

**RAPPORT DE L'ETUDE DU CONCEPT DE BASE
POUR
LE PROJET DE CONSTRUCTION D'UNE BRETELLE
DANS LA ZONE SUD DE LA CAPITALE
EN
REPUBLIQUE DE MADAGASCAR**

MARS 2007

AGENCE JAPONAISE DE COOPÉRATION INTERNATIONALE

**CONSTRUCTION PROJECT CONSULTANTS, INC.
CHODAI CO., LTD**

GM
JR
07-051

AVANT-PROPOS

En réponse à la requête du Gouvernement de la République de Madagascar, le Gouvernement du Japon a décidé d'exécuter par l'entremise de l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) une étude du concept de base pour le Projet de construction d'une bretelle dans la zone sud de la capitale en République de Madagascar.

Du 2 septembre au 30 septembre 2006, JICA a envoyé à Madagascar, une mission.

Après un échange de vues avec les autorités concernées du Gouvernement, la mission a effectué des études sur le site du projet. Au retour de la mission au Japon, l'étude a été approfondie et un concept de base a été préparé. Afin de discuter du contenu du concept de base, une autre mission a été envoyée à Madagascar. Par suite, le rapport ci-joint a été complété.

Je suis heureux de remettre ce rapport et je souhaite qu'il contribue à la promotion du projet et au renforcement des relations amicales entre nos deux pays.

En terminant, je tiens à exprimer mes remerciements sincères aux autorités concernées du Gouvernement de la République de Madagascar pour leur coopération avec les membres de la mission.

Mars 2007

Masafumi KUROKI

Vice-Président

Agence japonaise de coopération internationale

Lettre de présentation

Nous avons le plaisir de vous soumettre le rapport de l'étude du concept de base pour le projet de construction d'une bretelle dans la zone sud de la capitale en République de Madagascar.

Cette étude a été réalisée par le consortium entre Construction Project Consultants, Inc. et Chodai Co.,Ltd. du mois d'août 2006 au mois de mars 2007, sur la base du contrat signé avec votre agence.

Lors de cette étude, nous avons tenu pleinement compte de la situation actuelle à Madagascar, pour étudier la pertinence du projet sus-mentionné et établir le concept de projet le mieux adapté au cadre de la coopération financière sous forme de don du Japon.

En espérant que ce rapport vous sera utile pour la promotion de ce projet, je vous prie d'agréer, Monsieur le Vice-Président, l'expression de mes sentiments respectueux.

Mars 2007

Shozo Inoue

Chef des ingénieurs-conseils,

Equipe de l'étude du concept de base pour le Projet de construction d'une bretelle dans la zone sud de la capitale en République de Madagascar

Consortium

Construction Project Consultants, Inc.

Chodai Co.,Ltd.

Résumé

Résumé

1. Description sommaire du pays

La République de Madagascar (désignée ci-après par « Madagascar ») est la quatrième plus grande île du monde, située dans l'océan Indien à 390 km environ au large de l'Afrique de l'est dont il est séparé par le canal du Mozambique. La superficie totale du territoire est de 587 041 km², 1,6 fois plus que le Japon. Les conditions climatiques sont divisées en trois zones : Hauts Plateaux du centre de l'île, Région côtière est et Région côtière ouest. Les Hauts Plateaux de plus de 1200 m d'altitude occupent plus d'une moitié du territoire.

La ville d'Antananarivo, capitale du pays et zone faisant l'objet du Projet, est située presque au centre des Hauts Plateaux. La ville d'Antananarivo compte à peu près 4,84 millions d'habitants qui représentent 29% environ de la population totale du pays (environ 16,90 millions en 2003).

La République de Madagascar a son réseau routier, constitué par les routes nationales et provinciales, dont la longueur totale est d'environ 25 100 km et gérées par le Ministère des Travaux Publics et de la Météorologie. Cependant seulement 5 600 km (22% de toute la longueur) sont bitumés. Environ 90% des routes nationales et provinciales ont une largeur de moins de 4,5m. Sur les routes, la dégradation s'avance, mais la réhabilitation routière ne peut pas couvrir toutes les routes endommagées à cause des restrictions topographiques et des cyclones. En général, les routes en bon état (cela veut dire que l'état de route revêtue, sans nid-de-poule, permet les véhicules de circuler avec la vitesse de base) ne représentent que moins de 20% de la totalité, soit 4 700 km en 2004.

2. Arrière-plan du Projet demandé et Description sommaire

Le réseau routier de la ville d'Antananarivo part en étoile du centre ville. La capitale est reliée au port de Toamasina par la RN2, au port de Mahajanga par la RN4 et au port de Toliar par la RN7. De 1981 à 1999, le volume du trafic a fortement augmenté, et en 1999, le trafic a enregistré environ 60 000 véhicules/jour, quatre fois plus que 1979. Depuis lors, le gouvernement de Madagascar pratique des politiques du transport, telles que le contrôle de la circulation des véhicules lourds dans la capitale, l'accroissement des heures de trafic, la diminution de la vitesse, le contrôle de route des marchandises, etc.

Le gouvernement de Madagascar a élaboré en septembre 2004 « le plan directeur d'urbanisme de la ville d'Antananarivo » comme plan d'urbanisme de l'agglomération de la capitale d'Antananarivo. Ledit plan directeur définit les orientations d'aménagement de la ville d'Antananarivo à court terme et à moyen et long terme. Dans ce plan directeur, la construction du By-pass achevée en décembre 2006 et la bretelle faisant l'objet du présent Projet font partie du concept d'aménagement de la voie périphérique de l'agglomération d'Antananarivo.

La concentration des routes principales et importantes au centre ville d'Antananarivo cause de grands embouteillages chroniques. De plus, 1) beaucoup de routes de la ville ont une largeur étroite, 2) les croisements des véhicules qui viennent des magasins, des marchés et des zones résidentielles se produisent partout, et 3) les véhicules ordinaires, les gros camions qui transportent les marchandises et les chariots et charrettes à bœuf de la population locale provoquent une circulation intense. Il en résulte que la population de l'agglomération subit des restrictions dans les services des infrastructures du transport des marchandises et des populations et dans le niveau de vie en sécurité.

Pour résoudre ce problème, le gouvernement de Madagascar a présenté en novembre 2004 au gouvernement du Japon

la requête relative à la construction d'une nouvelle route de 2,1 km dans le cadre de la coopération financière non-remboursable du Japon. En réponse à cette requête, le gouvernement du Japon a jugé qu'il était important de confirmer la pertinence sur le raccordement au point terminal, la faisabilité technique pour la construction d'une route sur le terrain mou et l'état d'avancement des considérations socio-environnementales pour le présent Projet, etc. Et l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA) a envoyé une mission d'étude préliminaire à Madagascar en novembre 2005. Lors de l'étude préliminaire, la partie malgache a présenté un autre tracé que celui de la requête et les deux parties ont convenu que le tracé faisant l'objet du Projet (c-à-d. le tracé du milieu parmi les 3 variantes) est le plus pertinent du point de vue de la réduction du coût, de la minimisation des impacts sociaux, de la constitution d'une section de la voie périphérique, etc.

3. Description sommaire des résultats de l'étude et Contenu du Projet

Le gouvernement du Japon a décidé de mener une étude du concept de base et la JICA a envoyé une mission d'étude du concept de base à Madagascar du 2 au 30 septembre 2006. La mission d'étude a discuté avec les autorités compétentes malgaches sur le contenu de la requête, a effectué l'étude sur la route faisant l'objet du Projet et a collecté les données et informations concernées. Après le retour au Japon, sur la base des études sur le terrain, la mission d'étude a examiné la pertinence du Projet et a déterminé l'envergure et la structure des ouvrages. De plus, la mission d'étude a établi le plan d'exécution du Projet et a rédigé un rapport abrégé du concept de base. La JICA a envoyé, du 9 au 18 février 2007 à Madagascar, une autre mission chargée de l'explication du contenu de ce rapport abrégé et la partie malgache a accepté en principe le contenu du rapport.

La route à construire par le présent Projet fait partie de la voie périphérique et relie le By-pass à la RN7 en tant que route de liaison. La réalisation du Projet contribuera à la réduction des heures de circulation, à la décongestion et à l'accroissement de la sécurité dans la zone sud de la capitale.

Le présent Projet consiste à construire une route à deux voies et un pont dont les caractéristiques sont mentionnées ci-dessous :

Aperçu des caractéristiques de la route de projet

Description		Caractéristiques
Section faisant l'objet du Projet		2,89km (y compris le pont de 95,4m)
Revêtement	Couche de surface	Béton bitumineux: Epais.= 5cm (Chaussée)
		Revêtement simple à 2 couches : Enduit superficiel bicouche (Accotements)
Couche de fondation		Couche de base : Epais.= 15cm (Pierres concassées pour stabilisation mécanique)
		Couche de fondation : Epais.= 25cm (Pierres concassées tout-venant)
Largeurs	Largeur de chaussée	Chaussée : 7,0m (2 voies x 3,5m)
		Largeur des accotement
		Accotement : 2,0m+Bordure d'accotement : 0,5m
Réhabilitation des ouvrages d'évacuation d'eaux		Conduites en béton armé de 39,9m, 1 Dallot en béton armé, Caniveaux
Autres ouvrages annexes		Murs de soutènement, Barrières de sécurité, Marques routières, Croisement de la voie ferrée

Aperçu des caractéristiques du pont de projet

Description		Caractéristiques
Longueur de projet du pont		95,4m
Superstructure		Pont à 3 travées continues en dalles évidées en précontraint (portée libre entre appuis : 31,5m)
Largeurs	Chaussée	Chaussée : 7,0m (2 voies×3,5m)
		Trottoir
		Trottoir : 1,0m×2; Bordure : 0,4m×2
Substructure		Culée : en T inverse ; Pilier : en forme ovale
Structure de fondation		Pieux moulés dans le sol($\phi=1\ 000\text{mm}$)

4. Durée des travaux et Coût approximatif du Projet

En cas de la mise en oeuvre du présent Projet dans le cadre de l'aide financière non-remboursable du Japon, le coût total du Projet est estimé à 973 millions de yens japonais (812 millions de yens par la partie japonaise et 161 millions de yens par la partie malgache). La durée de la réalisation du Projet est estimée à 26 mois au total, soit 5 mois pour la conception détaillée (y compris la soumission) et 21 mois pour les travaux de construction.

5. Examen sur la pertinence du Projet

Lors de la réalisation du présent Projet, les effets directs et les effets indirects sont attendus comme suit :

(Effets directs)

- En prenant la bretelle, ayant la fonction de liaison et celle de voie périphérique, les usagers des Routes Nationales 1 et 4 pourront avoir plus facilement l'accès au By-pass. En effet, si on prend la bretelle, on pourra parcourir toute cette bretelle en moins de 5 minutes, tandis qu'il faudra une demi-heure ou une heure, si on prend une route à partir du point de départ du By-pass via la RN7.
- Les véhicules qui circulent sur la RN7 pourront emprunter le By-pass et la bretelle pour faire un détour. Le volume du trafic journalier sera diminué de 19 500 véhicules environ à 14 600 véhicules environ.

- Les véhicules, les bicyclettes, les chariots et les charrettes à bœuf, qui empruntent la RN7, seront détournés vers la bretelle du Projet. On pourra décongestionner la RN7, en particulier le quartier de Tanjombato où la largeur de la route est étroite (6,0 à 6,5 m avec les accotements) en diminuant le volume de la circulation intense journalière, de telle sorte que la sécurité se sera accrue.

(Effets indirects)

- A Tanjombato, dans une zone économique spéciale de 60 ha environ, plus d'une centaine d'entreprises et d'usines de tailles variées exercent leurs activités professionnelles et constituent une zone industrielle qui crée l'emploi dans les zones riveraines. Les produits de cette zone pourront être transportés au port de Toamasina, plus facilement en passant par le By-pass et la bretelle. Il sera donc possible d'inviter des investissements pour développer davantage la zone industrielle en vue d'une synergie et ce développement de la zone contribuera à l'accroissement de l'emploi des populations riveraines.
- Sur la RN7, qui est une seule artère principale reliant entre la zone sud et la capitale, circulent non seulement le transport public et les véhicules lourds, mais aussi les piétons (plus de 1200 personnes/heure/direction aux heures de pointe), les bicyclettes (plus de 300/heure/direction aux heures de pointe) et les chariots et charrettes à bœuf (ils roulent à 1-3km/heure en moyenne). Cela signifie que la RN7 sert d'une voie principale de la vie quotidienne des populations riveraines. La réalisation de la bretelle pourra améliorer l'accessibilité des populations qui se déplacent entre la zone sud de la capitale et le centre ville. Il sera possible que l'installation des populations soit accélérée le long du By-pass (107 maisons construites en septembre 2006) et les populations riveraines bénéficieront aussi de la bretelle au point de vue d'une voie de la vie quotidienne.
- Etant donné que la structure du By-pass a été planifiée sur la base de la cote de projet définie par le programme de contrôle des inondations de la rive gauche d'Ikopa, les populations riveraines peuvent s'enfuir en prenant le By-pass lors des inondations. Cependant, il manque de routes pour faire évacuer les populations sur la rive droite où l'on peut se sauver des inondations. En particulier, dans le quartier de Tanjombato et le quartier d'Ankadiavo, il n'y a qu'une route d'évacuation dont la largeur du pont est très étroite et qui cause des embouteillages chroniques. Par conséquent, pour que les populations ne soient pas laissées du côté de la rive gauche en cas des inondations, la bretelle du Projet servira d'une route importante permettant aux populations de s'enfuir rapidement sur la rive droite d'Ikopa.

Tenant compte du contenu du Projet, de ses impacts et de la capacité de gestion et d'entretien de la route après la construction, etc., il a été jugé que l'exécution du présent Projet dans le cadre de l'aide financière non-remboursable du Japon est pertinente.

Pour réaliser les résultats attendus et les faire fonctionner pour longtemps, il a été recommandé comme suit :

- Pour l'exécution du présent Projet, il est exigé que la partie malgache ait terminé l'acquisition des terrains et le déplacement des obstacles avant le commencement des travaux.
- Il est prévu que des engins de travaux empruntent provisoirement le By-pass pendant l'exécution du présent Projet, de telle sorte qu'il est nécessaire de bien informer les usagers routiers de tels inconvénients pour éviter toute difficulté inutile.

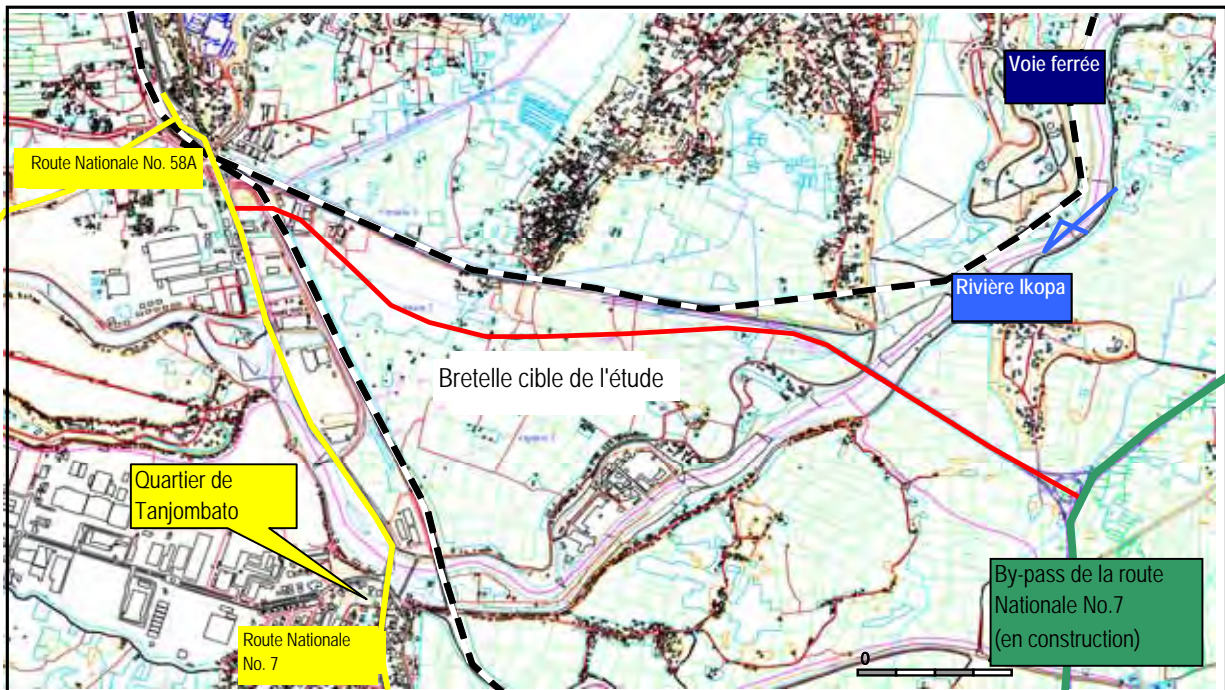
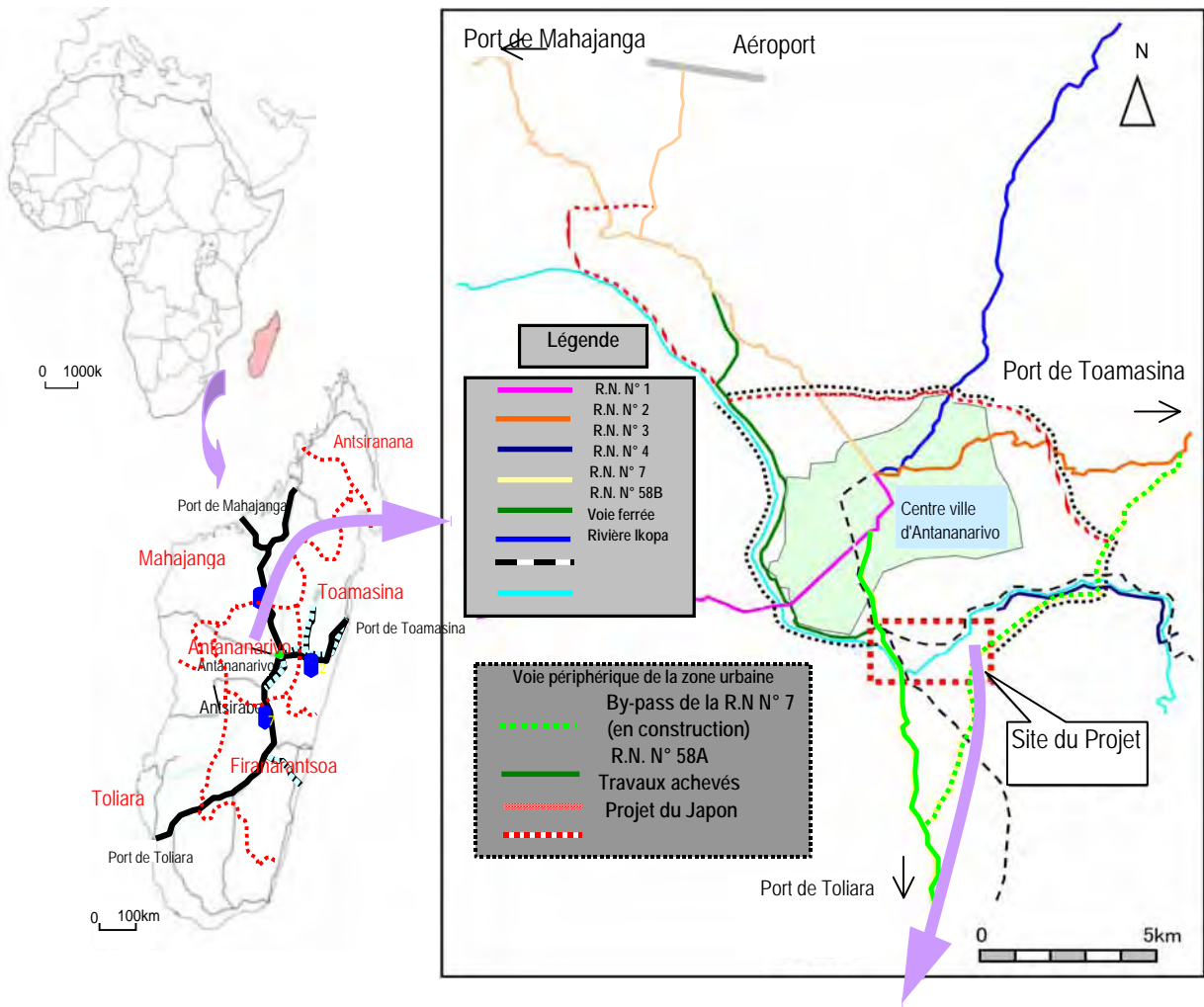
- Etant donné que le présent Projet contribuera à l'amélioration de la desserte pour les populations, leur compréhension et leur collaboration sont indispensables et il est donc demandé que les informations soient ouvertes au public.

Rapport du concept de base
pour
le Projet de construction d'une bretelle dans la zone sud de la capitale
en République de Madagascar

Table des matières

Avant-Propos	
Lettre de présentation	
Résumé	
Table des matières	
Région concernée par l'étude / Plans prévisionnels d'achèvement	
Liste des tableaux et des figures / Liste des abréviations et acronymes	
	Page
Chapitre 1 Arrière-plan et contexte du Projet.....	1-1
1.1 Situation actuelle et problématique du secteur	1-1
1.1.1 Situation actuelle et problématique	1-1
1.1.2 Plan national de développement.....	1-1
1.2 Arrière-plan de la requête de la coopération financière non-remboursable et description sommaire.....	1-1
1.3 Conditions naturelles	1-2
1.4 Considérations socio-économiques.....	1-4
Chapitre 2 Contenu du Projet	2-1
2.1 Description sommaire du Projet	2-1
2.2 Concept de base du Projet de coopération.....	2-2
2.2.1 Principes de concept.....	2-2
2.2.1.1 Principes de base.....	2-2
2.2.1.2 Principes à l'égard des conditions naturelles	2-3
2.2.1.3 Principes à l'égard des conditions sociales	2-4
2.2.1.4 Principes à l'égard de la situation de la construction	2-5
2.2.1.5 Principes à l'égard de l'utilisation des entreprises locales.....	2-6
2.2.1.6 Principes à l'égard de la capacité de gestion et d'entretien de l'organisme d'exécution du Projet.....	2-6
2.2.1.7 Principes à l'égard de la détermination de la taille et du contenu de l'aide demandée.....	2-7
2.2.1.8 Principes à l'égard des méthodes de construction et au calendrier d'exécution des travaux	2-9
2.2.2 Plan de base.....	2-10
2.2.2.1 Plan général.....	2-10
2.2.2.1.1 Etendue et taille des ouvrages à réaliser par le présent Projet	2-10
2.2.2.1.2 Description sommaire du plan de base	2-10

2.2.2.2	Plan de la route et des ouvrages d'art	2-12
2.2.2.2.1	Plan de la route	2-12
2.2.2.2.2	Plan du pont.....	2-22
2.2.3	Plans de conception de base	2-33
2.2.3.1	Plans de conception de base de la route.....	2-33
2.2.3.2	Plans de conception de base du pont.....	2-33
2.2.4	Plan d'exécution	2-51
2.2.4.1	Principes d'exécution.....	2-51
2.2.4.2	Points à prendre en considération pour l'exécution	2-51
2.2.4.3	Répartition des travaux à exécuter.....	2-52
2.2.4.4	Plan de supervision de l'exécution	2-54
2.2.4.5	Plan de contrôle de qualité.....	2-56
2.2.4.6	Plan d'approvisionnement en matériaux et matériels	2-59
2.2.4.7	Calendrier d'exécution	2-64
2.3	Description générale des tâches à la charge de la partie malgache.....	2-65
2.3.1	Tâches générales du projet de coopération financière non remboursable du Japon.....	2-65
2.3.2	Tâches propres au présent Projet.....	2-65
2.3.3	Demandes à la partie malgache	2-66
2.4	Plan d'exécution et d'entretien du Projet.....	2-67
2.5	Coût approximatif du Projet	2-68
2.5.1	Coût estimé du Projet	2-68
2.5.2	Frais d'exploitation et d'entretien	2-69
2.6	Points à prendre en considération pour le projet de coopération	2-70
Chapitre 3	Examen sur la pertinence du Projet.....	3-1
3.1	Impacts du Projet.....	3-1
3.2	Thèmes et Recommandations	3-2
3.3	Pertinence du présent Projet	3-2
3.4	Conclusion	3-2
Annexes		
Annexe 1. Liste des membres des missions d'étude		
Annexe 2. Calendriers des missions d'étude		
Annexe 3. Liste des personnes rencontrées		
Annexe 4. Procès-verbaux de discussions		
Annexe 5. D'autres documents / informations		



Région concernée par l'étude



Plan prévisionnel d'achèvement (Route)



Plan prévisionnel d'achèvement (Pont)

Liste des tableaux

Tableau 1.1	Aperçu de l'étude topographique	1-3
Tableau 1.2	Aperçu de l'étude géotechnique et de l'essai du sol	1-3
Tableau 1.3	Aperçu de l'étude géotechnique (sondage par forage).....	1-4
Tableau 1.4	Points confirmés pour les procédures de l'acquisition des terrains.....	1-5
Tableau 2.1	Principaux éléments d'études des 5 sections du Projet	2-7
Tableau 2.2	Description sommaire du contenu du Projet	2-10
Tableau 2.3	Codes et normes de conception applicables	2-11
Tableau 2.4	Spécifications retenues dans le cadre du Projet.....	2-13
Tableau 2.5	Tableau des résultats de l'examen du tassement et de la stabilité	2-17/18
Tableau 2.6	Spécifications retenues pour l'intersection du point de départ retenues par le Projet.....	2-19
Tableau 2.7	Spécifications des matériaux à utiliser pour la construction du pont	2-26
Tableau 2.8	Comparaison des types de pieu	2-30
Tableau 2.9	Tableau comparatif des types de ponts	2-32
Tableau 2.10	Liste des plans de conception de base.....	2-33
Tableau 2.11	Liste des caractéristiques principales du pont	2-34
Tableau 2.12	Points de contrôle de qualité	2-57/58
Tableau 2.13	Principaux Matériaux à approvisionner	2-59
Tableau 2.14	Situation concernant l'approvisionnement en ciments.....	2-61
Tableau 2.15	Principaux Matériels à approvisionner.....	2-63
Tableau 2.16	Tâches à prendre en charge par la partie malgache et Coût estimatif	2-66
Tableau 2.17	Coût approximatif du Projet (à prendre en charge par la partie japonaise).....	2-68
Tableau 2.18	Points principaux d'entretien et frais	2-69

Liste des figures

Figure 2.1	Circulations des marchandises dans la ville d'Antananarivo	2-1
Figure 2.2	Précipitation et température.....	2-3
Figure 2.3	Nouvelles maisons construites le long du By-pass depuis 2003	2-4
Figure 2.4	Sections du tronçon faisant l'objet du Projet.....	2-7
Figure 2.5	Conception du pont de la requête	2-8
Figure 2.6	Composition de la largeur du pont	2-9
Figure 2.7	Composition de la plate-forme	2-13
Figure 2.8	Composition du remblai de la route (mattes de sable et surcharge)	2-16
Figure 2.9	Terrain marécageux le long de l'emprise de la voie ferrée.....	2-20
Figure 2.10	Circulation du trafic au niveau du carrefour au point terminal	2-20
Figure 2.11	Voies d'accès (aux environs de l'école).....	2-21
Figure 2.12	Longueur du pont	2-24
Figure 2.13	Pont en béton précontraint à construire par le Projet.....	2-27
Figure 2.14	Calendrier d'exécution des travaux	2-64

Liste des abréviations et acronymes

AFD	: Agence Française de Développement
AfDB	: Banque Africaine de Développement
APIPA	: Autorité pour la Protection contre les Inondations de la Plaine d'Antananarivo
B/A	: Arrangement Bancaire
B/D	: Concept de Base
BPPAR	: Bureau des Projets de Promotion et d'Aménagement des Régions
D/BD	: Rapport abrégé du concept de base
D/D	: Conception Détaillée
E/N	: Echange de Notes
EU	: Union Européenne
FED	: Fonds Européen de Développement
F/S	: Etude de faisabilité
JICA	: Agence Japonaise de Coopération Internationale
M/D	: Procès-verbal des discussions
MoU	: Protocole d'entente
MDAT	: Ministère de la Décentralisation et de l'Aménagement du Territoire
MTPM	: Ministère des Travaux Publics et de la Météorologie
ONE	: Office National de l'Environnement
PQ	: Pré-qualification
PC	: Béton précontraint
TA	: Assistance Technique

Chapitre 1 Arrière-plan et contexte du Projet

Chapitre 1 Arrière-plan et contexte du Projet

1.1 Situation actuelle et problématique du secteur

1.1.1 Situation actuelle et problématique

La République de Madagascar (désignée ci-après par « Madagascar ») a son réseau routier, constitué par les routes nationales et provinciales, dont le longeur total est d'environ 25 100 km. Cependant seulement 5 600 km (22% de toute la longueur) sont bitumés. Environ 90% des routes nationales et provinciales ont une largeur de moins de 4,5 m. Sur les routes, la dégradation s'avance, mais la réhabilitation routière ne peut pas couvrir toutes les routes endommangées à cause des restrictions topographiques et des cyclones. En général, les routes en bon état (cela veut dire que l'état de route revêtue, sans nid-de-poule, permet les véhicules de circuler avec la vitesse de base) ne représentent que moins de 20% de la totalité, soit 4 700 km en 2004. D'autre part, seulement 2 630 km (47%) sont en bon état dans la totalité des routes bitumés, soit 5 600 km.

1.1.2 Plan national de développement

Le Document de Stratégie pour la Réduction de la Pauvreté (DSRP) (en 2003) a été élaboré comme plan national de développement. Ledit document est évalué et mis à jour tous les ans, et dans la version de 2005 (élaboration en juin 2006), sont considérées comme stratégie prioritaire l'amélioration de l'accès aux villes et villages, la réhabilitation des artères principales et routes régionales ainsi que la pomotion de la gestion et de l'entretien des infrastructures routières réhabilitées en vue d'améliorer les services du transport des populations et des marchandises.

Dans le cadre du plan national de développement, le gouvernement malgache a élaboré le plan d'aménagement triennal du secteur des travaux publics et du transport (2006 à 2008), qui met accent sur la réhabilitation des artères principales et des routes régionales. La construction d'une bretelle du présent Projet s'inscrit dans ledit plan d'aménagement.

D'autre part, « le plan directeur d'urbanisme de la ville d'Antananarivo (en septembre 2004) » a été rédigé comme plan d'urbanisme de l'agglomération de la capitale d'Antananarivo. Ledit plan directeur définit les orientations d'aménagement de la ville d'Antananarivo à moyen et long terme. Dans ce plan directeur, la construction du By-pass achevée en décembre 2006 et la bretelle faisant l'objet du présent Projet font partie du concept d'aménagement de la voie périphérique de l'agglomération d'Antananarivo. En effet, le présent Projet est considéré comme première priorité non seulement dans le cadre de la vision nationale, mais aussi dans « le plan directeur d'urbanisme de la ville d'Antananarivo ».

1.2 Arrière-plan de la requête de la coopération financière non-remboursable et description sommaire

Le gouvernemnt de Madagascar a présenté en novembre 2004 au gouvernement du Japon la requête relative à la construction d'une nouvelle route de 2,1km dans le cadre de la coopération financière non-remboursable du Japon. En réponse à cette requête, le gouvernement du Japon a envoyé, à Madagascar en novembre 2005, une mission d'étude préliminaire ayant pour objectifs d'examiner la

pertinence sur le raccordement au point terminal et la confirmation technique pour la construction d'une route sur le terrain mou ainsi que de vérifier l'état d'avancement des considérations socio-environnementales pour le présent Projet, etc. Cependant, lors de l'étude préliminaire, la partie malgache a présenté un autre tracé que celui de la requête et les deux parties ont convenu que le tracé faisant l'objet du Projet (c-à-d. le tracé du milieu parmi les 3 variantes) est le plus pertinent. Lors de l'étude du concept de base, il a été confirmé de nouveau que le tracé qu'on a déjà pris est pertinent du point de vue de la réduction du coût, de la minimisation des impacts sociaux, de la constitution d'une section de la voie périphérique, etc. En outre, il a été confirmé que la longueur totale de la route à construire est d'environ 2,7 km par rapport à la longueur initiale de 2,1 km. Au niveau du Japon, l'étude a été approfondie et le tracé de la route a été défini de façon à minimiser autant que possible le déplacement de maisons et d'ouvrages publics existants. La route à construire par le Projet se caractérise par une route à deux voies (une voie de chaque direction) de 7,0 m de largeur et d'environ 2,9 km de longueur totale, en tant que route de liaison entre le By-pass et la RN7. Par ailleurs, en ce qui concerne le pont, on a adopté le type de pont à 3 travées continues en dalles évidées et la longueur est d'environ 95 m après avoir examiné la longueur du pont à minimiser.

1.3 Conditions naturelles

Madagascar est la quatrième plus grande île du monde, située dans l'océan Indien à 390 km environ au large de l'Afrique de l'est dont il est séparé par le canal du Mozambique.

Du côté est de l'île, le courant marin de l'équateur coule, et dans le canal du Mozambique, le courant marin du Mozambique se déplace du nord au sud. Au centre de l'île, les Hautes Terres, ayant le sommet le plus haut de 2900 m d'altitude constituent la chaîne des montagnes étirées sur l'axe entre le nord-nord-est et le sud-sud-ouest. A la côte est de l'île, il y a une grande faille qui court parallèlement à la ligne côtière.

La superficie totale du territoire est de 587 041 km², 1,6 fois plus que le Japon. Les conditions climatiques sont divisées en trois zones : Hauts Plateaux du centre de l'île, Région côtière est et Région côtière ouest. Les Hauts Plateaux se trouvent à une altitude qui varie de 1200 m à 1500 m et occupent plus d'une moitié du territoire. En général, les cours d'eau, ayant leur source dans les montagnes, courent rapidement dans la région de l'est et du nord du pays, parce que la zone de plaine n'est pas suffisamment large, tandis que de l'eau coule lentement et en serpentant dans la vaste plaine de la région de l'ouest et du sud, et les terrains marécageux sont formés par ces cours d'eau dans la région côtière.

La ville d'Antananarivo, capitale du pays et zone faisant l'objet du Projet, est située presque au centre des Hauts Plateaux. La ville d'Antananarivo compte à peu près 4,84 millions d'habitants qui représentent 29% environ de la population totale du pays (environ 16,90 millions en 2003).

La ville d'Antananarivo s'étend sur plusieurs collines entre 1300 m et 1500 m et la rivière d'Ikopa, ayant sa source dans la montagne au sud-est de la ville, coule à gauche de la ville d'Antananarivo. Après la montagne, en serpentant et rassemblant ses affluents, la rivière d'Iko coule de manière à entourer la ville d'Antananarivo de l'est au sud. Elle monte vers le nord après la plaine d'Antananarivo et change de nom « rivière de Béchéboka ». Elle élargit sa largeur à la plaine de

Bonia et se jette dans le canal du Mozambique à Majunga en laissant beaucoup de bras morts de rivière.

Dans la zone faisant l'objet du Projet, les cours d'eau et les terrains marécageux sont étendus depuis longtemps et les routes unissent la capitale aux villes et villages. Bien que la ville d'Antananarivo se situe aux Hauts Plateaux, la différence de hauteur est d'environ 50 m par rapport à la longueur totale des cours d'eau de 40 km. Cela signifie que le delta marécageux très plat s'étend aux alentours de la ville.

C'est dans un tel contexte que les études sur les conditions naturelles ont été menées pour planifier le tracé optimal et les ouvrages appropriés à la zone du Projet ainsi que pour établir le concept et le plan d'exécution.

(1) Etude topographique

Tableau 1.1 Aperçu de l'étude topographique

Article	Quantité	Remarques
Mise en place de repères de nivellement	9 endroits	
Nivellement de l'axe d'un profil en long	2,7 km au total	
Topographie transversale	109 sections	Largeur de 100 à 200m/section
Etude détaillée sur le pont		
Etude détaillée sur l'intersection		Y compris les obstacles
Topographie transversale et longitudinale de cours d'eau	10 sections	La rivière d'Ikopa

(2) Etude et essai du sol

Tableau 1.2 Aperçu de l'étude géotechnique et de l'essai du sol

Etude / Essai	Quantité	Remarques
Essai de pénétration dynamique	7 endroits	
Forage simple	1 endroit	2 échantillons obtenus
Essai au scissomètre	32 endroits	Forage par tarière pour observation de couches du sol
Dépôt de lit fluvial	3 endroits	3 échantillons obtenus
Essai géomécanique au laboratoire	10 échantillons agités et 4 échantillons non agités	14 échantillons physiques et 4 échantillons mécaniques
Essai de pénétration statique	105 endroits	

(3) Etude géotechnique

Tableau 1.3 Aperçu de l'étude géotechnique (sondage par forage)

No. de Forage	Profondeur de forage	Nombre de SPT	N < 50 profondeur jusqu'à la surface	Profondeur de fond rocheux*	Echantillon non agité	Remarques
SC-1	26,0 m	24	21,0 m	25,2 m	1	A la culée de la rive gauche
SC-2	17,6 m	12	12,6 m	12,6 m	1	Au centre de la rivière
SC-3	21,4 m	18	14,0 m	19,1 m	0	A la culée de la rive droite
Total	65,0 m	54	-	-	2	-

Note *: Profondeur jusqu'à la surface de fond rocheux non altéré

(4) Etude sur le Trafic

Dans l'étude sur le trafic, on a mesuré le volume du trafic actuel et la fluidité de circulation pour fixer quelques indicateurs nécessaires à la décongestion, tels que taux d'occupation des véhicules lourds, etc. L'étude sur le trafic a été effectuée le 21 septembre 2006 et le temps était presque beau. Sur la base de la classification standard des véhicules (11 types de véhicule à classifier) de Madagascar, on a fait l'étude des 12 heures (6:00 à 18:00), celle des 24 heures (6:00 à 06:00 du lendemain) et l'enquête sur l'origine et la destination à 7 endroits (les 6 routes). De plus, le 27 septembre 2006, on a fait une autre étude des 12 heures (6:00 à 18:00) à 3 endroits et on a confirmé la situation du trafic pour le plan d'intersection.

1.4 Considérations socio-économiques

Après avoir déposé la requête du présent Projet auprès du gouvernement du Japon en novembre 2004, la partie malgache a élaboré en juillet 2005 un rapport de l'étude d'impact environnemental (projet) sur le tracé proposé dans sa requête (tracé du sud parmi les 3 variantes examinées au stade de l'étude préliminaire), mais elle n'a pas déposé une demande à l'Office National de l'Environnement (ONE), chargé de la politique environnementale de l'ensemble de Madagascar. Depuis lors, la mission d'étude préliminaire a été envoyée en novembre 2005 et la partie malgache a proposé à la mission d'étude un autre tracé que celui proposé dans la requête. Au fait, la partie japonaise et la partie malgache ont convenu que le tracé faisant l'objet du présent Projet (celui du milieu parmi les 3 variantes) est le tracé le plus pertinent. C'est dans un tel contexte que le rapport final de l'étude d'impact environnemental a été rédigé en février 2006 et l'ONE a approuvé ce rapport final et a

délivré l'autorisation de l'environnement en avril 2006.

En ce qui concerne les considérations socio-environnementales, il est à noter que la confirmation de l'état d'avancement des procédures de l'acquisition des terrains est importante pour la mise en oeuvre du présent Projet. Lors de l'étude du concept de base, la partie malgache a consenti par écrit à avoir terminé toutes les procédures de l'acquisition des terrains y compris le paiement des indemnités avant le commencement des travaux. Jusqu'à présent, les points suivants sont confirmés :

Tableau 1.4 Points confirmés pour les procédures de l'acquisition des terrains

No.	Date	Procédures pour l'acquisition des terrains
1	Septembre 2006	Notification du budgétisation pour l'acquisition des terrains
2	Octobre 2006	Notification du calendrier et de l'organisme d'exécution pour l'acquisition des terrains
3	Novembre 2006	Notification de la visite mixte des acteurs concernés par l'acquisition des terrains
4	Janvier 2007	Notification du commencement de l'élaboration du registre foncier parcellaire par l'organisme d'exécution pour l'acquisition des terrains
5	Février 2007	L'organisme d'exécution et les propriétaires des terrains auront signé, avant le mi-avril 2007, le protocole d'entente dans lequel on écrit que les deux parties comprennent bien l'objectif et le contenu du Projet et que les procédures de l'acquisition des terrains devront être conformes aux lois et règlements en vigueur à Madagascar.

Chapitre 2 Contenu du Projet

Chapitre 2 Contenu du Projet

2.1 Description sommaire du Projet

La République de Madagascar (désignée ci-après par « Madagascar ») a élaboré comme plan national de développement le document de stratégie pour la réduction de la pauvreté (DSRP) (élaboration en 2003). Ledit document est évalué et mis à jour tous les ans, et dans la version de 2005 (élaboration en juin 2006) sont considérées comme stratégie prioritaire, l'amélioration de l'accès aux villes et villages, la réhabilitation des artères principales et routes de desserte ainsi que la promotion de l'entretien des infrastructures routières réhabilitées pour améliorer la situation du transport des marchandises et les échanges humains.

Dans le cadre du plan national de développement susmentionné, le gouvernement malgache a élaboré un plan d'aménagement triennal du secteur des transports et des travaux publics (2006 à 2008), qui met accent sur la réhabilitation des artères principales et routes de desserte. L'aménagement d'une bretelle dans le cadre du présent Projet s'inscrit dans ledit plan d'aménagement.

Au niveau de l'agglomération de la capitale Antananarivo, « le plan directeur d'urbanisme de la ville d'Antananarivo » a été adopté en septembre 2004 dans lequel sont définies les orientations d'aménagement de la ville d'Antananarivo à moyen et long terme et à court terme. Dans ledit plan directeur, la construction du By-pass achevée à la fin de l'année 2006 et la bretelle faisant l'objet du présent Projet font partie du concept d'aménagement de la voie périphérique de l'agglomération d'Antananarivo. En effet, le présent Projet est considéré comme première priorité non seulement dans le cadre de la vision nationale, mais aussi dans le plan de développement de l'agglomération d'Antananarivo.

Les artères principales qui traversent la ville d'Antananarivo partent en étoile du centre ville et de ce fait, le trafic se concentre sur certains endroits, ayant pour conséquence les embouteillages. Le By-pass réalisé sur financement de l'aide financière non remboursable du Gouvernement du Japon a pour objectif de relier la RN 2 et la RN 7 sans passer le quartier de Tanjombato dans la zone sud de la ville qui connaît un embouteillage particulièrement sérieux. Ceci a permis de réaliser une route dans la zone sud-est de la ville qui ne traverse ni l'agglomération de la capitale ni le quartier de Tanjombato où la circulation des marchandises est particulièrement importante. Néanmoins, dans la zone sud de la ville où un développement futur est attendu, la circulation dans le sens est-ouest reste coupée, et l'embouteillage dans les artères principales à part la RN2 et la RN7 n'est toujours pas résolu.

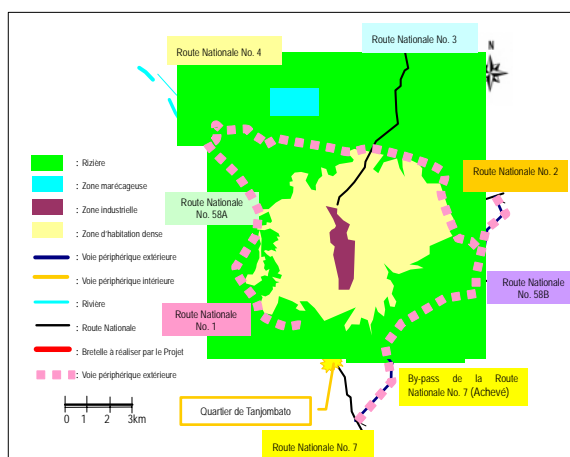


Figure 2.1 Circulations des marchandises dans la ville d'Antananarivo

Dans un tel contexte, le présent Projet qui consiste dans la construction d'une nouvelle route d'une longueur approximative de 2,9 km et la construction d'un pont d'une longueur approximative de 95 m sur financement de la coopération financière non remboursable, a pour objectif d'assurer, en synergie avec le By-pass, une circulation aisée du trafic dans le sens est-ouest de la zone sud de l'agglomération de la ville d'Antananarivo, la capitale du pays. Le Projet pourra avoir les effets ci-dessous indiqués :

- 1) Les véhicules qui circulent sur le By-pass dont la construction est achevée récemment pourront se déplacer de l'est à l'ouest en contournant le quartier de Tanjombato où l'embouteillage est permanent d'une part, et les véhicules en provenance de différentes artères principales pourront avoir l'accès au By-pass en courte distance en évitant les embouteillages du centre ville d'Antananarivo, d'autre part.
- 2) La construction de la route et de l'ouvrage d'art par le Projet permettra de transférer les grandes véhicules qui empruntent actuellement la RN7 sur la route objet du Projet, ce qui pourra faciliter la circulation dans le quartier de Tanjombato où il faut compter plus de 30 minutes pour circuler une distance de 4 à 5 km, et décongestionner ainsi ce tronçon pendant les heures de pointe et pendant les heures où le trafic est normal.
- 3) Comme le cas du By-pass, la construction de la bretelle du présent Projet pourra accélérer un développement de zones riveraines, tel que l'habitation, etc. Par conséquent, il est attendu que cette bretelle serve d'une voie de la vie quotidienne en améliorant la fonction de l'accessibilité au milieu urbain et aux zones rizicoles.
- 4) Il est fort possible que la zone industrielle située à proximité de la route faisant l'objet du Projet soit développée davantage, ce qui pourra contribuer à l'accroissement d'opportunités d'emplois pour les populations locales.

2.2 Concept de base du Projet de coopération

2.2.1 Principes de concept

2.2.1.1 Principes de base

Etant donné que le réseau des boulevards de la capitale part en étoile du centre ville, le trafic se concentre sur certains endroits, ayant pour conséquence les embouteillages. En effet, le By-pass financé par la coopération financière non remboursable du Japon dont les travaux sont achevés fin 2006 a permis de relier la RN2 et la RN7. Néanmoins, dans la zone sud de la ville, la circulation dans le sens est-ouest reste coupée, et l'embouteillage dans les boulevards à part la RN2 et la RN7 qui sont reliées par le By-pass n'est toujours pas résolu.

Le présent Projet qui intervient dans un tel contexte a pour objectif de procurer à la fonction du By-pass une valeur ajoutée et de faciliter ainsi la circulation dans le sens est-ouest dans la zone sud de l'agglomération de la capitale. Les principes de base du Projet sont comme suit :

Les caractéristiques géométriques de la route à construire par le Projet sont à deux voies et rempliront les conditions requises en tant que route de liaison entre le By-pass et la RN7. En particulier, étant donné qu'il s'agit d'une route qui sera empruntée par les populations pour leur vie quotidienne, les considérations socio-environnementales seront prises en compte.

Il a été confirmé que le projet de construction d'une plate-forme multimodale et d'un palais de congrès qui était la préoccupation majeure au début ne constitue plus d'obstacle pour la réalisation du présent Projet. Par conséquent, le tracé de la route sera défini de manière qu'il soit optimal du point de vue de la planification et de la conception d'une route, et ce de façon à minimiser autant que possible le déplacement de maisons et ouvrages publics existants.

Le croisement de la voie ferrée vers la fin du Projet ainsi que la liaison avec la RN7 se feront à niveau. Au niveau du canal d'irrigation (largeur du fond 7,2 m) qui se trouve au point médian des deux points susmentionnés, les ouvrages de passage seront conçus en tenant compte du débit de calcul de l'organisme chargé de la gestion de l'eau d'irrigation.

L'emplacement du pont sera déterminé de manière que la ligne axiale de la route sur la prolongation du By-pass soit quasiment perpendiculaire à la ligne axiale de l'Ikopa, afin de pouvoir minimiser la longueur de la route. En temps normal, l'eau de la rivière s'écoule au côté rive droite, et la largeur de la rivière est de l'ordre de 50 m. Aussi, la longueur du pont à construire sera de l'ordre de 100 m. Sera adopté un type de pont qui sera plus rationnel du point de vue économique et de la mise en oeuvre.

2.2.1.2 Principes à l'égard des conditions naturelles

(1) Conditions climatiques

La capitale Antananarivo, la zone cible du Projet est située au milieu du plateau central, dont la température moyenne s'élève à 18,9°C, la précipitation annuelle à 1365 mm et le nombre de jours pluvieux à près de 150 jours. L'année est divisée en 2 saisons, la saison sèche (avril à novembre) et la saison des pluies (décembre à mars). L'île de Madagascar se trouvant dans la zone de cyclones, le pays est touché par les cyclones à un intervalle de 2 à 5 ans entraînant les inondations. Ces derniers temps, le cyclone « Gafiro » a dévasté le pays en mars 2004. Le plan d'exécution des travaux sera élaboré en tenant pleinement compte de ces caractéristiques climatiques.

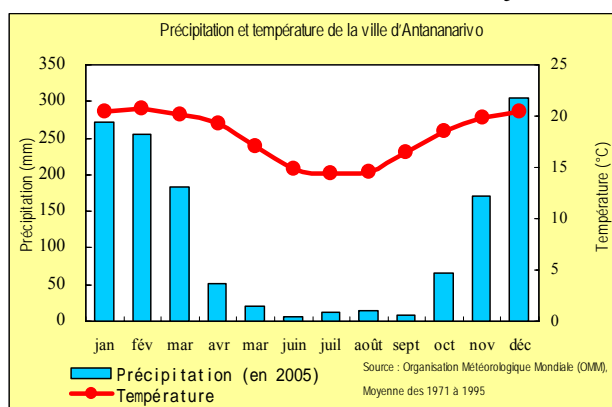


Figure 2.2 Précipitation et température

(2) Autres conditions naturelles

Comme conditions hydrologiques de la rivière d'Ikopa, sur laquelle la route à réaliser par le Projet doit traverser, la hauteur d'eau maximale est définie à une altitude de 1258,25 m au point de la construction du pont en prévision de la crue millénaire. Le débit d'eau correspondant à cette hauteur d'eau maximale est calculé à 480 m³ par seconde. D'autre part, la hauteur de la crue centenaire sur la base de laquelle le pont à réaliser par le Projet doit être conçu est estimée à 1254,00 m (débit de la crue : 430 m³ par seconde), et par conséquent, la hauteur des digues sera déterminée sur la base de cette hauteur de la crue.

En ce qui concerne les conditions géotechniques à l'emplacement de la construction du pont, il a été confirmé que le sol est constitué de granit dur d'une couleur grise verdâtre qui est présent comme substrats rocheux dans la zone. Ce sol en granit peut être considéré idéal comme couche portante des fondations du pont. Toutefois, la profondeur de la couche portante sera déterminée en tenant compte de l'état d'avancement de l'altération de la partie supérieure de substrats rocheux.

Du fait que dans la zone concernée les séismes d'une faible intensité sont enregistrés fréquemment, le pont sera conçu en tenant compte des efforts dus au séisme.

2.2.1.3 Principes à l'égard des conditions sociales

(1) Fonction de la route en tant que route de la vie quotidienne

Lorsqu'une nouvelle route est construite, elle exerce les grands effets sociaux dans les zones riveraines. Le long du By-pass dont les travaux de construction sont achevés fin 2006, comme le montre la Figure 2.3 ci-après, les nouvelles maisons ont été construites depuis 2003.



Figure 2.3 Nouvelles maisons construites le long du By-pass depuis 2003

En attendant la mise en service de la route de By-pass en fin 2006, la construction de maisons (107 maisons) a déjà commencé le long de la route en prévision des utilités et avantages qu'elle peut procurer. En effet, après la mise en service de la route, il est fort probable que les populations viennent s'installer non seulement dans les zones riveraines, mais aussi dans la zone d'alentour. En outre, les proportions des populations exerçant l'agriculture dans les communes de Tanjombato et d'Alasora sont de 28 % et de 65 % respectivement. A Madagascar où les travaux agricoles ne sont pas encore mécanisés, les charrettes à bœufs et les bicyclettes qui sont utilisées comme force motrice des travaux de labour et moyen de transport pourront circuler sur la route de By-pass et de la bretelle à construire par le Projet comme routes de la vie quotidienne, les accotements de la route seront conçus

en tenant compte de cet aspect.

2.2.1.4 Principes à l'égard de la situation de la construction

(1) Principes à l'égard des conditions générales des travaux

Lors de la mise en œuvre du Projet, à la différence des démarches à suivre au Japon, il n'est pas nécessaire de déposer la demande de permis et/ou autorisation de construction auprès de la municipalité, de la préfecture de police, etc., qui relèvent de la compétence des autorités autre que le Maître d'Ouvrage. En particulier, la délivrance de permis et autorisations nécessaires pour les travaux d'aménagement de routes relève entièrement de la compétence et de la responsabilité du Maître d'Ouvrage. Toutefois, lors de la mise en œuvre du Projet, l'entrepreneur de construction japonais et le consultant japonais tiendront les municipalités, les polices et les gendarmeries concernées au courant des informations utiles notamment les routes à travers lesquelles les matériels et matériaux de construction seront transportés, les horaires de travail, etc., afin de pouvoir assurer la sécurité pendant les travaux.

Parmi les réglementations applicables aux travaux, il y a lieu de citer le Code de Travail promulgué en 1958 et révisé partiellement en février 2005. Le recrutement de la main d'œuvre sera effectué conformément audit Code d'autant plus qu'il définit le salaire minimal, la durée de travail et autres éléments pour chacun des corps de métier.

Au cas où les pierres concassées et le granulat seraient fabriqués directement à partir de pierres extraites de la carrière, il faut obtenir le permis d'extraction de carrière. Toutefois, du fait que les démarches le concernant nécessitent plusieurs mois d'une part, et que le délai d'exécution est court et la quantité des matériaux nécessaires est limitée d'autre part, les matériaux à utiliser dans le cadre du Projet seront acquis auprès de fournisseurs de pierres concassées ou d'entreprises de construction locales. De même, en cas d'extraction, il est possible d'obtenir les permis et/ou autorisations d'utilisation d'explosifs à travers les entreprises de construction locales ainsi que leur personnel technique.

(2) Principes à l'égard de l'approvisionnement en matériels et matériaux de construction

A Madagascar, les principaux matériaux de construction, à savoir, le granulat pour les routes, les matériaux bitumineux, le ciment, les fers à béton, le granulat du béton et le bois sont disponibles. Néanmoins, pour les fers à béton il y a lieu d'examiner minutieusement la qualité avant de sélectionner les fournisseurs. D'autre part, les géotextiles pour les travaux de génie civil, les matériaux de joints, les palplanches, etc., dont l'approvisionnement sur place sera difficile, seront approvisionnés au Japon, et non dans les pays voisins, afin de pouvoir en acquérir sûrement, et assurer la qualité et l'économie.

(3) Principes à l'égard de l'approvisionnement en engins de construction

En ce qui concerne les engins de construction à utiliser dans le cadre du Projet, il est possible d'utiliser ceux dont disposent les entreprises de construction locales qui travailleront en sous-traitance, mais dans ce cas, afin de pouvoir mettre à la disposition du Projet une quantité

suffisante d'engins, il est nécessaire de faire appel à plusieurs entreprises. Par conséquent, la modalité d'approvisionnement en ces matériels sera examinée y compris la possibilité de les importer du Japon, en tenant compte des différents aspects notamment la facilité de gestion et d'organisation des travaux et l'économie.

2.2.1.5 Principes à l'égard de l'utilisation des entreprises locales

Dans la capitale, il existe environ 200 entreprises de construction, dont quelques-unes sont en mesure d'exécuter les travaux du présent Projet (route et pont) en tant que sous-traitants. Etant donné que ces entreprises qui sont d'origine étrangère ont une riche expérience dans le domaine de la construction de routes et ponts à Madagascar, elles seront engagées en tant que sous-traitants.

2.2.1.6 Principes à l'égard de la capacité de gestion et d'entretien de l'organisme d'exécution du Projet

L'organisme responsable d'exécution du Projet est le Ministère des Travaux Publics et de la Météorologie. Ledit Ministère entreprend la réforme structurelle du secteur des transports avec l'appui de la Banque Mondiale et du Fonds Européenne de Développement (FED), dans le cadre de laquelle il a diminué les effectifs du personnel en application du système de départ volontaire pendant la période de fin 2005 au début 2006, ce qui a amené l'effectif y compris le personnel contractuel de 2 841 à 1 301 personnes. Toutefois, le nombre de cadres techniques qui sont chargés principalement de différents projets de développement est réduite seulement de 191 à 166, d'où l'on peut conclure que ces cadres pourront continuer à faire preuve de la compétence en matière de gestion de projets qu'ils ont montrée lors de la construction du By-pass achevée en fin 2006.

L'entretien des infrastructures routières sera assuré moyennant le fonds d'entretien des routes. Il s'agit en effet d'un fonds qui finance certains projets approuvés parmi les projets d'entretien quotidien et de maintenance périodique des routes élaborés par le Ministère des Travaux Publics et de la Météorologie, et de ce fait, il peut être considéré comme l'un des donateurs malgaches. Les travaux d'entretien sont effectivement assurés par la Direction Générale des Travaux Publics dudit ministère. Au fait, il a été confirmé que le By-pass dont les travaux de construction sont achevés fin 2006 sur financement du gouvernement japonais et la route à réaliser par le Projet seront entretenus moyennant le budget d'entretien en provenance du fonds d'entretien des routes. Le renforcement du système d'entretien étant en cours avec l'appui de la Banque Mondiale et du FED, au moment où le présent Projet prendra fin, la compétence en matière de gestion et entretien des routes pourrait être renforcée.

2.2.1.7 Principes à l'égard de la détermination de la taille et du contenu de l'aide demandée

(1) Points de départ et point terminal du Projet

Le tronçon faisant l'objet du Projet s'étend sur une longueur d'environ 2,9 km entre le point d'intersection avec la route de By-pass et le point d'intersection avec la RN7 sur l'autre rive de la rivière Ikopa.

(2) Caractéristiques géométriques de la route



Le tronçon faisant l'objet du Projet est divisé en 5 sections et chacune de ces 5 sections fera l'objet d'une étude et d'un examen particulièrement approfondis sur les éléments ci-dessous indiqués (se reporter à la Figure 2.4 et au Tableau 2.1).

Figure 2.4 Sections du tronçon faisant l'objet du Projet

Tableau 2.1 Principaux éléments d'études des 5 sections du Projet

Section	Points de mesure	Principaux éléments d'études sur les caractéristiques géométriques de la route
1	BP : PK0 à PK0+763	Etant donné que le sol est mou, les traitements et une structure de remblais économiques seront étudiés et les résultats seront pris en compte dans le profil en long.
2	PK0+763 à PK0+863	Type de pont optimal sera sélectionné et le profil en long sera conçu sur la base de la hauteur d'eau maximale de calcul de la rivière d'Ikopa et de la hauteur libre au-dessous de poutres.
3	PK0+863 à PK2+110	Tracé en élévation sera étudié en tenant compte du traitement de sols mous et de la structure de remblais. Le tracé en plan sera déterminé en maîtrisant le canal d'eau existant et en contournant l'école existante.
4	PK2+110 à PK2+550	Tracé en plan et le tracé en élévation seront déterminés en utilisant de façon efficace le reste du terrain après remblais.
5	PK2+550 à EP (RN7)	Le croisement avec la voie ferrée se fera à niveau avec un angle de plus de 60°. Le tracé sera déterminé en contournant le terrain meuble longeant la voie ferrée, et de manière à minimiser le déplacement de maisons et magasins existants.

(3) Mesures de sécurité et mesures pour le trafic existant pendant les travaux

Les pistes en terre au sommet des digues sur les deux rives de la rivière d'Ikopa sont légalement interdites aux véhicules ordinaires. De plus, sur les routes qui longent ces pistes en terre, il existe le va-et-vient incessant de populations riveraines (adultes et enfants), d'où les véhicules de poids lourd pour les travaux ne pourront pas circuler. En outre, les travaux de raccordement à la RN 7 au niveau du point terminal seront planifiés en tenant compte d'un trafic par jour de près de 20 000 véhicules sur la route existante. Par ailleurs, du fait qu'au moment de démarrage des travaux du Projet, le By-pass au point de départ sera déjà mis en service, les travaux seront planifiés de manière à minimiser la perturbation de circulation sur les routes existantes.

(4) Pont

1) Longueur du pont

La longueur du pont indiquée dans la requête de la partie malgache est de 131 m. Par contre, dans le « Rapport de l'étude préliminaire pour le projet de construction de la route de liaison dans le sud de la capitale à Madagascar » (février 2006), la longueur du pont indiquée est de 105 à 110 m, ce qui se traduit par une différence de plus de 20 m. En effet, comme le montre la Figure 2.5, étant donné que le pont de la requête de la partie malgache qui consiste à construire sur les pistes aux sommets des digues de deux rives, la longueur du pont est supérieure à la largeur actuelle de la rivière.

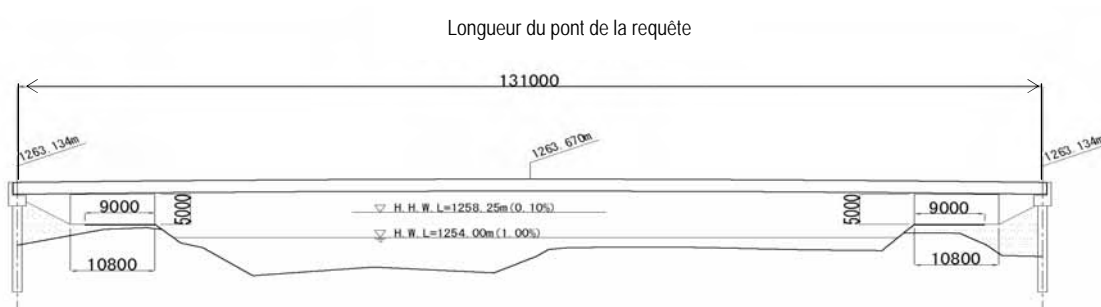


Figure 2.5 Conception du pont de la requête

Dans le cadre de la présente étude, la longueur du pont sera déterminée de manière qu'elle soit aussi courte que possible tout en prêtant une attention particulière aux conditions topographiques du terrain où le pont sera construit, aux conditions de la rivière, etc.

2) Largeur du pont

Comme le montre la Figure 2.6, à l'instar de celle indiquée dans la requête de la partie malgache et celle du By-pass et du pont de la RN2, la largeur totale du pont sera de 9,8 m (chaussée de 3,5 m x 2 directions + trottoirs aux deux côtés 1,0 m x 2 + Bordure de trottoir 0,4 m x 2).

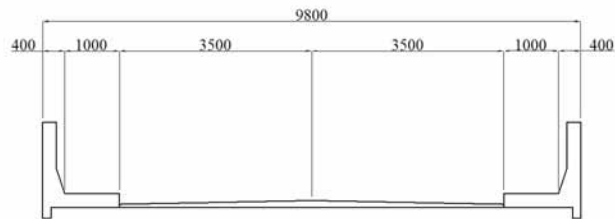


Figure 2.6 Composition de la largeur du pont

2.2.1.8 Principes à l'égard des méthodes de construction et au calendrier d'exécution des travaux

Compte tenu de la diversité de corps de métier et de la taille des travaux, l'ensemble des travaux du Projet sera divisé en 2 composantes, l'une les travaux de construction de la route et l'autre les travaux de construction du pont, et pour chacune de ces deux composantes le plan d'exécution des travaux et le calendrier d'exécution des travaux seront examinés pour mettre au clair l'étendue des travaux de chacune, les points auxquels il faut prêter une attention particulière tels qu'interfaces entre les deux composantes, etc., et ensuite le planning général du Projet sera élaboré en tenant compte des éléments ci-dessous énumérés, parce que, si tous les travaux doivent être exécutés en une seule année, on rencontrera les difficultés suivantes :

Les travaux de revêtement doivent être exécutés pendant la période où les précipitations se concentrent (décembre à mars). Toutefois, dans les conditions où les travaux sont quasiment impossibles à cause de pluies, il sera très difficile d'achever les travaux de revêtement en une année fiscale.

Le résultat des études sur le terrain montre la nécessité de traitements de sols mous. En effet, il faut prévoir, dans les travaux de remblais requis, une période de tassement du sol par la consolidation, et si cette période est incluse dans le calendrier des travaux, les travaux ne peuvent pas être achevés en une seule année fiscale.

Il est à craindre que le déplacement des utilités publiques (électricité, eau et téléphone) qui est à la charge de la partie malgache ne puisse pas être achevé avant le démarrage des travaux de construction. Aussi, il sera préférable d'exécuter les travaux en 2 phases afin de pouvoir prévoir une durée suffisante pour ledit déplacement.

Comme il en est mentionné ci-dessus, étant donné que la mise en œuvre du Projet en une seule année pourrait avoir des risques sur le plan technique, les travaux seront exécutés en 2 phases. Les contenus des travaux respectifs de ces 2 phases sont comme suit :

Phase 1 : Travaux de sous-fondation de la route sur les deux rives de la rivière d'Ikopa + construction du pont

Durée : 5 mois pour la conception détaillée et l'appel d'offres, soumission et la conclusion du contrat + 14 mois pour l'exécution des travaux

Phase 2 : Revêtement de la route (couche de fondation, revêtement d'asphalte) + travaux annexes de la route

Durée : 5 mois pour la conception détaillée et l'appel d'offres, soumission et la conclusion du contrat + 7 mois pour l'exécution des travaux

2.2.2 Plan de base

2.2.2.1 Plan général

2.2.2.1.1 Etendue et taille des ouvrages à réaliser par le présent Projet

La requête pour le Projet consiste dans la construction d'une route à deux voies et d'un pont, dont le besoin a été confirmé dans le cadre des études sur le terrain. Sur la base du résultat de ces études, les deux parties ont convenu de modifier la longueur totale de la nouvelle route à construire qui était de 2,1 km dans la requête à 2,7 km, afin de pouvoir diminuer le coût de construction et minimiser les impacts sociaux, et ce compte tenu de l'intérêt de réaliser un tronçon entier de la voie périphérique et d'autres éléments. Ensuite, au stade des travaux au Japon, la route est conçue de manière à remplir la fonction d'une route de liaison entre le By-pass et la RN7, et à minimiser le déplacement de maisons et ouvrages publics existants, ce qui a eu pour conséquence une longueur totale de l'ordre de 2,9 km, avec une largeur de la chaussée à deux voies de 7,0 m. Quant au pont à construire, sur la base d'une étude pour minimiser sa longueur, il a été décidé d'adopter un pont d'une longueur de près de 95 m à 3 travées continues en dalles évidées.

2.2.2.1.2 Description sommaire du plan de base

Les caractéristiques définies sur la base des principes de base sont comme suit :

Tableau 2.2 Description sommaire du contenu du Projet

Description	Caractéristiques
Tronçon faisant l'objet du Projet	2,89 km (y compris la longueur du pont de 95,4m)
Structure du revêtement	Couche de surface
	Béton bitumineux, 5 cm (route)
	Revêtement simple à 2couches : Enduit superficiel bicouche (accotements)
	Couche de fondation
	Couche de base 15 cm (Pierres concassées pour stabilisation mécanique)
	Couche de fondation 25 cm (Pierres concassées tout-venant)
Largeurs	Largeur de la chaussée
	Chaussée : 7,0 m (2 voies x 3,5 m)
	Largeur des accotements
	Accotement : 2,0 m + Bordure d'accotement : 0,5m
Réhabilitation des ouvrages d'évacuation des eaux	14 endroits (y compris 1 dalot), travaux de caniveaux
Autres ouvrages annexes	Murs de soutènement, Barrières de sécurité, Marques routières, Croisement de la voie ferrée

Dans le Tableau 2.3 ci-après sont présentés les codes et normes sur la base desquels les ouvrages ci-dessus sont conçus.

Tableau 2.3 Codes et normes de conception applicables

	Eléments étudiés	Codes et normes applicables	Raisons
1	Tronçon cible	L = 2,89 km (y compris un pont de 95,4 m)	Le tronçon qui relie le By-pass et la RN7 en franchissant la rivière d'Ikopa.
2	Catégorie de la route	Route nationale	Suivant la classification des routes de Madagascar
3	Topographie	La zone cible est une plaine d'inondation située dans la banlieue de la capitale	La topographie est définie sur la base du résultat des études sur le terrain.
4	Normes de conception applicables Caractéristiques géométriques	En principe la route et l'ouvrage d'art seront conçus sur la base de la norme adoptée dans le livre « Les routes dans les zones tropicales et désertiques – Version 1991 ». Toutefois, pour certains calculs, le manuel japonais intitulé « Explication et application des normes techniques des routes » sera utilisé a besoin.	La norme couramment utilisée à Madagascar est adoptée en priorité.
5	Tracé de la route	La vitesse de base de la route sera de 80 km/h.	La valeur est déterminée sur la base du résultat des études sur le terrain.
6	Largeur de la route	Chaussée : 7,0 m, Accotement : 2,0 m + Bordure d'accotement : 0,5 m	Les valeurs sont déterminées sur la base du résultat des études sur le terrain.
7	Structure de la chaussée	La structure de la chaussée est conçue sur la base du « Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux – Version 1984 »	Le guide couramment utilisé à Madagascar est adopté en priorité.
8	Classification du trafic suivant la conception de la chaussée	La classe de trafic T3 est adoptée suivant la norme malgache.	La même catégorie de trafic que celle du By-pass à relier est adoptée.
9	Charge de projet du pont	Une charge de TL25 indiquée dans les règles de calcul de ponts routiers du Japon est utilisée.	La même charge de projet que celle du By-pass à relier est adoptée.
10	Ouvrages annexes	En principe, les ouvrages annexes seront conçus sur la base des normes de calcul couramment utilisées à Madagascar.	Les normes couramment utilisées à Madagascar sont adoptées en priorité.

2.2.2.2 Plan de la route et des ouvrages d'art

2.2.2.2.1 Plan de la route

(1) Tronçon faisant l'objet de la conception

Le tronçon reliant le By-pass et la RN7 d'une longueur d'environ 2,9 km pour lequel la partie malgache a demandé la construction dans sa requête a été examiné.

Comme il en est décrit à l'Article 2.2.1.7, l'alinéa (2) ci-dessus, la partie principale du tronçon à construire par le Projet est divisée en 5 sections pour chacune desquelles le tracé est examiné, et ensuite le type et la taille de la route y compris le plan des installations temporaires ont été déterminés de manière à créer les effets bénéfiques à moindre coût.

(2) Conditions de conception

1) Codes et normes de conception

Comme codes et normes de conception du présent Projet, « Les routes dans les zones tropicales et désertiques – Version 1991 » qui comporte une norme couramment utilisée à Madagascar seront prises en considération. Toutefois, dans cette norme les conditions générales de conception n'étant pas prescrites, « Explication et application des normes techniques des routes » du Japon ou d'autres normes seront appliquées ou examinées selon les besoins.

2) Caractéristiques géométriques de la route et la vitesse de base

La vitesse de base de la route à construire par le Projet est déterminée à 80 km/h en tenant compte de la classe de la route, des conditions topographiques et de la continuité avec le By-pass. L'intersection avec la RN7 sera conçue, à l'instar de la route, sur la base des « Explication et application du décret sur les normes techniques des routes », en se référant à « Aménagement des carrefours interurbains – Version 1998 », et ce en tenant compte des différents éléments tels que l'état d'utilisation de piétons. Les valeurs de conception adoptées dans le cadre du Projet sont telles qu'elles sont récapitulées dans le Tableau 2.4 ci-après.

Tableau 2.4 Spécifications retenues dans le cadre du Projet

Description		Unité	Valeur adoptée
Vitesse de base		km/h	80
Largeur de l'emprise de la route		m	60
Déclivité transversale de la chaussée		%	2,5
Déclivité de la pente d'évacuation des eaux		%	4,0
Rayon de courbure minimale		m	240
Pente longitudinale maximale		%	4,0
Courbe de profil en long	Rayon de convexe	m	3.000
	Rayon de concave	m	2.200
Dévers (maximal)		%	7,0
Distance de visibilité (minimale)		m	110
Talus du remblai	Terre ordinaire	Pente	1:1,5

3) Composition de plate-forme de la route

Sur la base des valeurs de conception ci-dessus indiquées, la composition de plate-forme est définie comme suit :

- i) Nombre de voies : 2 (1 voie pour chaque direction)
- ii) Largeur de la chaussée : 7,0 m
- iii) Largeur de l'accotement : 2,0 m

En ce qui concerne la déclivité transversale standard, pour faciliter l'évacuation des eaux, une valeur de 2,5 % est adoptée pour la chaussée et une valeur de 4,0% pour les accotements.

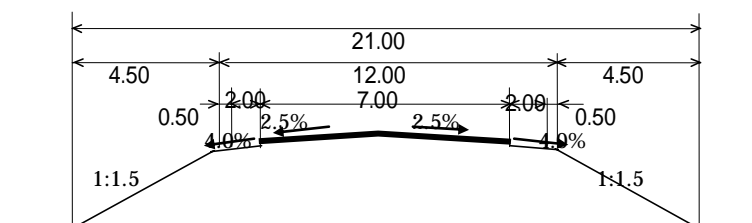


Figure 2.7 Composition de la plate-forme

4) Conception de la chaussée

La chaussée est conçue sur la base du « Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux – Version 1984 » couramment utilisé à Madagascar. Le revêtement des accotements sera réalisé en enduit superficiel bicouche, compte tenu de leur utilisation par les bicyclettes, les charrettes à bœufs et les chariots.

a) Conditions de conception

- i) Classification du trafic T3 (Nombre de grands véhicules par jour supérieur à 1000 et inférieur à 3000 / sur toute la chaussée)
- ii) Indice portant de Californie de S3 (Indice CBR 10 à 15) calcul (CBR)

b) Composition de la chaussée

i) Route

- Couche de surface : Béton bitumineux, Epais.= 5 cm
- Couche de base : Pierres concassées pour stabilisation mécanique, Epais.= 15 cm
- Couche de fondation : Pierres concassées tout-venant (0/40), Epais.= 25 cm

ii) Accotement

- Couche de surface : Enduit superficielle bicouche
- Matériau de couches : Pierres concassées tout-venant (0/40), Epais.= 15 cm

5) Méthode des travaux de terrassement

Les sections en remblai qui traversent la plaine d'inondation seront conçues de manière qu'elles puissent résister à l'éboulement dû à l'inondation. Par conséquent, les talus qui seront en contact direct avec les eaux de crue seront protégés avec l'engazonnement et en principe au niveau de pieds de talus les fossés en terre seront prévus. La pente du remblai sera de 1 :1,5, et la pente du talus de déblai sera de 1 :1,0. En effet, pour les talus de déblai, la pente est ajustée en tenant compte des conditions géotechniques du terrain naturel

6) Traitement de mauvais sols de fondation

Sur la base des résultats des études géotechniques et géologiques, une étude détaillée a été effectuée en utilisant une hauteur de remblai basée sur le profil en long pour estimer la quantité et la durée de tassements et examiner le traitement de stabilisation des remblais.

La méthode de matras de sable sera utilisée pour assurer la praticabilité des engins de construction lors de l'exécution des travaux d'une part, et pour permettre le drainage sous consolidation de sols mous d'autre part. Pour les sols mous où le coefficient de sécurité requis par rapport à la détérioration due au glissement de remblais ne peut pas être obtenu, le remblai de contrepoids qui consiste à stabiliser le corps de remblai sera mis en place sur les deux côtés du remblai. En outre pour les sols en pente, les grilles métalliques seront mises en place dans le corps de remblai afin de réduire les effets sur le remblai dus à la différence de la quantité de tassement entre le sol mou et le terrain naturel en vue d'améliorer la force portante de sols et de stabiliser le corps de remblai.

En outre, afin de prévenir les tassements nuisibles et la détérioration des ouvrages incorporés dans les remblais, les mesures qui permettent d'accélérer le tassement dû à la consolidation des sols mous seront prises d'une part, et la méthode de charge permettant d'améliorer la portance de sols seront adoptée pour raccourcir le délai d'exécution. Au fait, avant de procéder aux travaux de construction des ouvrages, seront adoptées la méthode de surhaussement qui consiste à accélérer la consolidation par le remblai et à éliminer la charge après l'avoir laissé pendant certaine période, et la méthode de surcharge en remblai qui consiste à mettre en place le remblai à une hauteur supérieure à la cote de projet et à éliminer la charge excédentaire après l'avoir laissé pendant certaine période (se reporter à la Figure 2.8).

Sur la base des résultats des études géologiques et géotechniques effectuées le long du tracé de la bretelle à réaliser par le Projet, en premier lieu les constantes géotechniques ont été déterminées et en second lieu le calcul de la quantité de tassements de remblais et le calcul de la stabilité ont été effectués en tenant compte des différents éléments tels que la cote de projet sur certain nombre de sections et ensuite les différentes valeurs notamment la largeur des remblais de contrepoids ont été examinées (se reporter au Tableau 2.5).

En effet, la route est en remblai sur les sols mous sur tout le tracé, dont sur une longueur d'environ 2,5 km la méthode de surcharge en remblai sera adoptée. Du fait que l'état de tassements et la stabilité de remblais doivent être vérifiés lors de l'exécution effective des travaux, les remblais seront mis en place par la méthode de remblayage lent tout en vérifiant les comportements de remblais par observation de comportements. La méthode de mise en place de remblais par remblayage lent pouvant avoir les répercussions importantes sur le délai d'exécution des travaux, le plan d'exécution des travaux sera établi en tenant pleinement compte du délai d'exécution.

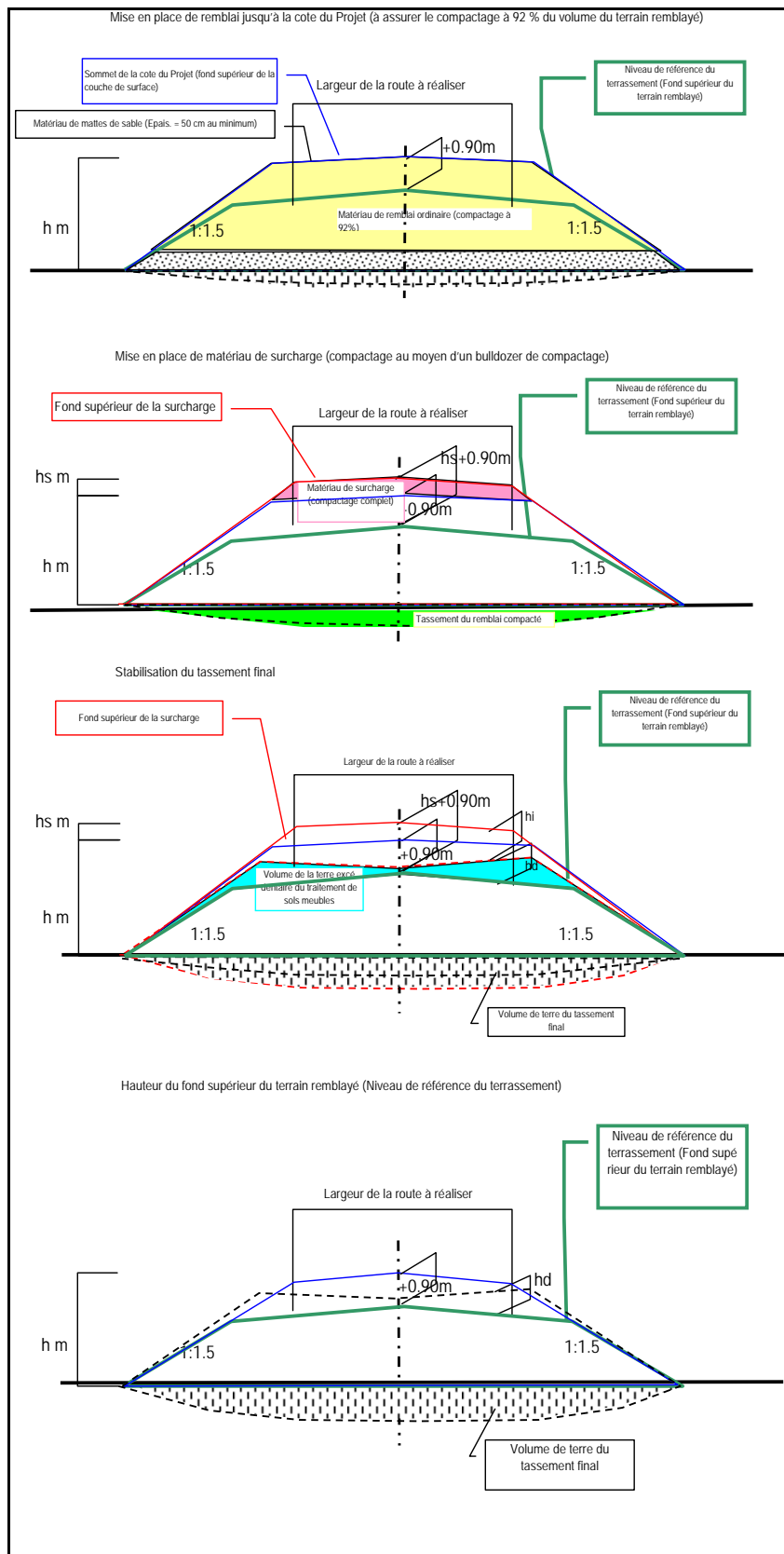


Figure 2.8 Composition du remblai de la route (mattes de sable et surcharge)

Tableau 2.5 Tableau des résultats de l'examen du tassement et de la stabilité

Division topographique	No.	Position de la section de structure	Constante de sol d'après le résultat de l'étude du sol	Hauteur de remblai de calcul (m) (La charge du trafic, etc. tenue en compte comme charge du remblai)	Remblai de contrepois (m)		Epaisseur de la couche de tassement (m)	Tassement du remblai			
					Hauteur (m)	Largeur (m)		Tassement final (m)	Tassement résiduel (m)	Compaction à 90% (jours)	
Rive gauche de l'Ikopa	1	Renforcement de la digue au niveau bypass	C (kN/m2)= 14.6	Pied de talus gauche			6.40				
		PK5+675	Cv (cm2/day)= 109.0	Sommet de talus gauche				0.31			
		SD17	E50 (kN/m2)= 1000	Milieu	2.83/3.43			0.31			
				Sommet de talus droit				0.28			
					Pied de talus droit						
	2	Buse en béton	C (kN/m2)= 14.6	Pied de talus gauche		2.50	6.30	6.40			
		2*1.2m	Cv (cm2/day)= 109.0	Sommet de talus gauche					0.80	0.11	762
		PK0+183	E50 (kN/m2)= 1000	Milieu	2.94/4.94				0.88	0.12	760
		SD17		Sommet de talus droit					0.80	0.11	762
					Pied de talus droit						
	3	Buse en béton	C (kN/m2)= 16.9	Pied de talus gauche				3.20			
		1*1.2m	Cv (cm2/day)= 109.0	Sommet de talus gauche							
		PK0+225	E50 (kN/m2)= 1000	Milieu	2.80/4.80						
		CP-0.5		Sommet de talus droit							
					Pied de talus droit						
	4	Buse en béton	C (kN/m2)= 15.1	Pied de talus gauche		1.50	3.00	5.50			
		1*1.2m	Cv (cm2/day)= 109.0	Sommet de talus gauche							
		PK0+275	E50 (kN/m2)= 1000	Milieu	2.39/4.39						
		DCP2.0		Sommet de talus droit							
					Pied de talus droit						
	5	Remblai ordinaire	C (kN/m2)= 15.1	Pied de talus gauche				5.50			
		PK0+275	Cv (cm2/day)= 109.0	Sommet de talus gauche					0.87	0.08	593
		DCP2.0	E50 (kN/m2)= 1000	Milieu	2.98/3.53				1.00	0.09	593
				Sommet de talus droit					0.87	0.08	593
					Pied de talus droit						
	6	Remblai ordinaire	C (kN/m2)= 14.3	Pied de talus gauche				2.40			
		PK0+425	Cv (cm2/day)= 109.0	Sommet de talus gauche					0.49	0.05	121
		CP5.5	E50 (kN/m2)= 1000	Milieu	3.34/3.84				0.52	0.05	121
				Sommet de talus droit					0.49	0.05	121
					Pied de talus droit						
	7	Buse en béton	C (kN/m2)= 15.9	Pied de talus gauche				2.70			
		1*1.2m	Cv (cm2/day)= 109.0	Sommet de talus gauche							
		PK0+565	E50 (kN/m2)= 1000	Milieu	4.37/6.37						
CP8			Sommet de talus droit								
				Pied de talus droit							
8	Remblai ordinaire	C (kN/m2)= 18.6	Pied de talus gauche				3.60				
	PK0+625	Cv (cm2/day)= 109.0	Sommet de talus gauche					0.74	0.03	262	
	CP9	E50 (kN/m2)= 2800	Milieu	4.07/4.47				0.80	0.09	261	
	SC1		Sommet de talus droit					0.74	0.03	262	
				Pied de talus droit							
9	Remblai ordinaire	C (kN/m2)= 13.3	Pied de talus gauche		2.00	4.00	3.00				
	PK0+675	Cv (cm2/day)= 109.0	Sommet de talus gauche					0.69	0.07	188	
	CP10	E50 (kN/m2)= 2800	Milieu	4.62/4.87				0.73	0.07	188	
	SC1		Sommet de talus droit					0.69	0.07	188	
				Pied de talus droit							
10	Remblai derrière de la culée	C (kN/m2)= 12.5	Pied de talus gauche		2.00	4.00	3.00				
	PK0+700	52.0	Sommet de talus gauche			2.00		1.07	0.10	207	
	DCP11	Cv (cm2/day)= 109.0	Milieu	5.10				1.15	0.11	208	
	SC1	E50 (kN/m2)= 2800	Sommet de talus droit					1.07	0.10	207	
				Pied de talus droit							
11	Buse en béton	C (kN/m2)= 12.5	Pied de talus gauche		2.00	4.00	3.00				
	1*1.2m	52.0	Sommet de talus gauche			2.00					
	PK0+718	Cv (cm2/day)= 109.0	Milieu	5.10/7.10							
	CP11	E50 (kN/m2)= 2800	Sommet de talus droit								
				Pied de talus droit							

Division topographique	No.	Position de la section de structure	Constante de sol d'après le résultat de l'étude du sol	Hauteur de remblai de calcul (m) (La charge du trafic, etc. tenue en compte comme charge du remblai)	Remblai de contrepois (m)		Epaisseur de la couche de tassement (m)	Tassement du remblai			
					Hauteur (m)	Largeur (m)		Tassement final (m)	Tassement résiduel (m)	Compaction à 90% (jours)	
Rive gauche de l'ikopa	12	Remblai derrière de la culee	C (kN/m ²)= 20.0	Pied de talus gauche			3.60				
		PK0+850	Cv (cm ² /day)= 136.9	Sommet de talus gauche				0.67	0.07	193	
		CP14.5	E ₅₀ (kN/m ²)= 2800	Milieu	4.26/4.56			0.72	0.07	191	
		SC3		Sommet de talus droit				0.67	0.07	193	
					Pied de talus droit						
	13	Buse en béton	C (kN/m ²)= 20.0	Pied de talus gauche		1.50	3.00	3.80			
		2*1.2m	Cv (cm ² /day)= 136.9	Sommet de talus gauche							
		PK0+925	E ₅₀ (kN/m ²)= 2800	Milieu							
		CP15.5		Sommet de talus droit	4.18/6.18						
					Pied de talus droit						
	14	Remblai ordinaire	C (kN/m ²)= 17.6	Pied de talus gauche				4.10			
		PK1+050	11.4	Sommet de talus gauche			3.30		0.71	0.07	432
		DCP17.5	Cv (cm ² /day)= 136.9	Milieu	2.83/3.48				0.87	0.08	436
		CP17.5	E ₅₀ (kN/m ²)= 2800	Sommet de talus droit					0.84	0.09	427
					Pied de talus droit						
	15	Remblai ordinaire	C (kN/m ²)= 15.6	Pied de talus gauche		1.50	3.00	3.30			
		PK1+375	13.8	Sommet de talus gauche			1.70		0.55	0.05	178
		CP25	Cv (cm ² /day)= 136.9	Milieu					0.62	0.06	178
			E ₅₀ (kN/m ²)= 2800	Sommet de talus droit	3.85/4.25				0.55	0.05	178
					Pied de talus droit						
	16	Buse en béton	C (kN/m ²)= 23.7	Pied de talus gauche				3.60			
		2*1.0m	34.3	Sommet de talus gauche			1.20				
		PK1+475	Cv (cm ² /day)= 136.9	Milieu	2.44/4.44						
		CP27.5	E ₅₀ (kN/m ²)= 2800	Sommet de talus droit							
					Pied de talus droit						
	17	Remblai ordinaire	C (kN/m ²)= 23.7	Pied de talus gauche				3.60			
		PK1+525	34.3	Sommet de talus gauche			1.20		0.52	0.06	181
		CP27.5	Cv (cm ² /day)= 136.9	Milieu					0.58	0.06	180
			E ₅₀ (kN/m ²)= 2800	Sommet de talus droit	3.93/4.33				0.52	0.06	181
					Pied de talus droit						
	18	Buse en béton	C (kN/m ²)= 18.8	Pied de talus gauche				2.50			
		1*1.0m	23.0	Sommet de talus gauche			2.20				
		PK1+815	Cv (cm ² /day)= 136.9	Milieu	2.40/4.40						
		CP34.5	E ₅₀ (kN/m ²)= 2800	Sommet de talus droit							
					Pied de talus droit						
	19	Remblai ordinaire	C (kN/m ²)= 19.0	Pied de talus gauche				1.90			
		PK2+025	18.0	Sommet de talus gauche			1.50		0.49	0.05	103
		CP38	Cv (cm ² /day)= 136.9	Milieu	2.99/3.54				0.50	0.05	103
			E ₅₀ (kN/m ²)= 2800	Sommet de talus droit					0.42	0.05	103
					Pied de talus droit						
	20	Buse en béton	C (kN/m ²)= 19.0	Pied de talus gauche				1.90			
		1*1.0m	18.0	Sommet de talus gauche			1.50				
		PK2+060	Cv (cm ² /day)= 136.9	Milieu							
		CP39	E ₅₀ (kN/m ²)= 2800	Sommet de talus droit	3.23/5.23						
					Pied de talus droit						
	21	Remblai ordinaire	C (kN/m ²)= 15.0	Pied de talus gauche				2.10			
		PK2+100	27.5	Sommet de talus gauche			2.40		0.33	0.03	212
		CP39.5	Cv (cm ² /day)= 136.9	Milieu	1.23/2.23				0.35	0.03	219
DCP1		E ₅₀ (kN/m ²)= 2800	Sommet de talus droit				0.25		0.03	213	
				Pied de talus droit							
22	Remblai ordinaire	C (kN/m ²)=	Pied de talus gauche				3.80				
	PK2+800	Cv (cm ² /day)= 136.9	Sommet de talus gauche					0.55	0.06	231	
	DCP104	E ₅₀ (kN/m ²)= 2800	Milieu	3.81/4.21				0.59	0.06	230	
	CP104		Sommet de talus droit					0.55	0.06	231	
				Pied de talus droit							

7) Plan d'intersection

a) Intersection au point de départ

En ce qui concerne l'intersection à aménager dans le cadre du Projet, le type carrefour giratoire (rond-point) sera adopté conformément au « Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux » applicable dans les pays francophones de l'Afrique, et ce, en tenant compte des normes de carrefours à niveau et du concept de carrefours giratoires (rond-point) indiqués dans le manuel « Explication et application du décret sur les normes techniques des routes » du Japon. Ce type d'intersection qui est le type standard de Madagascar est adopté par les projets d'amélioration de voies financés par différents donateurs ou bailleurs de fonds, et d'ailleurs par le projet de construction du By-pass auquel le point de départ de la bretelle du présent Projet sera relié. A travers les observations sur les manières dont les conducteurs d'Antananarivo conduisent leur voiture, il a été constaté qu'en général les règles de circulation aux ronds-points (circulation en provenance de la gauche est prioritaire et celle en provenance de la droite s'arrête momentanément) sont respectées. En outre, dans les sections où le trafic est intense les agents de la circulation assurent une bonne circulation de véhicules. Par conséquent, les caractéristiques géométriques de l'intersection au point de départ sont conçues sur la base d'une vitesse de base de 40 km/h, la même valeur que celle adoptée pour le By-pass, pour assurer la continuité avec le By-pass d'une part et pour permettre aux utilisateurs de la route une circulation en toute sécurité et une bonne visibilité d'autre part.

Tableau 2.6 Spécifications retenues pour l'intersection du point de départ retenues par le Projet

Description	Unité	Valeur adoptée
Vitesse de base	km/h	40
Rayon de courbure (route à grande circulation : arrêt momentané)	Min.m	50
Rayon de courbure (Route secondaire : arrêt momentané)	Min.m	30
Section minimale à pente douce à proximité de l'intersection	m	35
Distance de visibilité (valeur minimale : contrôle d'arrêt momentané)	m	55
Longueur minimale du décalage des tangentes de la route à grande circulation*	m	35

*Ceci signifie la longueur minimale de raccordement en cas de variation de nombre de voies

b) Intersection au point terminal

L'intersection au niveau du point terminal sera à niveau avec la voie ferrée située à environ 110 m avant le point de raccordement avec la RN 7. Au pied du remblai de la voie ferrée il existe une zone longeant parallèlement cette dernière qui est marécageuse toute l'année sur une largeur de 20 à 30 m (se reporter à la Figure 2.9). Aussi, l'intersection avec la voie ferrée se fera à un angle de 60° qui est la valeur inférieure limite pouvant assurer une visibilité sûre, et elle sera située à un emplacement en dehors de cette zone marécageuse longeant la voie ferrée. Ceci permettra non seulement de raccourcir la longueur de l'ouvrage de passage du canal d'irrigation, mais également de diminuer la superficie de l'intersection avec la RN7, ce qui pourrait avoir pour conséquence la réduction de coût.



Figure 2.9 Terrain marécageux le long de l'emprise de la voie ferrée

En ce qui concerne la forme d'intersection avec la RN7, du fait que le lieu est proche de la ville d'Antananarivo, et qu'un carrefour giratoire (rond-point) compact et existant est en service à une distance de l'ordre de 300 m par rapport à l'emplacement prévu, est adopté un diamètre de 30 m, la valeur recommandée dans « l'Aménagement des carrefours interurbaine – Version 1998 » qui est un guide technique pour la planification de carrefours du type urbain. En effet, le volume de trafic du Projet du By-pass est déterminé à 13 000 à 14 000 véhicules/jour (deux directions), ce qui est équivalent à celui constaté sur la section la plus encombrante de la RN7. De ce fait, il a été décidé d'aménager, en outre des voies d'entrée et sortie de 3 sens pour les virages via le rond-point à réaliser par le Projet, les canaux permettant d'accéder directement à la RN7 sans passer par le rond-point, pour éviter les embouteillages au niveau du carrefour à l'avenir (se reporter à la Figure 2.10).

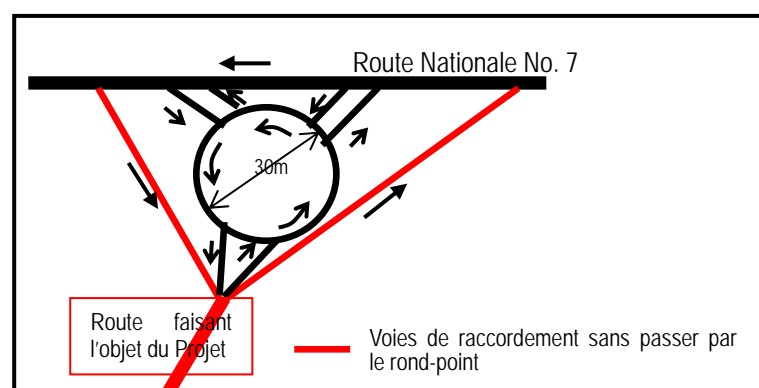


Figure 2.10 Circulation du trafic au niveau du carrefour au point terminal

Par ailleurs, le carrefour à réaliser sera pourvu des trottoirs pour séparer les véhicules des piétons en vue d'assurer une circulation sûre et régulière de ces deux utilisateurs au niveau du carrefour, et l'îlot de canalisation au niveau de traversées sera réalisé en revêtement en couleur pour que les piétons puissent traverser la route en sécurité, d'autant plus qu'un grand nombre de piétons utilisent la RN7 pour le déplacement quotidien aux heures de pointe du matin et du soir.

8) Ouvrages annexes de la route

a) Matelas de gabions

Les matelas de gabions en strict minimum nécessaire seront mis en place pour prévenir l'affouillement au niveau des culées et en amont et en aval des ouvrages transversaux.

b) Examen des ouvrages transversaux

Etant donné que la hauteur du remblai de la route est déterminée sur la base du plan de protection contre les inondations d'Ikopa, le plan d'évacuation des eaux sera établi de manière à pouvoir évacuer promptement les eaux de pluies en provenance de l'amont vers l'aval et les ouvrages transversaux seront mis en place aux endroits où ceux-ci sont requis. En particulier, au niveau du By-pass, le plan des ouvrages transversaux sera établi de manière qu'il soit cohérent avec le schéma du réseau d'assainissement existant.

c) Balises de virage

Pour les sections en remblai du tronçon faisant l'objet du Projet, où le dénivellement par rapport aux abords de route est supérieur à la limite de sécurité, la mise en place de balises de virage ont été examinée. En premier lieu, les mesures de base pour l'amélioration du profil en long et du tracé en plan, celle des sections en dévers, etc., ont été examinées, et en second lieu les positions où les ouvrages de sécurité sont nécessaires ont été identifiées sur la route après avoir amélioré ses profil et tracé, et les ouvrages ont été examinés en tenant compte de la situation actuelle sur le terrain et de la continuité pour faciliter l'entretien.

d) Bornes kilométriques

La mise en place de bornes kilométriques à un intervalle régulier a été examinée d'autant plus qu'il s'agit d'une route nationale de Madagascar, et ce en tenant compte de la facilité d'entretien de la route.

9) Voies d'accès

a) Pistes sur les deux digues du côté d'Ikopa

Elles auront une largeur minimale permettant la circulation de véhicules d'urgence, mais elles ne seront pas revêtues.

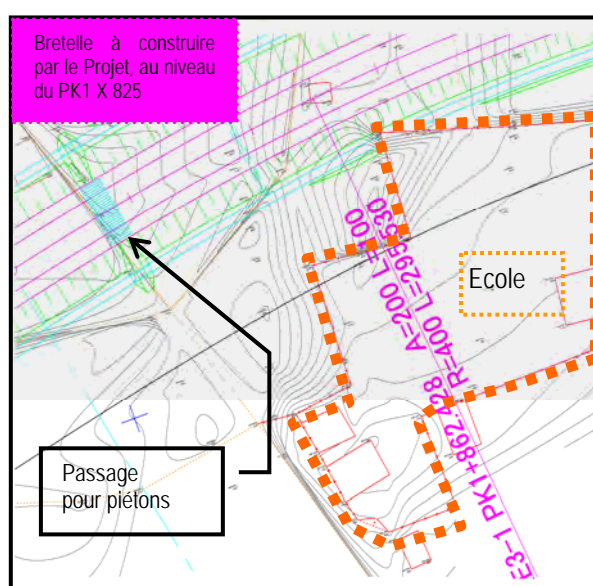


Figure 2.11 Voie d'accès (aux environs de l'école)

b) Aux environs de l'école

La traversée d'un grand nombre de piétons étant prévue, un passage pour piétons sera prévu, mais la voie d'accès ne sera pas revêtue. Quant aux panneaux de signalisation et d'autres ouvrages pour assurer la sécurité des élèves, à l'instar du projet du By-pass, ils seront à la charge de la partie malgache.

2.2.2.2.2 Plan du pont

(1) Conditions topographiques et géotechniques de l'emplacement où le pont sera construit

1) Conditions topographiques

L'emplacement de la construction du pont sera choisi de façon à ce que la distance par rapport au carrefour avec le By-pass de la RN7 soit minimale, et que l'axe de la route soit quasiment perpendiculaire à l'axe de la rivière d'Ikopa. Comme conditions topographiques, les rizières s'étendent sur les terrains plats de part et d'autre de la rivière d'Ikopa, et au niveau de la rivière les digues artificielles sont aménagées. En effet, ces digues ne sont pas bien entretenues si bien que leurs forme et hauteur varient d'un emplacement à l'autre le long de la rivière. D'autre part, le fond de la rivière est plus profond du côté rive droite et peu profond du côté rive gauche. La distance entre les digues au niveau où le pont sera construit est de l'ordre de 100 m, et en temps normal l'eau s'écoule lentement le long de la rive droite sur une largeur d'environ 50 m. Par ailleurs, du côté rive gauche, c'est le lit mineur où le fond de la rivière est apparent en saison sèche, et de ce fait il est utilisé comme champs ou lieu de lavage de linges. En saison des pluies, le lit mineur est inondé, mais sa profondeur n'atteint qu'environ 50 cm.

2) Conditions géotechniques

a) Couche de substratum rocheux (granit)

La couche de granit est profonde au niveau des deux rives et peu profonde au milieu de la rivière. La différence entre le point le plus profond et le point le moins profond est de l'ordre de 14 m. En outre, au milieu de la rivière la roche dure de granit (RQD=100%) est observée, tandis qu'à deux rives la roche dure de granit est couverte de la couche de la roche altérée et de la couche de la roche très altérée. La couche de la roche altérée est plus profonde au côté rive droite. Etant donné que cette couche qui est équivalente à la roche de granit altérée peut être le sol porteur d'un pont, les culées seront supportées par la couche de la roche de granit altérée et les piles en milieu de la rivière seront supportées par la couche de la roche dure de granit.

b) Couche intermédiaire

La couche intermédiaire est constituée du substratum rocheux en couche de granit, sur lequel reposent successivement à partir du sol de surface le dépôt d'argile alluviale, la couche de terre végétale (humus) et la couche de sable alluvial. Au côté rive gauche la couche de terre végétale (humus) est plus épaisse que celle de la rive droite et donc le sol est mou dans l'ensemble, mais du

fait de l'existence d'une bonne couche de sable à une profondeur de 6 à 10 m au-dessous du sol, dont la portance de sol est de l'ordre de $22 < \text{valeur } N < 32$, le sol est favorable pour la conception des fondations. Par ailleurs, la valeur N du côté rive droite est supérieure à celle de la rive gauche. Les profondeurs respectives de la couche d'alluvion est de l'ordre de 20 m à la rive gauche, de 12,6 m au milieu de la rivière et de 11,5 m à la rive droite.

(2) Conditions hydrologiques de l'emplacement de la construction du pont

D'après le rapport intitulé « Etude du réseau structurant RN2-RN4-RN7 – Avant projet sommaire – Nouveau pont Tanjombato – 1999 (désigné ci-après par « le Rapport », les conditions hydrologiques de l'emplacement de la construction du pont se présentent comme suit :

1) Niveau d'eau maximal

Le niveau d'eau maximal au point de la construction du pont est estimé sur la base de la crue millénaire à une altitude de 1258,25 m. Ces données sont celles révisées sur la base du résultat de l'étude menée en 1986 par la société SCET Internationale & Dinika. Le débit d'eau qui correspond à ce niveau d'eau maximal se calcul à $480 \text{ m}^3/\text{s}$. En outre, la hauteur de la crue centenaire qui est concernée par la conception de pont est estimée à 1254,00 m (débit de la crue : $430 \text{ m}^3/\text{s}$), sur la base de laquelle la hauteur des digues est calculée.

2) Vitesse d'écoulement et effet qu'elle exerce sur les culées et piles

La vitesse d'écoulement calculée sur la base du débit de la crue millénaire n'est pas très élevée et est de l'ordre de 0,7 m/s. Par conséquent, il peut se conclure qu'il n'y aura pas d'affouillement important et que les effets dynamiques sur les culées seront insignifiants d'autant plus que la pression de l'eau courant est faible.

(3) Principes de conception du pont

1) Longueur du pont et la hauteur libre au-dessous des poutres

Dans le cadre du présent Projet, la longueur du pont est déterminée sur la base des conditions topographiques de l'emplacement, des conditions de la rivière, etc., mentionnées ci-après :

Si le pont doit franchir les pistes des digues, la longueur du pont devient trop longue et la hauteur de la chaussée devient aussi trop élevée, ce qui aura pour conséquence non seulement la hauteur des remblais derrière les culées trop élevée, l'augmentation du coût de construction et la prolongation du délai d'exécution, mais aussi les problèmes techniques notamment la stabilité et le tassement des remblais.

Les pistes sur les digues de deux rives se croiseront à niveau avec la bretelle à réaliser par le Projet afin de pouvoir maintenir leur état actuel.

Etant donné que le surhaussement des digues en prévision de la hauteur de crue millénaire n'est pas

prévu, la longueur minimale du pont est déterminée de façon à ce que le front des culées ne soit pas submergé au dessous du niveau d'eau de la crue centenaire.

Une hauteur libre au-dessous des poutres de 0,8 m est prévue en tenant compte du décret sur les normes techniques des cours d'eau du Japon. Par conséquent, la hauteur minimale au-dessous des poutres est déterminée à 1254,8 m (le niveau d'eau maximal de la crue centenaire = 1254,0 ; $Q=430 \text{ m}^3/\text{sec m}$, majoré de 0,8 m).

Sur la base du résultat des analyses ci-dessus mentionnées, comme le montre la Figure 2.12 ci-après, la longueur du pont est déterminée à environ 95 m.

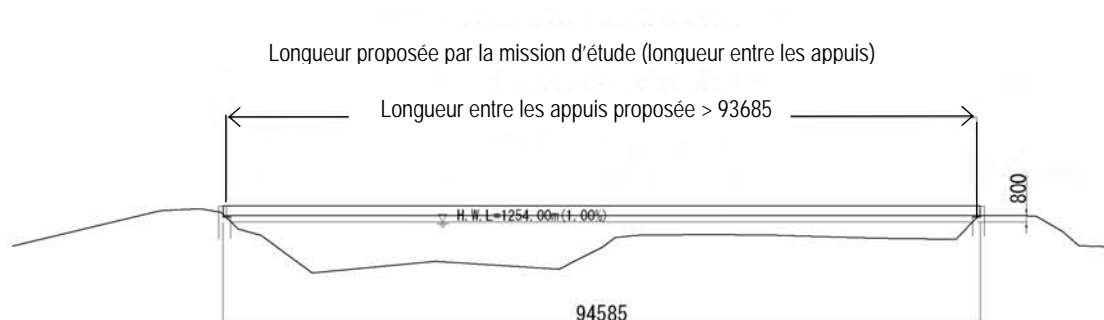


Figure 2.12 Longueurs du pont

2) Largeur du pont

Dans le rapport de l'étude préliminaire, il est recommandé d'adopter une largeur totale de 10,5 m, en ajoutant à la largeur du By-pass et de la RN2, une largeur de 50 cm de l'accotement à deux cotés (chaussée : 3,5 m x 2 directions + accotement 0,5 m x 2 + trottoir à deux côtés 1,0 m x 2 + bordure de trottoir 0,25 x 2). Néanmoins, dans le cadre de la présente étude, la largeur totale du pont est déterminée à 9,8 m (chaussée 3,5 m x 2 directions + trottoir à deux côtés 1,0 m x 2 + bordure de trottoir 0,4 x 2), à l'instar de la largeur indiquée dans la requête de la partie malgache et de celle adoptée par le By-pass et le pont de la RN2. En outre, les normes techniques des routes de Madagascar prescrivent la mise en place de trottoirs à deux côtés de la route, et par conséquent toutes les routes nationales et celles équivalentes aux environs de la ville d'Antananarivo sont pourvues des trottoirs à deux cotés. D'ailleurs, dans les normes techniques des routes du Japon, il est prescrit que les routes équivalentes à la route à construire par le Projet doivent être pourvues de trottoirs d'une largeur supérieure à 2,0 m sur les deux côtés. De ce fait, le pont du Projet sera aussi pourvu des trottoirs sur deux côtés. La largeur de ces trottoirs sera de 1,0 m sur les deux côtés, sur la base de la norme malgache (largeur minimale 0,95 m) et d'une largeur de 1,0 m indiquée à titre indicatif comme « largeur minimale permettant la circulation de personnes portant les bagages » dans les normes techniques des routes.

3) Conditions de conception

a) Codes et normes applicables

Le pont sera conçu sur la base des règles de calcul des ponts routiers du Japon. Ces règles ont été appliquées également à la conception des ponts du By-pass de la Route Nationale No. 7 et du pont de la Route Nationale No. 2.

b) Charges de conception

i) Charge mobile

Comme charge mobile de conception, une valeur de TL25 qui est la même valeur que celle adoptée pour les ponts du By-pass de la Route Nationale No. 7 et de la Route Nationale No. 2 sera adoptée. De la manière plus concrète, en terme de véhicules, cette charge mobile permet la circulation, dans le sens de l'axe de pont d'un jeu de 2 véhicules dont le poids en ordre de marche est de 25 t et la charge maximale par essieu de 20 t, s'il s'agit d'un véhicule de faible longueur comportant peu d'essieux tels que camion benne, ou bien le poids en ordre de marche est de 43 t et la charge maximale par essieu de 12 t, s'il s'agit d'un véhicule de grande longueur comportant nombreux essieux tels que tracteur de semi-remorque, et dans le sens transversal de pont d'un nombre illimité de véhicules. Par conséquent, la plupart des véhicules existant ainsi que ceux transportant les conteneurs dont le nombre sera accru dans les années à venir à Madagascar peuvent circuler sur le pont.

ii) Charge sismique

A Madagascar, 2.228 séismes d'une magnitude supérieure à 2,5 ont été enregistrés pendant les 20 dernières années au stade de l'étude du concept de base du By-pass de la Route Nationale No. 7 en 2001. Le plus grand séisme qui est d'une magnitude de 5,7 a été enregistré le 8 juin 1996 à Ambositra situé à environ 250 km au sud d'Antananarivo. Il a été rapporté que lors de ce séisme, une faible sismicité de l'ordre de II (2,5 à 8,0 gal) a été enregistrée à Antananarivo. Du fait qu'un grand nombre de séismes de faible intensité sont enregistrés, il y a lieu de prendre en considération les charges sismiques dans la conception du pont. Par conséquent, dans le cadre du présent Projet, une sismicité horizontale de calcul de $k_h = 0,1$ qui est égale à celle du By-pass de la RN7 sera prise en compte dans la conception. En effet, cette valeur de sismicité est déterminée à partir des relevés de séismes d'une magnitude supérieure à 4, en application de la formule de la loi d'atténuation par rapport à la distance, sur la base d'une accélération sur la surface du sol susceptible de survenir tous les 100 ans (60 gal), tout en tenant compte de la marge de sécurité.

c) Plan des principaux matériaux de construction

Le tableau ci-après montre le plan des matériaux à utiliser dans le cadre du Projet établi sur la base du résultat des études sur les matériaux disponibles à Madagascar.

Tableau 2.7 Spécifications des matériaux à utiliser pour la construction du pont

Principaux matériaux		Matière et spécifications	Remarques
Super-structure	Béton	$\sigma_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$	Tablier
		$\sigma_{ck} = 24 \text{ N/mm}^2$	Barrière de sécurité
	Fer à béton	SD295-SD345	
	Acier de précontrainte	12S15,2 B	(SWPR7B)
	Ouvrage d'ancrage	12V15	
	Gaine	$\varnothing 75 \text{ mm}$	Barrière de sécurité
	Tuyau d'acier pour balustrade	STK 490	
	Appui	Appui en caoutchouc	
Substructure	Béton	$\sigma_{ck} = 24 \text{ N/mm}^2$	Béton de gros oeuvre
		$\sigma_{ck} = 18 \text{ N/mm}^2$	Béton de propreté
	Fer à béton	SD 345	
	Barre d'ancrage	S35 CN	JISG4051
Structure de fondation	Béton	$\sigma_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$	Bétonnage sous l'eau
	Fer à béton	SD 345	
	Acier de batardeau de quai	SS 400	
	Palplanche en acier pour batardeau	SY 295	Type III

4) Sélection du type de pont

a) Type de la Superstructure

Conformément au principe de base du Projet qui dit que « Eviter dans la mesure du possible l'importation du Japon ou des pays tiers des éléments constitutifs du pont et des engins de construction de grande taille », le pont sera du type en béton qui peut être construit et monté sur place. La longueur du pont proposée sur la base du résultat de l'étude sur terrain est de l'ordre de 95 m d'une part, et la portée minimale libre entre appuis doit être supérieure à 22,15 m afin de minimiser les effets sur la rivière d'Ikopa en cas de crue d'autre part. Par ailleurs, étant donné que la largeur totale des piliers est déterminée à une valeur inférieure à 4,6 m afin de pouvoir assurer le ratio d'empêchement du cours d'eau (inférieur à 5 %), la largeur libre entre appuis sera comprise dans une fourchette de 23 m à 31 m. Sur la base de ce qui vient d'être précisé, le type de pont en béton précontraint présenté à la Figure 2.13 sera adopté.

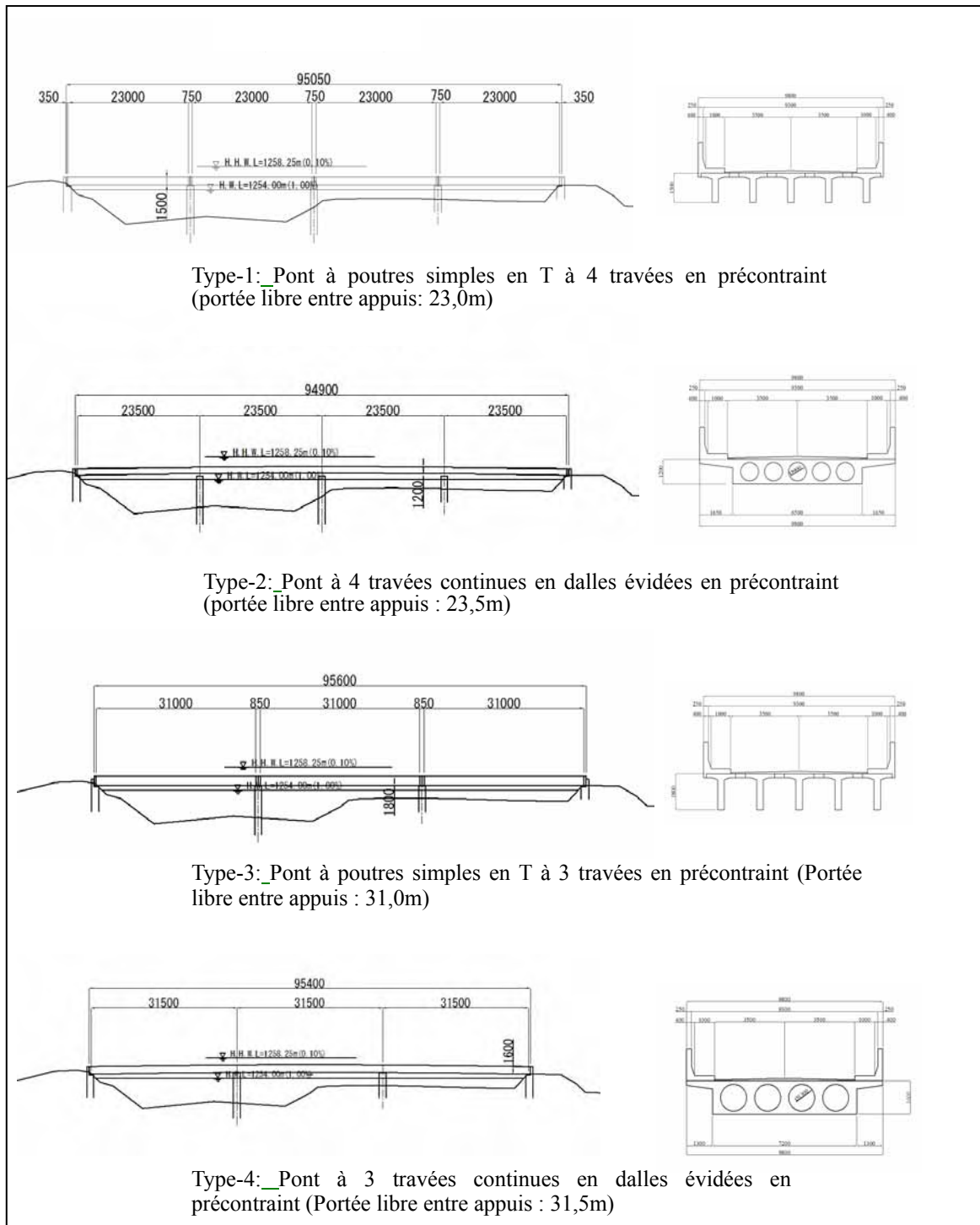


Figure 2.13 Pont en béton précontraint à construire par le Projet

b) Substructure

La substructure sera du type à piliers en T inverse ayant les piliers en forme ovale en considération des effets sur la rivière. Les normes techniques des cours d'eau du Japon exigent que les piliers à

mettre en place sur le lit mineur et le majeur doivent être enfoncées respectivement à une profondeur de 2 m et de 1 m au-dessous du niveau minimal du lit de rivière pour éviter les effets d'affouillements. Toutefois, la vitesse d'écoulement de la rivière d'Ikopa est de 0,7 m/s, donc lente, même en cas de crue millénaire. Par conséquent, on peut conclure que les effets d'affouillements sont faibles. Aussi, les piliers seront enfoncés à une profondeur supérieure à 1,0 m au-dessous du niveau du lit de rivière en considération d'affouillements. Il est à ajouter qu'au niveau des culées et piliers le problème d'affouillements sera minime d'autant plus que la vitesse d'écoulement est faible comme il en est mentionné ci-dessus, mais du fait qu'aux alentours des culées et piliers le sol sera excavé et ensuite remblayé, la résistance du sol sera réduite en comparaison de celle du terrain naturel. Pour les raisons ci-dessus indiquées, le perré de protection sera construit pour protéger la surface de l'étendue d'affouillement. Du fait qu'aux alentours de culées le sol est en pente et que les talus de digues ont les formes complexes, les perrés de protection de rives reposeront sur les fondations réalisées au moyen de palplanches en acier qui seront utilisées comme batardeaux.

c) Structure de fondation

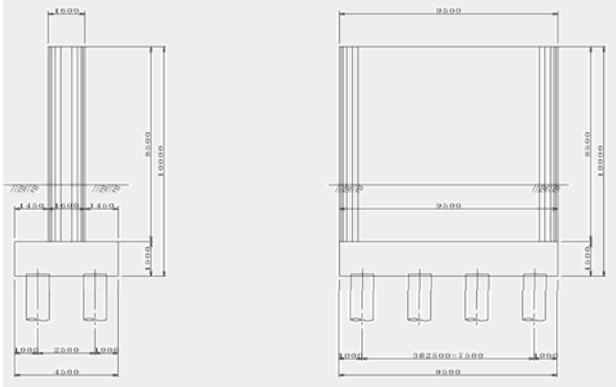
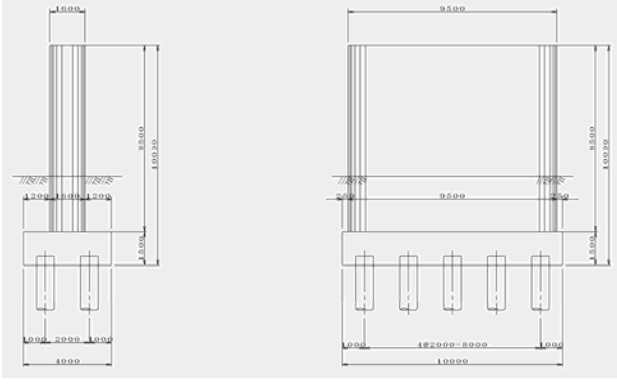
D'après le rapport de l'étude géotechnique, la couche portante de la fondation au côté rive gauche se trouve à une altitude de 1,230 m (profondeur d'environ 22 m au-dessous de la surface de sol), tandis que le résultat des forages montre qu'au milieu de la rivière et au côté rive droite la profondeur des couches portante est variable. A l'issue des études par forages effectuées au milieu de la rivière dans le cadre de l'étude du concept de base, il s'est avéré que le fond rocheux se trouve à une faible profondeur de 12,65 m au dessous de la surface de sol. Ceci pourrait s'expliquer par l'existence d'une des masses rocheuses constatées aux environs de l'emplacement de la construction du pont, et non par l'inclinaison de la couche portante. Par ailleurs, le résultat des études par forages effectuées sur la rive gauche montre qu'il existe une couche de sable ou de grave dont $22 \leq \text{valeur de } N \leq 32$ à une profondeur de 6,0 à 10,0 m au-dessous de la surface de sol. Comme type de fondations, il est fort probable que le type à pieux sera adopté, mais il convient de prêter une attention particulière pour la sélection du type de pieux. En effet, 3 types de pieu ci-dessous cités seront examinés. Toutefois, le type de pieu optimal sera sélectionné en tenant compte des différents aspects notamment la rationalité structurelle, la manoeuvrabilité, la possibilité d'approvisionnement à Madagascar, l'économie, etc.

- | | |
|--|--|
| i) Pieu moulé dans le sol (\varnothing 1,0 m) : | Ce type est déjà utilisé pour les 2 ponts du By-pass. |
| ii) Pieu tubulaire en acier (\varnothing 6,0 m à 0,8 m) : | Ce type est déjà utilisé pour les palées de ponts aux environs d'Antananarivo. |
| iii) Pieu carré en béton armé (\square 450 x 450) : | A Madagascar, ce type de pieu n'est pas encore utilisé, mais il est souvent utilisé dans les pays de l'Asie de sud. Ils pourront être fabriqués dans une aire de fabrication aménagée à proximité du chantier. |

Parmi les pieux susmentionnés qui pourraient être utilisés pour la construction du pont à réaliser dans le cadre du Projet, le pieu carré en béton armé du point iii) doit être exclu car il est fort possible que des problèmes se produisent au moment du moulage en raison de l'existence de la couche de

grave au milieu (valeur de $N > 30$) et éventuellement de masses rocheuses. En conclusion, le pieu moulé dans le sol (φ 1,000 mm) est adopté, d'autant plus qu'il est meilleur du point de vue de l'économie et de la facilité d'exécution par rapport au pieu tubulaire en acier.

Tableau 2.8 Comparaison des types de pieu

Description		Pieu moulé dans le sol (φ 1,000)	Pieu tubulaire en acier (φ 600)
Forme et dimensions			
Particularité du type de fondation		Le forage est exécuté par la méthode de perforation à circulation réversible, une cage d'armatures y est mise en place, et le béton est coulé sous l'eau pour construire le pieu en béton armé. Les engins de forage et les fers à béton seront approvisionnés dans un pays tiers, mais les autres matériaux sont disponibles à Madagascar.	Le pieu tubulaire en acier est battu au moyen d'une sonnette. Les pieux tubulaires en acier seront approvisionnés dans un pays tiers. Une sonnette d'une taille relativement grande sera nécessaire pour certains diamètres de pieux. De plus, les pieux tubulaires en acier doivent être soudés sur place. Ce type de pieu n'est pas toujours apte à s'adapter aux conditions de sol imprévisibles.
Référence à Madagascar		Ce type de pieu est déjà utilisé pour la construction des 3 ponts de la Route Nationale No. 2 et les fondations des ponts du By-pass (méthode de sonde à tarière).	A Madagascar, ce type de pieu est déjà utilisé comme fondation de pont en palée.
Compatibilité avec les conditions du sol de l'emplacement du pont		Le forage de la couche intermédiaire en grave peut s'exécuter sans problème, et au cas où des masses rocheuses seront rencontrées au milieu, il est possible de continuer le forage en changeant le trépan. La vitesse de forage diminuera au niveau de la couche de granit qui est la couche portante, mais ceci aussi pourra être résolu en choisissant un trépan approprié.	Les risques de difficulté d'exécution sont élevés en cas d'existence de masses rocheuses ou de dénivellements de la couche portante. En ce qui concerne l'enfoncement dans la roche de la couche portante, le battage peut être arrêté si l'atteinte de la couche portante est confirmée.
	Item	Unité	Pieux
Quantité	Béton de semelle sur pieu	M ³	64 125
	Nombre de pieux	Nbr	8
	Longueur totale de pieux	m	128,0
Ratio du coût de construction approx. (par pieu)		-	1,00
Délai d'exécution approx. (par pieu)		Nbre/J	1,0 (Si les masses rocheuses, etc. n'existent pas)
Evaluation			Bonne (Meilleures manoeuvrabilité et économie)
			Pieux
			60 000
			10
			165,0
			1,10
			5,0 (Si les masses rocheuses, etc. n'existent pas)
			Moyenne (Manoeuvrabilité et économie inférieures)

5) Sélection du type de pont faisant l'objet du concept de base

A la page suivante est présenté le tableau récapitulatif du résultat de l'examen comparatif des types de pont. En effet, sur la base du résultat de l'examen, le type du pont à 3 travées continues en dalles évidées est adopté pour les raisons ci-dessous mentionnées :

Il est le type le plus économique bien qu'il soit quasiment identique au pont à 4 travées continues en dalles en béton précontraint. Cependant, le risque de la maîtrise de délai est inférieur car les piliers à construire dans la rivière sont moins nombreux.

Les tabliers (dalles) peuvent être fabriquées par coulage sur place, d'où les aires pour fabriquer les éléments de la superstructure ne sont pas nécessaires.

La portion des travaux exécutés manuellement est élevée, ce qui permettra de promouvoir l'emploi de la main d'œuvre locale à des prix intéressants.

Du fait qu'il s'agit d'un pont à travées continues, il peut procurer une bonne praticabilité d'une part, et il permet de réduire le coût d'entretien car le nombre de joints est faible.

Il est plus esthétique par rapport au pont en poutres simples en T en précontrainte par tension après bétonnage.

Du point de vue du délai d'exécution, le type en poutres en T susmentionné est meilleur, mais le pont à construire par le présent Projet peut être construit en une seule année sans problème.

Tableau 2.9 Tableau comparatif des types de ponts

Schémas généraux des ponts		Points examinés	Remarques	Evaluation
Option 1 : Pont à poutres simples en T à 3 travées en précontraint par post-tension		Efficacité économique Le coût de construction est plus élevé de 19% que l'Option 3. (Troisième place en termes d'efficacité économique) Facilité d'exécution En utilisant un échafaudage mobile, il est possible de monter le pont sans influence du cours d'eau. Cependant, le coût est relativement élevé à cause des frais d'amortissement et le coût de transport de l'échafaudage mobile. Par ailleurs, il est nécessaire de prévoir une aire pour le montage des poutres. Maintenance La maintenance est bonne, mais, comme les appuis, les joints et les poutres sont plus nombreux que le cas de pont à travées continues en dalles évidées en béton précontraint, les points de maintenance sont plus nombreux et la nécessité de réparation peut être élevée. Esthétique Moins esthétique que le pont à travées continues en dalles évidées en béton précontraint.	Evaluation globale	Ce type de pont présente des caractéristiques et résultats suffisants, mais il est classé en troisième en termes d'efficacité économique parmi les 4 options.
Option 2 : Pont à poutres simples en T à 4 travées en précontraint par post-tension		Efficacité économique Le coût de construction est plus élevé de 21% que l'Option 3. (Quatrième place en termes d'efficacité économique) Autres En principe, les caractéristiques sont les mêmes que celles de l'Option 1. Cependant, le risque dans l'exécution est d'autant plus élevé qu'il y a des piliers dans le cours d'eau.	Evaluation globale	Ce type de pont présente des caractéristiques et résultats suffisants, mais peu économique (quatrième place en termes d'efficacité économique parmi les 4 options).
Option 3 : Pont à 3 travées continues en dalles évidées en béton précontraint		Efficacité économique Le coût de construction (coût direct) est le moins élevé. Facilité d'exécution Comme les tabliers peuvent être montés sur place, il n'est pas nécessaire de prévoir une aire pour la fabrication. Ce type de construction permet de promouvoir l'embauche des ouvriers locaux à bon marché. Bien que les travaux de montage puissent être influencés par le cours d'eau, il est bien possible d'exécuter ce type de pont en achevant les travaux d'échafaudage pendant la saison sèche. Maintenance Grâce aux nombres réduits d'appuis et de joints, la nécessité possible de maintenance et de réparations est réduite. Esthétique Grâce à l'absence des poutres, ce type est plus esthétique.	Evaluation globale	Ce type de pont est le plus économique et excellent en termes de maintenance et d'esthétique. La hauteur libre est réduite.
Option 4 : Pont à 4 travées continues en dalles évidées en béton précontraint		Efficacité économique Ce type de pont est presque aussi économique (1% de différence) que l'Option 3 et ne présente donc pas de différence significative par rapport à ladite Option. Autres Les évaluations concernant la facilité d'exécution, la maintenance, l'esthétique, etc. sont les mêmes que celles de l'Option 3. Cependant, comme il y a un pilier de plus dans le cours d'eau, le risque pour le délai d'exécution est plus élevé.	Evaluation globale	Le risque est plus élevé que l'Option 3 à cause du plus grand nombre de piliers dans le cours d'eau.