(F(x))).$$

Longueur du rectangle équivalent (L) : c'est la longueur du rectangle qui a le même indice de compacité et la même distribution hypsométrique que le bassin versant. La formule de

$$\text{calcul est : } L = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16 \times S}}{4}.$$

Mur en aile : mur en béton armé placé aux extrémités des dalots et servant de protection au remblai et à canaliser l'écoulement.

Nombre de Froude : nombre sans dimension exprimant le rapport des forces d'inertie aux forces de gravité. Dans un chenal, l'écoulement est fluviale, critique ou torrentiel selon que son nombre de Froude est plus petit que, égal à ou plus grand que 1.

Pente critique : pente pour laquelle l'écoulement passe du régime fluviale au régime critique ou inversement.

Pente moyenne d'un cours d'eau: valeur de la pente correspondant au rapport entre le dénivelé des deux extrêmes d'un cours d'eau et sa longueur.

Périmètre mouillé : longueur de la ligne de contact entre le cours d'eau et l'ouvrage qui le contient, mesurée dans un plan perpendiculaire à la direction de l'écoulement.

Période de retour : moyenne à long terme du temps ou du nombre d'années séparant un événement de grandeur donnée d'un second événement d'une grandeur égale ou supérieure

Pied- droit : chacune des parties latérales verticales de l'ouvrage qui supportent le tablier.

Pluie annuelle (P_{an}) : quantité de précipitations tombée en un site durant une année et ramené à l'unité de surface.

Pluie annuelle moyenne ($\overline{P_{an}}$) : moyenne des hauteurs pluviométriques annuelles observées en un site et calculé sur une période aussi longue que possible.

Radier : dalle épaisse en béton qui constitue la fondation de l'ouvrage.

Rayon hydraulique : rapport de l'aire de la surface mouillée de la section droite à la longueur du périmètre mouillé dans un chenal ou une conduite. Il se calcul par la formule :

$$R_H = \frac{L \times y}{2 \times (L + y)}, \text{ où } L \text{ est largeur de l'ouvrage et } y \text{ le tirant d'eau.}$$

Section mouillée : section de l'ouvrage occupé par l'eau

Tablier : partie du dalot comprenant la couverture qui porte la chaussée.

Temps de base décennale : intervalle de temps entre le début et la fin du ruissellement produit par une averse. Il est déduit le la formule : $Tb_{10} = a \times S^{0.36} + B$.

Résumé

Ce présent rapport consiste à l'étude technique des ouvrages hydrauliques routiers de la route Koudougou – Toma long de 87 Km. Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet de désenclavement des villes par la mise en place d'infrastructures routières.

Dans le souci d'assurer la protection des ouvrages et minimiser le coût d'investissement, la crue de projet pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques routiers est la crue décennale.

Pour réaliser cette présente étude, il a été effectué dans un premier temps la présentation de la zone d'étude. Ensuite les études hydrologiques et hydrauliques ont été faites. A cette étape, l'étude à portée sur soixante seize(75) bassins versants variant de 0.29 à 38 Km² le long de la route Koudougou – Toma. Les débits obtenus par rapport à la période de retour de dix(10) ans ont permis de dimensionner les dalots. Sur la base d'une analyse technique et économique, on a procédé à une étude comparative des ouvrages existants et les ouvrages projetés pour déterminer l'ouvrage adéquat et faire une estimation financière de leur réalisation. Il est convenable d'attirer l'attention sur le fait que cette analyse a pour objectif de proposer des ouvrages hydrauliques qui vont augmenter le niveau de protection de la route tout tant minimisant le coût d'investissement.

Mots clés : Crue de projet, schéma itinéraire, ouvrages hydrauliques, Analyse technique et économique, Bassins versants.

Summary

This present report consists to the technical survey of the works hydraulic truck drivers of the road Koudougou - Toma long of 87 Km. This survey appears in the setting of the project of disenclaver of the cities by the road infrastructure setting up.

In the worry to assure the protection of the works and to minimize the cost of investment, the rise in the water level of project for the dimensionality of the works hydraulic truck drivers are the decennial rise in the water level.

To achieve this present survey, it has been done in a first time the presentation of the survey zone. Then the studies hydrology and hydraulic have been made. To this stage, the survey to range on seventy-five (75) pouring basins varying from 0.29 in 38 Km²s along the road Koudougou - Toma. The debits gotten in relation to the period back from ten(10) years permitted of measurements the scupper. On the basis of a technical and economic analysis, one proceeded to a comparative existing work survey and the works projected to determine the adequate work and to make a financial

evaluation of their realization. It is appropriate to attract the attention on the fact that this analysis has for objective to propose the hydraulic works that are going to increase the protective level of the road so much all minimizing the cost of investment.

Keys words: Flood project, Diagram itinery, Hydraulic work, Technical and economic analysis, Catchment areas