

REPUBLIQUE DU ZAÏRE

R A P P O R T

**DES ETUDES DE PRATICABILITE
SUR LE RENFORCEMENT DE LA
CAPACITE DE TRANSPORT ENTRE**

ANANA - MATADI

J U I N 1 9 7 2

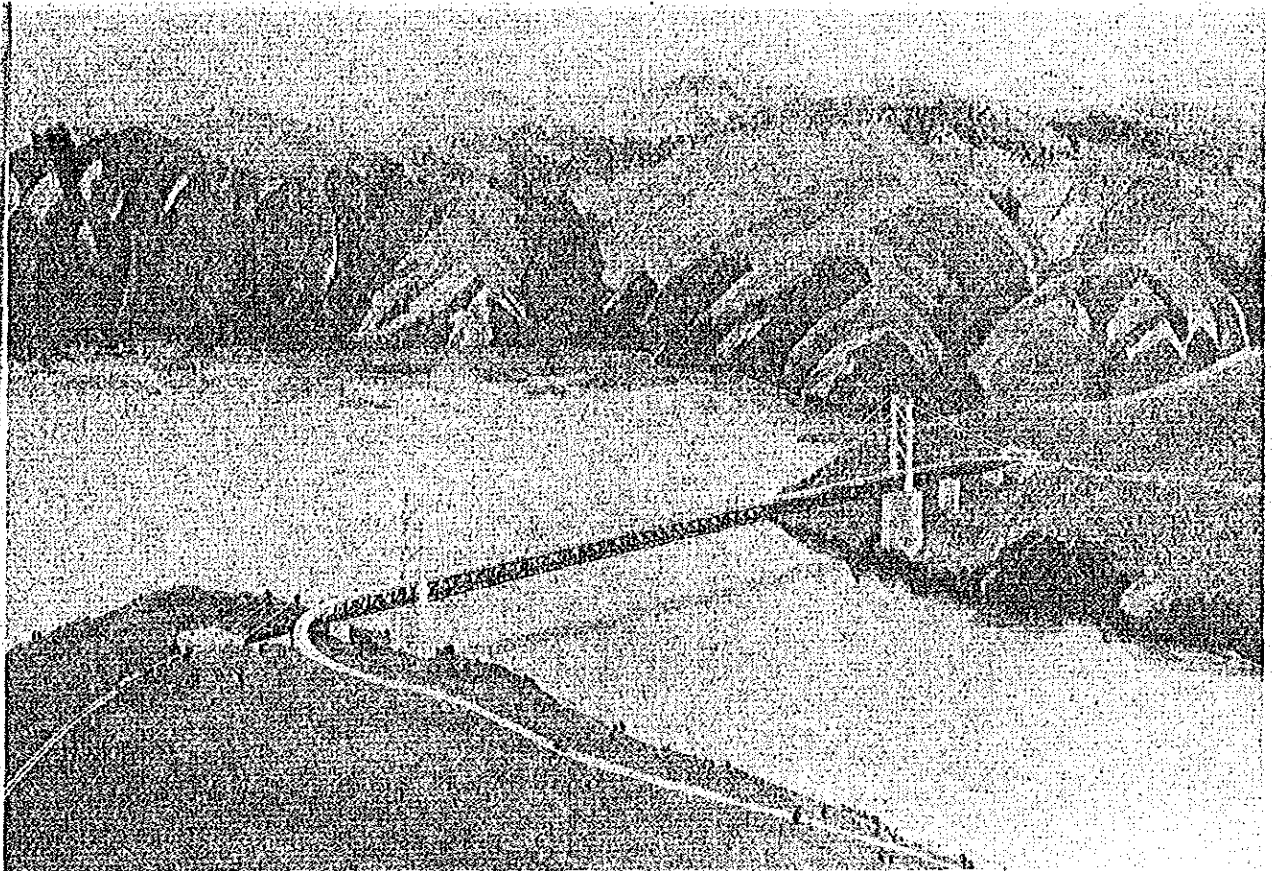
**AGENCE DE COOPERATION TECHNIQUE
D' OUTRE-MER
GOUVERNEMENT DU JAPON**

JICA LIBRARY



[8]1239101

国際協力事業団		
受入 月日	84. 3. 21	532
登録No. 01661		71
		KE



LE PONT SUSPENDU SUR LE ZAÏRE

Introduction

Le Gouvernement japonais, à la demande du Gouvernement zaïrois, a décidé de collaborer à l'étude sur le projet de renforcement des capacités de l'axe Banana - Matadi, qui est un élément du Programme de construction de la Voie Nationale zaïroise. La réalisation de cette étude a été confiée à l'agence de Coopération Technique d'Outre-mer.

L'agence de Coopération Technique d'Outre-mer a formé, compte tenu de l'importance du projet en question, une mission d'études en juin 1971. Cette mission de pré-études, ayant pour chef de mission Monsieur S. Harada, Conseiller au Ministère des Transports, et comprenant cinq autres membres, a été envoyée sur place pour discuter des options fondamentales de l'étude de praticabilité.

La présente mission composée de quatorze personnes, ayant à la tête le Docteur T. Imaoka, Directeur du Bureau des Etudes d'Urbanisme et de Transports est rendue à la fin de l'année dernière comme suite à la première mission, du 28 novembre 1971 à la fin de l'année.

La présente mission a effectué des études relatives au renforcement de la capacité de transport sur les cent-cinquante kilomètres séparant Matadi et Banana. Des études ont été effectuées sur la construction d'un chemin de fer entre Banana et Matadi, le mode de traversée du fleuve Zaïre et le projet d'aménagement du port de Banana.

Le présent rapport est une synthèse des résultats d'études et nous serions extrêmement heureux, s'il pouvait, quelque peu, être utile à la construction de la Voie Nationale zaïroise et contribuer au renforcement des liens d'amitié entre nos deux nations.

Nous devons remercier vivement le Gouvernement zaïrois qui nous a accordé toute l'aide et l'assistance nécessaires pour la réalisation de l'étude.

K. Tatsuke
Directeur Général

Agence de Coopération
Technique d'Outre-mer

Table des matières

		Page
	Résumé	1
1.	Préface	3
1.1	Base du présent projet	3
1.2	Historique de l'étude	4
1.3	Importance du présent projet	5
1.4	Buts et limites de l'étude	6
1.5	Contenu de l'étude	7
2.	Importance du renforcement de la capacité de transport de l'axe Banana-Matadi	11
2.1	Capacité actuelle de transport de l'axe Kinshasa-Matadi et ses problèmes	11
2.2	Moyens du renforcement de la capacité de transport	11
2.3	Importance du renforcement de la capacité de transport	13
3.	Projet du renforcement de la capacité de transport de l'axe Banana-Matadi	15
3.1	Prévisions relatives aux besoins en transport ..	15
3.1.1	Idées de base	15
3.1.2	Prévisions relatives à l'économie nationale	17
3.1.3	Prévisions relatives au volume du trafic des marchandises	20
3.1.4	Prévisions relatives au volume du trafic des voyageurs	22
3.2	Programme d'exploitation	26
3.2.1	Idées fondamentales du programme	26
3.2.2	Transport de marchandises	27
3.2.3	Transport de voyageurs	27
3.2.4	Circulation des trains	28
4.	Normes de construction du chemin de fer Banana-Matadi	34

4.1	Idées de base	34
4.2	Structure de l'assiette de la voie	35
4.2.1	Rayon de courbure	35
4.2.2	Pente	36
4.2.3	Gabarit	37
4.2.4	Trains de charges standardisés	37
4.2.5	Profil transversal	38
4.3	Structure des voies	38
4.4	Sécurité et signalisation	39
4.5	Mode de traction et matériel roulant	41
4.6	Gares	41
5.	Programme fondamental des travaux	45
5.1	Aspect géologique du terrain et étude géotechnique du sol	45
5.1.1	Aspect topographique du terrain	45
5.1.2	Climat	46
5.1.3	Aspect botanique	46
5.1.4	Aspect géologique du terrain	47
5.1.5	Etude géotechnique du sol	54
5.2	Choix du trajet des voies	59
5.2.1	Généralités	59
5.2.2	Problèmes techniques principaux	61
5.2.3	Région de Banana	62
5.2.4	Tronçon Banana-Boma	62
5.2.5	Région de Boma	64
5.2.6	Tronçon Boma-lieu de la traversée du Zaïre ..	64
5.2.7	Lieu de traversée du Zaïre	66
5.2.8	Tronçon le Zaïre et la gare de Matadi	71
5.2.9	Conclusion	72
5.3	Construction des ouvrages d'art	74
5.3.1	Généralités	74
5.3.2	Ponts ordinaires	74

5.3.3	Pont sur le Zaïre	75
5.3.4	Tunnels	84
5.3.5	Viaducs	85
5.3.6	Murs de soutènement	85
5.3.7	Terrassements	85
5.4	Equipement des gares	85
5.4.1	Idées fondamentales	85
5.4.2	La gare de Banana	86
5.4.3	La gare de Boma	89
5.4.4	La gare de Matadi	92
5.4.5	Gares de croisement	92
5.5	Voies	93
5.5.1	Structure de la voie sur plateforme	93
5.5.2	Structure de la voie sur les ponts	93
5.5.3	Appareils de voie	94
5.6	Installations électriques	94
5.7	Equipements d'entretien	94
5.7.1	Matériel roulant	94
5.7.2	Equipements pour l'entretien de voie	95
5.7.3	Equipement électriques et signalisation	96
6.	Programme d'exécution des travaux de chemin de fer Banana-Matadi	97
6.1	Volume des travaux	97
6.2	Exécution des travaux	98
6.2.1	Programme d'exécution des travaux	98
6.2.2	Moyen de gestion de l'exécution des travaux	99
6.2.3	Bâtiments provisoires	107
6.2.4	Projet d'exécution par catégorie de travaux	113
6.2.5	Quantité de main d'oeuvre nécessaire	122
6.3	Matériaux de construction	124
6.3.1	Approvisionnement	124
6.3.2	Dépôt	126

6.3.3	Nature et quantité des matériaux prévus	127
6.4	Coûts des travaux	128
6.4.1	Idées fondamentales de l'établissement du dévis	128
6.4.2	Coûts de main d'oeuvre et des matériaux	132
6.4.3	Coût total des travaux	136
7.	Gestion et exploitation de chemin de fer Banana-Matadi	137
7.1	Organisation de l'exploitation	137
7.2	Matériel roulant	137
7.3	Entretien de voies	137
8.	Projet d'aménagement et les travaux du port de Banana	138
8.1	Projet d'aménagement du nouveau port de Banana	138
8.1.1	Conditions naturelles de la région de Banana . . .	138
8.1.2	Evaluations du volume de manutention	142
8.1.3	Capacité actuelle et amélioration prévue du port de Matadi	147
8.1.4	Projet d'aménagement du port commercial de Banana	151
8.1.5	Projet d'aménagement du port industriel de Banana	158
8.1.6	Autres projets	163
8.2	Programme des travaux	164
8.3	Coût de construction du port commercial de Banana	164
9.	Appréciations économiques du présent projet . . .	165
9.1	Conditions préalables	165
9.2	Prévision du bilan financier	168
9.3	Options du présent projet	173

10.	Capacité et programme de renforcement futur de transport de laxe Banana Matadi	175
10.1	Capacité des lignes	175
10.2	Projet d'électrification	175
10.3	Adoption de la commande centralisé	176
10.4	Construction des gares de croisement des trains	176
10.5	Triage de Banana	176
10.6	Aménagement de la gare terminale de Boma ...	176
10.7	Croisement en hauteur avec les routes	177
11.	Conclusion et avis	178
11.1	Importance du présent projet	178
11.2	Projet de construction de chemin de fer	179
11.3	Moyens de traversée du fleuve	180
11.4	Projet d'aménagement portuaire	180
11.5	Problèmes connexes	181
11.6	Etudes futures	182

Appendice : Ouvrages de référence

Dessins complémentaires

Résumé

Le problème le plus important lorsqu'on songe au développement économique de la République du Zaïre, est celui de la modernisation des moyens de transports intérieurs et internationaux. La modernisation des moyens de transport permet d'améliorer la libre circulation des personnes et des biens, d'accélérer le commerce extérieur, provoquant ainsi, un essor économique. Ce phénomène peut se vérifier dans tout exemple de développement économique. On peut affirmer que la modernisation des moyens de transport est l'élément clef qui assurera à la République du Zaïre la transformation de l'économie d'un pays en voie de développement en économie d'un Etat moderne.

La construction de la Voie Nationale entre la province du Katanga et la région du Bas-Zaïre est certainement le moyen le plus efficace pour réaliser la modernisation nécessaire.

La Voie Nationale améliorera de façon étonnante la circulation intérieure, en même temps qu'elle sera potentiellement en mesure d'améliorer les circuits du commerce extérieur. Sur ce dernier point, il faut résoudre le problème posé par le port de Matadi dont la capacité de manutention est au bord de la saturation. La meilleure solution serait de construire un port à Banana et une ligne de chemin de fer entre Banana et Matadi. Il va sans dire que le projet de renforcement de la capacité de transport de l'axe Banana - Matadi rendra la construction de la Voie Nationale encore plus efficace.

Le plan de développement économique régional, ayant pour principal objet l'industrialisation du Bas-Zaïre et surtout de Banana ne devrait pas être négligé lors de l'établissement du programme d'investissements fixes relatifs à l'axe ferroviaire Banana - Matadi et au port de Banana.

Cette région est non seulement riche en ressources énergétiques, mais encore la proximité du port de commerce extérieur assure le transport des matières premières et des produits manufacturés. Lorsqu'on pense au développement économique zaïrois, les conditions topographiques et géographiques de cette région sont telles qu'on ne peut l'ignorer. Mais la construction du port de Banana et de l'axe ferroviaire Banana - Matadi est la condition indispensable pour permettre une implantation industrielle. Le port de Banana doit assurer le transport des échanges extérieurs et la ligne de chemin de fer celui du commerce intérieur et une meilleure circulation des personnes. C'est pourquoi, le projet de renforcement de la capacité de transport de l'axe Banana - Matadi est un des thèmes les plus importants du développement économique de la République du Zaïre et dont les plus grands résultats sont attendus. Il faudrait entreprendre les travaux le plus tôt possible. En considérant que la durée nécessaire des travaux est de cinq années et que le port de Matadi sera saturé en 1978 environ, on peut en conclure que le début des travaux devrait se situer en 1972.

Le projet comprend deux grands travaux : la construction de l'axe ferroviaire Banana - Matadi, y compris le pont sur le Zaïre et celle du port de Banana.

L'intérêt réel de ces deux travaux ne se révèle que s'ils forment un seul corps. Il serait, par conséquent, souhaitable que le programme d'exécution des deux travaux soit coordonné.

On évalue à 56 millions de Zaïres le montant des investissements nécessaires pour construire l'axe ferroviaire, 14 millions de Zaïres pour la première étape de construction du port de Banana afin que celui-ci ait en 1980 une capacité suffisante. Le total des investissements du présent projet est donc estimé à 70 millions de Zaïres.

Ce présent projet apportera une possibilité d'expansion illimitée de l'économie zaïroise, et on a déjà mentionné plus haut l'importance des résultats escomptés de ces investissements.

Même si l'on suppose que le coût du transport ferroviaire est plus élevé que celui du transport fluvial, si l'on tient compte des économies réalisées sur les frais de dragage et de la modernisation des équipements de manutention et de la diminution des marchandises en stockage opérée par la réduction du temps de transport, le présent projet est largement rentable si le taux d'intérêt est raisonnable.

1. Préface

1.1 Base de présent projet

La République du Zaïre possède une vaste superficie de 2,3 millions Km² et une ressource humaine riche avec une population de vingt-trois millions d'habitants et est située au coeur du continent africain. La réalisation du projet de construction du barrage d'Inga doit permettre son essor en tant qu'Etat industriel.

Après l'accession à l'indépendance en 1960, il y eut une période de troubles intérieurs; mais en 1965, l'unité nationale a été réalisée par le Président Mobutu Sese Seko. En 1971, le nom du pays change de la République démocratique du Congo à la République du Zaïre. Devant la volonté évidente de toute la population zaïroise déterminée à réussir le développement national, on ne peut que s'attendre à un rapide essor.

Si l'on examine la situation actuelle des moyens de transports, on constate que le transport fluvial sur le Zaïre et ses affluents en constitue l'élément principal et que les voies ferrées n'existent que sur des tronçons où les rapides empêchent la navigation fluviale. L'état du réseau routier est aussi loin d'être satisfaisant. Ainsi, le trafic est lent avec des pertes de temps, surtout pour les marchandises qui doivent être plusieurs fois transitées et les frais de transport sont élevés. Les richesses minérales qui constituent l'essentiel des exportations zaïroises sont produites dans la province du Katanga, donc dans l'arrière-pays, et sont expédiées vers l'étranger après avoir été plusieurs fois transitées non seulement par les lignes de chemin de fer nationales, mais encore par les lignes étrangères.

En plus, les voies ferrées existantes qui ont été construites pendant l'ère coloniale dans le but essentiel de transporter les biens, ont un mauvais trajet et sont nettement insuffisantes pour assurer le transport des voyageurs.

Le port de Matadi qui se trouve à une extrémité de la ligne de chemin de fer est le premier port zaïrois du commerce extérieur et est situé à l'intérieur de la région. Pour l'atteindre, il faut remonter le Zaïre sur 148 Km. L'emplacement géographique de ce port limite l'extension des installations de chargement et de déchargement et le point de saturation sera rapidement atteint. L'entretien des lignes de navigation, de l'embouchure du Zaïre à Matadi, demande un grand effort et la rapidité des cours d'eau cause des difficultés à ceux qui les empruntent.

Construire de nouvelles lignes de chemin de fer dans les sections où elles manquent, les relier entre elles et améliorer le réseau existant pour perfectionner le système de transport, assurer un mode de transport rapide et pour de grandes quantités de biens et contribuer ainsi à l'élévation du niveau de vie du peuple zaïrois; aménager en même temps un nouveau port du commerce extérieur sur l'Atlantique, ayant une capacité plus importante

que celle de Matadi, dans le but d'assurer le transport des produits nationaux par les moyens de transports nationaux, telle est l'idée de la Voie Nationale prônée par le Président Mobutu.

Ce projet semble tout à fait approprié pour promouvoir l'expansion de la République du Zaïre et se situe en tête des divers programmes d'investissements publics.

Le Japon a envoyé une mission d'études en 1967. Le chef de mission était M. F. Tachibana (les chemins de fer japonais), et le sujet de cette étude était la construction d'une nouvelle ligne de chemin de fer des tronçons manquants sur l'axe le Katanga - Kinshasa, qui est aussi une section de la Voie Nationale.

1.2 Historique de l'étude

Le Président de la République du Zaïre et Madame Mobutu Sese Seko sont venus au Japon en visite officielle du 6 au 15 avril 1971.

Le communiqué commun publié à l'issue de cette visite, fait état du renforcement des liens d'amitié entre nos deux Pays et la déclaration suivante au sujet de la coopération économique : " le Président zaïrois a exposé au Premier Ministre japonais les différents projets prévus par le Plan décennal de développement de la République du Congo (présentement République du Zaïre). Le Président Mobutu a surtout insisté sur l'importance de la construction d'une ligne de chemin de fer entre la province du Katanga et le port de Banana (la Voie Nationale). Le Premier Ministre Sato a répondu que son Gouvernement portait le plus vif intérêt à la réalisation de ces projets et qu'il était particulièrement prêt à collaborer de façon positive à celui relatif au renforcement de la capacité de transport de l'axe Banana - Matadi."

Le renforcement de la capacité de transport de l'axe Banana - Matadi correspond dans le projet de la Voie Nationale au renforcement du tronçon allant vers l'Atlantique. Il semble qu'il serait bon dans l'ordre des investissements, que l'on procède d'abord à celui de cette partie et qu'ensuite on s'occupe de celui de l'axe le Katanga - le Bas-Zaïre.

Le Gouvernement japonais a donc clairement manifesté son intention de participer à la construction de la Voie Nationale et a indiqué le cadre de sa coopération.

En réponse à cette déclaration commune, une mission d'études préliminaires du projet de l'axe Banana - Matadi composée de sept personnes, ayant pour chef de mission M. S. Harada (Conseiller, le Ministère des Transports) a été envoyée sur place du 9 au 25 juin 1971 (cette mission sera appelée la Première Mission).

La Première Mission devait faire des études préliminaires pour permettre que l'étude de praticabilité du projet de renforcement de la capacité de transport de l'axe Banana - Matadi puisse être effectivement entreprise. Parallèlement aux études préliminaires, la Première Mission a remis au Gouvernement zaïrois une proposition du plan opérationnel relatif à l'étude de praticabilité. Après examen dans nos deux Pays, ce plan a été agréé et un accord signé à la fin du mois de novembre 1971 à Kinshasa.

La mission d'études de praticabilité du projet de renforcement de la capacité de transport de l'axe Banana - Matadi, qu'on appellera par la suite la Seconde Mission, a été envoyée d'après ce plan opérationnel.

1.3 Importance du présent projet

Il faut tout d'abord mentionner que, par son emplacement géographique, le tronçon en question est une position clef de la Voie Nationale et qu'il est l'unique ouverture de la République du Zaïre sur l'océan. De ce fait, il détermine les facteurs quantitatifs des échanges extérieurs et sa place est particulièrement importante pour le développement économique zaïrois.

Actuellement, il existe de nombreux circuits de distribution des produits destinés à l'exportation et des importations nécessaires pour la consommation intérieure. Mais, parmi ces circuits, il n'y a qu'un seul qui emprunte le passage par un port national. Les autres circuits utilisent soit le trafic terrestre qui traverse des territoires étrangers, soit les ports étrangers. Le circuit national passe par le port de Matadi, considéré comme un port de commerce extérieur, situé à 148 Km environ en aval de l'embouchure du Zaïre. Plus loin, le transport est assuré par la navigation fluviale et pour certaines régions encore plus éloignées, on emprunte quelquefois le chemin de fer. Les avantages de ce circuit ne se limitent non seulement à sa stabilité et à son intérêt économique pour la population, mais encore concernent son importance comme route de liaison la plus brève entre l'arrière-pays et le littoral. La réalisation de la Voie Nationale augmenta encore l'importance de ce circuit intérieur. Mais, le port de Matadi qui sert d'ouverture de ce circuit, ne peut être, pour des raisons topographique étendu et on pense que bientôt on atteindra les limites de sa capacité de manutention. En plus, l'ensablement de l'embouchure du fleuve au port devient d'année en année plus important et requiert de grands frais d'entretien de lignes de navigation. Par ailleurs, le tirant d'eau est également insuffisant pour la taille actuelle des navires prévus pour la haute mer, et si l'on veut l'améliorer, non seulement les frais de travaux de dragage, mais encore ceux d'entretien seraient fort élevés. Du reste les problèmes posés ne se bornent pas uniquement à celui du tirant d'eau, ils concernent également ceux dus à étroitesse des voies de navigation, les courbes de voies et à la rapidité du cours d'eau. Ces éléments ne sont pas particulièrement favorables à la navigation.

Ce projet entend résoudre radicalement le manque quantitatif des moyens de transport et leur insuffisance qualitative: le chemin de fer actuel

Kinshasa - Matadi doit être prolongé d'environ 150 Km à l'ouest pour rejoindre la région de Banana et Moanda et un port pourvu d'installations modernes doit être nouvellement construit à Banana. Une organisation systématisée de transport de marchandises ainsi qu'une organisation publique de transport de voyageurs ne sauraient manquer au développement d'un Etat moderne. Ce fait peut se vérifier par le succès rencontré par la nouvelle ligne de Tokaido, qui relie Tokyo et Osaka, environ 500 Km, en trois heures. La ligne de chemin de fer qui sera nouvellement construite d'après le présent projet aura également pour mission d'être un organisme public moderne de transport de voyageurs de la sorte. Elle devra contribuer en reliant la région peuplée du Bas-Zaïre et la capitale Kinshasa, et par la suite avec d'autres centres économiques, par le transport des voyageurs et des marchandises, à la prospérité de la République du Zaïre.

Ce qui vient d'être dit concerne l'importance du projet pour l'ensemble du système de transport national. Mais on ne doit pas oublier non plus, qu'il participera largement au développement économique de la région de Banana et de Matadi. Cette région riche en ressources humaines est privilégiée du point de vue topographique, étant une région de plaine ou de coteaux, pour faciliter les implantations industrielles. C'est aussi une région où il existe une largeur d'esprit, ayant été depuis longtemps mise en contact avec les civilisations étrangères. La construction des installations hydroélectriques du site d'Inga, les ressources forestières et minérales de la région de Mayumbe, la réalisation de l'axe ferroviaire Banana - Matadi, l'aménagement du nouveau port de Banana feront de cette région un des noyaux du développement économique et ne manqueront pas d'y attirer l'attention générale.

Actuellement, la région du Bas-Zaïre est divisée en deux par le fleuve Zaïre et les deux rives ne sont reliées que par le bac de Matadi. Mais la capacité de transport du bac est insuffisante et aux heures d'affluence, l'attente est longue sur les rives et le temps nécessaire pour la traversée est important à cause du chargement et du déchargement des automobiles et de la vitesse réduite du bac. Cela freine la circulation des personnes et les échanges de biens entre les deux rives, et il est permis de penser que c'est également un obstacle pour le développement économique. Il serait souhaitable que le grand pont sur le Zaïre qui doit être construit, soit un pont mixte ferroviaire et routier, comme celui reliant au Japon, Hondo et l'île de Shikoku. De toute manière, même pour les raisons économiques, il est préférable de construire un pont mixte, plutôt que de construire séparément un pont routier. De cette façon, dès que le pont sera achevé, les deux rives du Zaïre seront reliées par la route et l'influence sur la croissance de la région du Bas-Zaïre sera notable.

1.4 Buts et limites de l'étude

Le but de notre mission est de procéder à une étude de praticabilité concernant le projet de renforcement de la capacité de transport de l'axe Banana - Matadi, en se fondant sur le plan opérationnel agréé par nos deux Pays, à la fin de mois de novembre 1971.

L'étude a porté sur les points suivants:

- 1) Examen de la nécessité sociale de ce projet
- 2) Choix des spécifications des installations
- 3) Examen des moyens d'exécution des travaux, tels qu'équipements accessoires, préparation des matériaux
- 4) Estimation des frais et de la durée des travaux
- 5) Analyse des dépenses nécessaires et des avantages acquis après achèvement des travaux et en déterminer la praticabilité du présent projet

D'après le plan opérationnel, ce projet de renforcement de la capacité de transport recouvre la construction d'une voie ferrée sur l'axe Banana - Matadi qui doit traverser le Zaïre près de Matadi et celle du nouveau port de Banana.

1.5 Contenu de l'étude

La mission s'est rendue en République du Zaïre du 1er au 30 décembre 1971 pour y effectuer une étude sur place. Dès le mois d'octobre, les options fondamentales de l'étude ont été prises par les membres de la mission après de nombreuses discussions et c'est la documentation fournie jusqu'alors qui a servi de base.

Trois mois environ ont été nécessaires après le retour, pour ordonner les résultats de l'étude et la rédaction du rapport de la mission a été terminée a la fin du mois de juin 1972.

La mission était composée de quatorze membres:

M. IMAOKA TSURUKICHI

{Président de la Mission)

Docteur en Technologie,

Directeur du Bureau des Études d'Urbanisme et Transport,

OSAKA

M. KATASE TAKAFUMI

(Vice-Président de la Mission)

Directeur adjoint,

Direction de la Construction, JNR, TOKYO

M. TAJIMA JIRO
Docteur en Technologie,
Directeur adjoint,
Bureau de la Liaison Honshu-shikoku, TOKYO

M. MURAKAMI ATSUSHI
Ingénieur en chef,
Direction des Installations Fixes, JNR, TOKYO

M. HIRANO TOSHIO
Ingénieur en chef,
Direction du Mouvement et Traction, JNR, TOKYO

M. MACHII KATSUMASA
Ingénieur en chef,
Direction des Installations Fixes, JNR, TOKYO

M. IJIMA TERUMI
Ingénieur en chef,
Direction de la Construction,
Ministère des Transports, TOKYO

M. YAMADA YUKIMASA
Administrateur,
Secrétariat au Ministre,
Ministère des Transports, TOKYO

M. SAKURAI MASANORI
Ingénieur,
Direction de la Construction,
Ministère des Transports, TOKYO

M. KATAYANAGI TADAO
Administrateur,
Secrétariat au Ministre,
Ministère des Transports, TOKYO

M. WATANABE TOMIO
Ingénieur principal,
Coopération Publique de la Construction des Chemins de fer
du Japon, TOKYO

M. AOYAMA MASAKI
Ingénieur principal,
Direction des Installations Fixes, JNR, TOKYO

M. SHIBUYA MINORU
Ingénieur principal,
Direction de la Construction, JNR, TOKYO

M. IWAMOTO KATSU
Coordinateur,
Agence de la Coopération Technique d'Outer-mer, TOKYO

Le contenu de l'étude menée sur place portait sur les sujets suivants :

- (1) Pour l'ensemble du projet
 - 1) nécessité sociale
 - 2) coordination avec d'autres projets de développement
 - 3) conséquences sur le développement socio-économique
- (2) Pour les terrains prévus pour la construction du chemin de fer
 - 1) étude sur le terrain, en avion, en automobile, en bateau et à pied
 - 2) étude géologique et topographique
 - 3) conditions d'installation des équipements accessoires et provisoires
 - 4) conditions d'approvisionnement, de transport et de magasinage des matériaux
- (3) Lieu de traversée du Zaïre
 - 1) étude sur le terrain, après avoir choisi trois lieux possibles de traversée
 - 2) plan d'embranchement de la route pour chacun des trois points de traversée
- (4) Collecte des données relatives aux voies existantes, nécessaires pour l'établissement d'une nouvelle voie ferrée et pour l'amélioration partielle indispensable des voies existantes pour la mise en service de la nouvelle ligne

- 1) situation actuelle des équipements pour voyageurs et marchandises et des gares de triage des wagons de marchandises
- 2) conditions actuelles des méthodes d'exploitation et des équipements de sécurité
- 3) structure et méthodes d'entretien des voies
- 4) structure et méthodes d'entretien du matériel roulant
- 5) choix du mode de traction de la nouvelle ligne
- 6) équipements d'électrification, surtout pour le KDL
- 7) capacité de fourniture du matériel nécessaire pour la construction des voies de la nouvelle ligne
- 8) situation réelle des ouvrages d'art

(5) Ports

- 1) rôle du port de Matadi en tant que port international (collecte de documentation et interviews)
- 2) situation actuelle du port de Matadi pour élaborer un plan d'amélioration et collecte de documentation pour évaluer la capacité de ce port
- 3) situation actuelle du port de Boma
- 4) étude sur le terrain pour analyser les possibilités de développement de la région de Banana. Collecte des cartes marines et géologiques. Mesure de profondeur avec un fil de plomb
- 5) dragage du fleuve Zaïre (surtout capacité des bateaux de travaux, coûts)

2. Importance du renforcement de la capacité de transport de l'axe Banana - Matadi

2.1 Capacité actuelle de transport de l'axe Kinshasa - Matadi et ses problèmes

(1) Aperçu général

L'axe de transport Banana - Kinshasa est à la fois une artère de la région de Kinshasa et du Bas-Zaïre et le coeur de la Voie Nationale et occupe de ce fait une position vitale dans l'économie zaïroise. Le transport entre Kinshasa et Matadi est assuré par les réseaux ferroviaire et routier, car les rapides du fleuve Zaïre empêchent la navigation fluviale. Le port de Matadi, à l'extrémité de l'axe, est l'unique port zaïrois qui soit un port de liaison avec l'étranger, mais qui souffre d'une double difficulté, celle de ne pouvoir accroître sa capacité de manutention et celle engendrée par sa situation géographique qui le rend peu pratique. Kinshasa, à l'autre extrémité de l'axe, dans l'arrière-pays, est à la fois une capitale et un centre économique, culturel et industriel important et joue le rôle du carrefour de transit de marchandises, étant un lieu de jonction de la navigation fluviale et du réseau ferroviaire Kinshasa - Matadi. En aval de Matadi, le transport est assuré par la navigation fluviale sur le Zaïre et par le réseau routier. Le revêtement des routes est réalisé jusqu'à Boma dont l'arrière-pays est la région de Mayumbe, mais ne l'est pas jusqu'à Banana et Moanda. La circulation automobile est particulièrement difficile pendant la saison humide. La navigation fluviale présente également des difficultés de main d'oeuvre et d'entretien des lignes de navigation.

2.2 Moyens du renforcement de la capacité de transport

Le plus grand obstacle de l'axe Kinshasa - le Bas-Zaïre est le port de Matadi. La seule solution serait de construire un nouveau port plus pratique ayant une importante capacité de manutention qui se substituerait à Matadi. Il n'y a pas de doute que ceci permettrait une plus grande ouverture vers l'étranger et pourrait servir de force motrice à l'expansion de l'économie zaïroise. Dans le cas où l'on construirait un nouveau port, Banana semble posséder de bonnes conditions naturelles et des possibilités d'extension.

Cette construction d'un nouveau port permettrait non seulement de surmonter les problèmes de capacité de manutention, mais encore la remontée du fleuve Zaïre devenant inutile, la sécurité du personnel navigant peut être garantie. De plus, la modernisation des installations portuaires fournira aux entrepositaires des avantages appréciables. Cela devrait également faciliter la circulation des marchandises en République du Zaïre et les résultats ne seront pas négligeables pour l'économie nationale. Lorsqu'on projettera la construction du port commercial à Banana, on devra veiller à

ce que les implantations industrielles de la région et l'aménagement du port industriel soient bien retenues comme conditions préalables. Pour le bon fonctionnement du nouveau port de commerce de Banana et la réalisation de l'axe de transport Kinshasa - le Bas-Zaïre, la construction du chemin de fer entre Banana et Matadi paraît indispensable. La construction de cette ligne ferroviaire et de ce port assurera le transport des matières premières et des produits finis à destination de la zone industrielle de Banana.

La ligne Banana - Matadi devrait, compte tenu de son importance tant pour l'économie nationale que pour l'économie régionale, être pourvue de la plus haute performance technique d'un réseau ferroviaire moderne. Cela signifie qu'il faut réduire au minimum le nombre des courbures, agrandir les rayons de courbures afin de permettre une exploitation à grande vitesse, et la déclivité devrait être douce avec une longueur efficace suffisante pour accroître la capacité de transport.

Pour pouvoir faire face à l'accroissement futur du volume du trafic, il faut prendre les mesures nécessaires pour que les travaux d'électrification, d'automatisations des signalisations, d'adoption de C. C. C. et d'augmentation des postes de signalisation puissent être exécutés plus tard sans encombre.

On construira à Banana un triage pour manoeuvrer les wagons qui reviennent de la région du port et cet emplacement devrait être déterminé en fonction du projet des implantations industrielles, le plus près possible de la ligne principale et, en un lieu où le terrain s'y prêterait du point de vue du relief.

L'emplacement de la gare de terminus des voyageurs devrait être choisi près de l'agglomération de Moanda en tenant compte de l'essor futur de la ville. Il serait nécessaire de penser à une politique d'urbanisation autour de Moanda, considéré comme le centre de la région de Banana, quand on prendra une option pour la gare des voyageurs.

L'élargissement de l'écartement des voies de la ligne de Mayumbe devrait être fait en coordination avec le plan de développement de la région. La ligne Banana - Matadi a été prévue en tenant compte de ce problème afin que la liaison de ces deux lignes puisse être assurée sans difficulté, après que l'écartement des voies ait été effectué.

Les particularités du port de Boma ne devraient pas être fondamentalement modifiées jusqu'à ce que l'amélioration du transport ait été réalisée, grâce à l'élargissement des voies de la ligne de Mayumbe. Même après la construction du nouveau port de commerce de Banana, à condition que l'espace sous le pont du Zaïre soit suffisamment élevé, et que les lignes de navigation soient maintenues, le port de Matadi peut garder sa capacité actuelle de manutention.

Le présente étude se fonde sur l'idée qu'il faille réduire au minimum les investissements relatifs au port et la prémisses est de n'affecter au port de Banana que ce qui excède, la capacité de manutention de Matadi. Tous les plans sont élaborés sur cette idée de base. Cependant, quand les installations modernes de Banana seront terminées, il y a de fortes possibilités, pour qu'une part importante des marchandises traitées à Matadi se transfèrent à Banana. Dans ce cas, il deviendra indispensable l'étendre le port commercial de Banana et d'accroître le montant des investissements. Le choix d'affectation réciproque de ces deux ports serait de l'ordre d'une décision politique. Quand le nouveau port commercial de Banana sera construit et si la ligne Banana - Matadi se prolonge, la rentabilité économique de cette ligne est très nette, si l'on la compare aux frais d'entretien des lignes de navigation et autres frais généraux. En même temps, les problèmes de l'accumulation des marchandises à Matadi et des dommages qui ne peuvent se chiffrer, dus au fait que les navires devaient remonter le fleuve Zaïre entre Banana et Matadi, se résoudreont.

2.3 Importance du renforcement de la capacité de transport

La réalisation du projet de renforcement de la capacité de transport entre Banana et Matadi contribuera pour une large part à la mutation structurelle de l'économie zaïroise. En effet, elle devrait permettre de renforcer les circuits de commerce extérieur qui sont la base même de l'économie zaïroise et devrait devenir la force motrice qui ferait progresser l'économie zaïroise qui est encore celle d'un pays en voie de développement à un stade plus avancé. Quand, dans l'avenir, les régions du Katanga et de Kinshasa seront reliées par une ligne de chemin de fer et que la construction de la Voie Nationale sera terminée, cette région sera une des plus importantes et la raison d'être de ce projet ne sera qu'encore plus évidente.

Si l'on considère uniquement la région de Kinshasa et du Bas-Zaïre, le renforcement de cet axe a une signification particulière pour le développement économique régional. Il est sans doute inutile de citer les mérites de cette artère qui traverse les régions les plus peuplées de la République du Zaïre en les regroupant en une vaste zone économique.

Il faut également signaler que deux régions jusqu'ici séparées par le fleuve Zaïre et reliées entre elles uniquement par le bac de Matadi, seront unifiées grâce à la construction d'un grand pont sur le Zaïre près de Matadi. Les avantages de cette édification ne se borneront pas à cette seule région.

Dans la zone industrielle de Banana, le but est d'implanter des industries de base possédant une productivité en valeur ajoutée élevée et dont l'approvisionnement en matières premières, telles que le pétrole ou l'alumine est tributaire de l'étranger. Une partie de la production sera destinée à l'exportation, tandis que l'autre partie sera distribuée dans les régions intérieures, à commencer par Kinshasa. Il faudra également fournir à la zone industrielle de Banana les matières premières produites sur le territoire national, telle que la bauxite. Parallèlement, si l'urbanisation de la région

est une condition préalable de l'industrialisation, il est primordial d'assurer un service de transport de voyageurs.

C'est en raison de tous ces faits que la ligne ferroviaire Banana - Matadi a un rôle important. Par ailleurs, on ne peut négliger les conséquences directes de l'exécution du présent projet: les méthodes de planification des travaux, leur exécution ainsi que leur gestion devraient perfectionner le potentiel du niveau technique et technologique zairois. De même que, l'importance de la main-d'oeuvre requise et l'achat des matériaux devront rendre plus dynamique l'activité des divers secteurs, leur répercussion au niveau national pourra fournir une occasion à l'expansion économique. Cette notion peut se vérifier dans le fait qu'au Japon, l'on dit que les investissements apparaissent dans le Produit National Brut pour un montant deux fois et demi supérieur au montant initial.

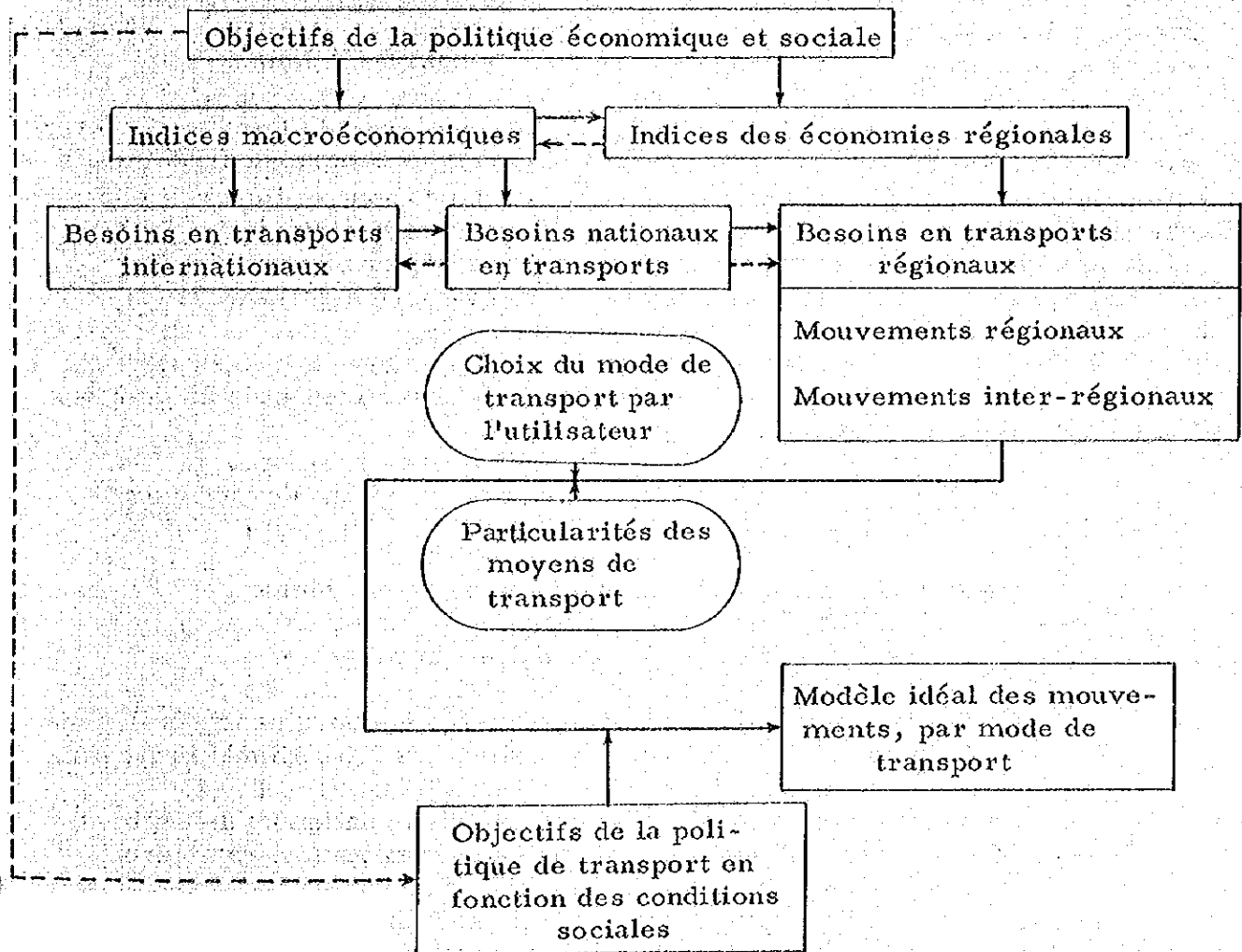
β. Projet du renforcement de la capacité de transport de l'axe Banana - Matadi

3.1 Prévisions relatives aux besoins en transport

3.1.1 Idées de base

Les besoins en transport naissent des activités économiques et sociales d'une nation. Les facteurs qui peuvent les modifier quantitativement et qualitativement sont l'extension des dimensions économiques, le développement régional, une modification du mode de vie, et la modernisation des techniques des moyens de transport.

Il est important pour l'évaluation des besoins en transport de prévoir ces facteurs de manière précise, mais il est difficile pour certains d'entre eux de les chiffrer. Il n'existe pas non plus de méthode de calcul autorisée, mais celle que l'on utilise généralement est la suivante :



On calcule d'abord les besoins en transport international, national et régional d'après les estimations qui auront été faites sur les indices socio-économiques, tels que la population, le revenu et la production, au niveau national, puis régional. Une fois que les besoins en transport sont évalués, on prévoit un modèle de mouvements régionaux, en tenant compte du niveau d'équipements nécessaires, etc. Ce premier modèle sera transformé en modèle de mouvements par mode de transport, ayant réajusté certaines données relatives au choix de l'utilisateur pour un mode de transport et aux qualités des services de chaque modes de transport.

Les besoins en transport devront être évalués après que l'on ait vérifié si les modèles de mouvements sont conformes aux objectifs de la politique de transport, qui se fonde sur les options de la politique sociale et économique de la nation et des régions, telles que la protection de l'environnement et le développement régional.

L'idée de base des prévisions des besoins en transports a été expliquée plus-haut, mais il convient aussi de s'interroger si l'équipement de transport donné est un élément de l'ensemble du système de transport national ou s'il ne répond qu'à la demande limitée à une certaine région.

Le chemin de fer Banana - Matadi est une partie de l'artère principale qu'est la Voie Nationale et il constitue une voie de communication internationale étant l'axe de transport principal des exportations et importations zaïroises. Il est aussi une grande voie de communication intérieure pour relier la zone industrielle du port de Banana et les régions fournissant les matières premières, et pour apporter aux régions consommatrices les matières premières et les produits industriels.

Il semble raisonnable d'évaluer les besoins en transport de marchandises, non au niveau régional mais au niveau national.

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation possibles des besoins en transport de voyageurs. Elles sont les suivantes :

- 1) prévision d'après une enquête sur le trafic réel
- 2) extrapolation d'après les tendances du passé
- 3) établissement d'une corrélation entre les besoins et les indices économiques, telles que population, produit national brut, etc.
- 4) analyse des activités économiques d'une nation ou de régions, qui représentent un modèle qu'on peut supposer atteindre dans l'avenir.

Pour la construction des nouvelles installations, les méthodes suivantes ont été employées.

(1) Pour les travaux qui ont plutôt pour principal objet d'améliorer ou de renforcer les équipements existants, le doublement des voies, l'agrandissement des dépôts du matériel roulant par exemple, on a distingué les besoins en transport par catégorie telle que, tourisme ou voyage d'affaire, abonnement, ou ordinaire, et etc. ... Leur corrélation avec les valeurs économiques (variables explicatives) a permis de faire des prévisions.

(2) Pour la construction des nouvelles gares ou de nouvelles lignes, les prévisions ont été effectuées d'après l'enquête sur le trafic réel qui permet de déterminer la zone d'une gare et de calculer le nombre de voyageurs et en utilisant aussi certaines données relatives au trafic d'un tronçon similaire.

(3) Des corrections sont apportées aux deux sortes de prévisions que l'on vient de citer, en tenant compte des modifications pouvant être apportées par des facteurs spéciaux. Les corrections sont faites, par exemple, par la méthode cumulative.

(4) Il y a peu d'exemple pour le transport de voyageurs, mais si l'enquête sur le trafic réel permet de distinguer clairement le volume de trafic par année, le volume futur sera évalué également par la méthode cumulative.

3.1.2 Prévisions relatives à l'économie nationale

D'après le raisonnement que l'on vient d'exposer, les estimations du trafic des voyageurs se serviront, comme référence, de la population et du produit national brut, alors que l'indice de référence de trafic de marchandises sera le produit intérieur brut.

La population et le produit intérieur brut ont été ainsi calculés :

(1) Population

D'après le gouvernement zairois, le nombre total de la population était de 21, 64 millions d'habitants en 1970.

Le taux de croissance démographique est de 2,3% par an de 1958 à 1970 et on estime que cette tendance se poursuivra encore. Si l'on calcule la population zairoise sur ces données, elle sera de 27, 15 millions d'habitants en 1980, 34, 05 millions en 1990 et, en l'an 2000, la population sera le double de celle de 1970 avec 42, 71 millions d'habitants.

(2) Produit intérieure brut

Le taux annuel de croissance du Produit intérieur brut depuis 1966 est en moyenne de 5, 3% aux prix réels, depuis que la situation

économique s'est stabilisée, et, en 1970, le P. I. B. a atteint la somme de 926 millions de zaïres.

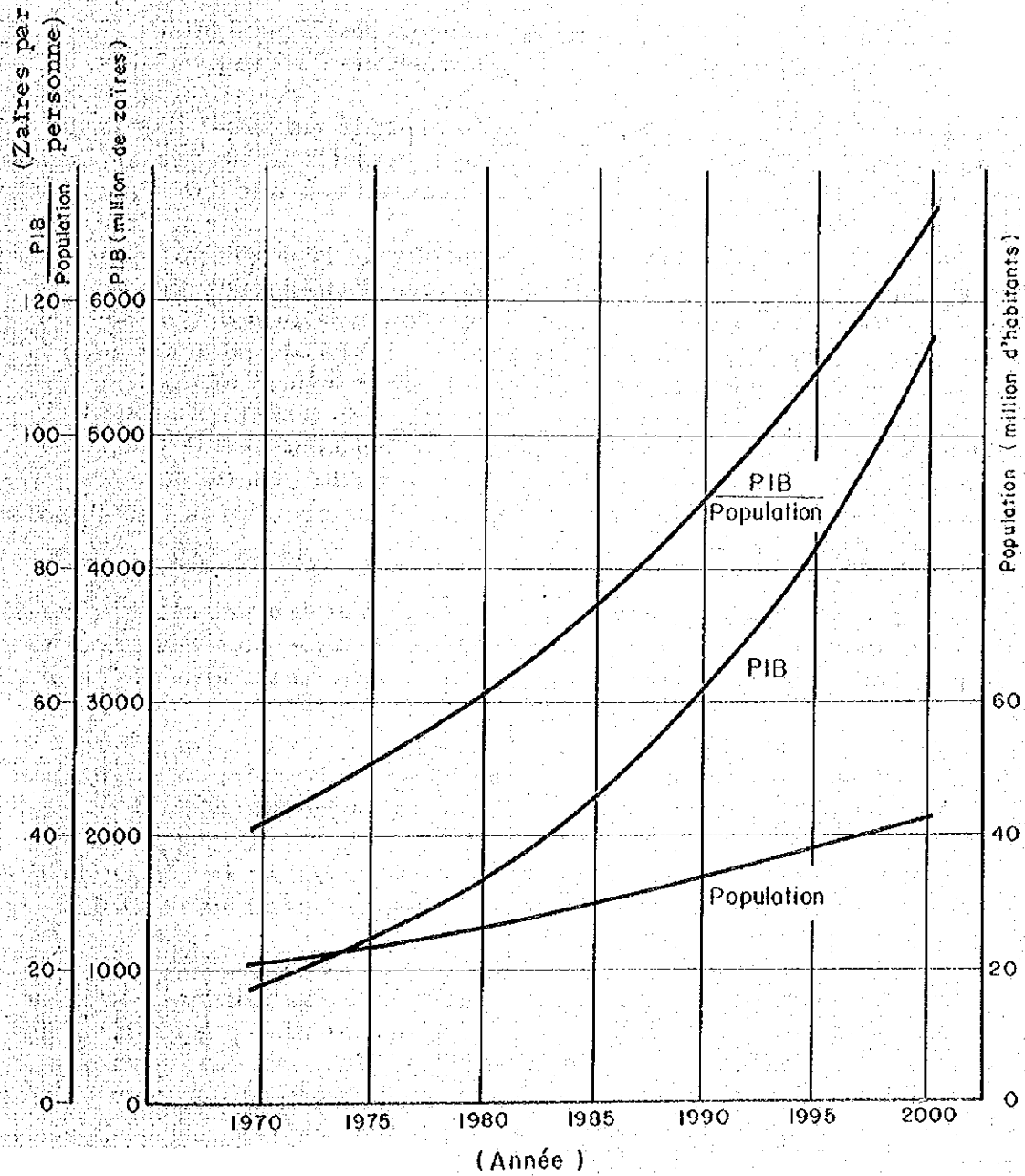
D'après les prévisions économiques du Groupe Consultatif sur les cinq ans à venir, le taux de croissance des industries est relativement élevé par rapport aux secteurs agricole et minier, et l'on pense que le taux de croissance du P. I. B. sera plus important que par le passé et sera approximativement de 6,3%.

Il ne serait pas exagéré de supposer que le taux de croissance économique sera maintenu, lorsque les bases économiques de la nation, dont le système de transport, seront mis au point, si l'on tient compte des possibilités d'expansion d'un pays en voie de développement. Si l'on estime l'évolution du P. I. B. en fonction de ce taux de croissance, il sera de 1,7 milliard de zaïres en 1980, de 3,1 milliards de zaïres en 1990 et de 5,7 milliards de zaïres en l'an 2000, soit six fois plus que le P. I. B. de 1970 (toutes les évaluations ont été effectuées sur la base des prix de 1970).

Cela signifie que le P. I. B. par habitant qui est de 42,8 zaïres en 1970, sera de 63 zaïres en 1980, 91 zaïres en 1990 et de 133 zaïres en l'an 2000.

Indice Année	Population (mille habitants)	P. I. B. aux prix de 1970 (million de zaïres)	P. I. B./habitant (zaïres/habitant)
1966	18.900	706,3	37,4
1967	19.640	695,7	35,4
1968	20.400	754,3	37,0
1969	20.960	827,3	39,5
1970	21.640	926,0	42,8
1975	24.240	1237,0	51,0
1980	27.150	1697,0	62,5
1985	30.400	2278,0	74,9
1990	34.050	3092,0	90,8
1995	38.140	4197,0	110,0
2000	42.710	5697,0	133,4

Figure 3.1.2.1 Previsions relatives à l'économie nationale



3.1.3 Prévisions relatives au volume du trafic des marchandises

La demande en transport de marchandises de la nouvelle ligne Banana - Matadi peut être considérée comme le transfert du volume de marchandises du port de Matadi.

Actuellement, 95 % du volume de marchandises manipulées au port de Matadi, représentent les biens à l'exportation et à l'importation.

Les principaux produits d'exportation sont le cuivre et l'huile de palme. Les produits alimentaires, les produits manufacturés, les machines et les matériaux de transport représentent l'essentiel des importations.

La production d'électricité à Inga encourage le développement industriel du Bas-Zaïre et déjà, au port de Banana, l'emplacement d'une raffinerie de pétrole est fixé et l'on prévoit également la création d'industrie d'aluminium, de pétrochimie et d'engrais azotés. On s'attend aussi dans la région de Kinshasa, à l'installation d'industries sidérurgique et textile. On y projette de même, l'établissement d'industries de transformation de l'étain, du bois, d'industries métallurgiques et de chaussures. Ainsi la création de ces industries modifierait la structure traditionnelle du commerce extérieur zaïrois qui consiste à exporter les matières premières et à importer les produits manufacturés.

Une production d'aluminium avec comme matière première la bauxite extraite dans la région de Mayumbe, pourrait par exemple être envisagée une part de la production étant destinée à l'exportation et le reste à la consommation intérieure.

Une transformation structurelle du commerce extérieur changerait aussi la composition des marchandises manipulées au port de Matadi.

On peut prévoir que le développement industriel de la région du Bas-Zaïre faciliterait la circulation intérieure des matières premières et des produits manufacturés.

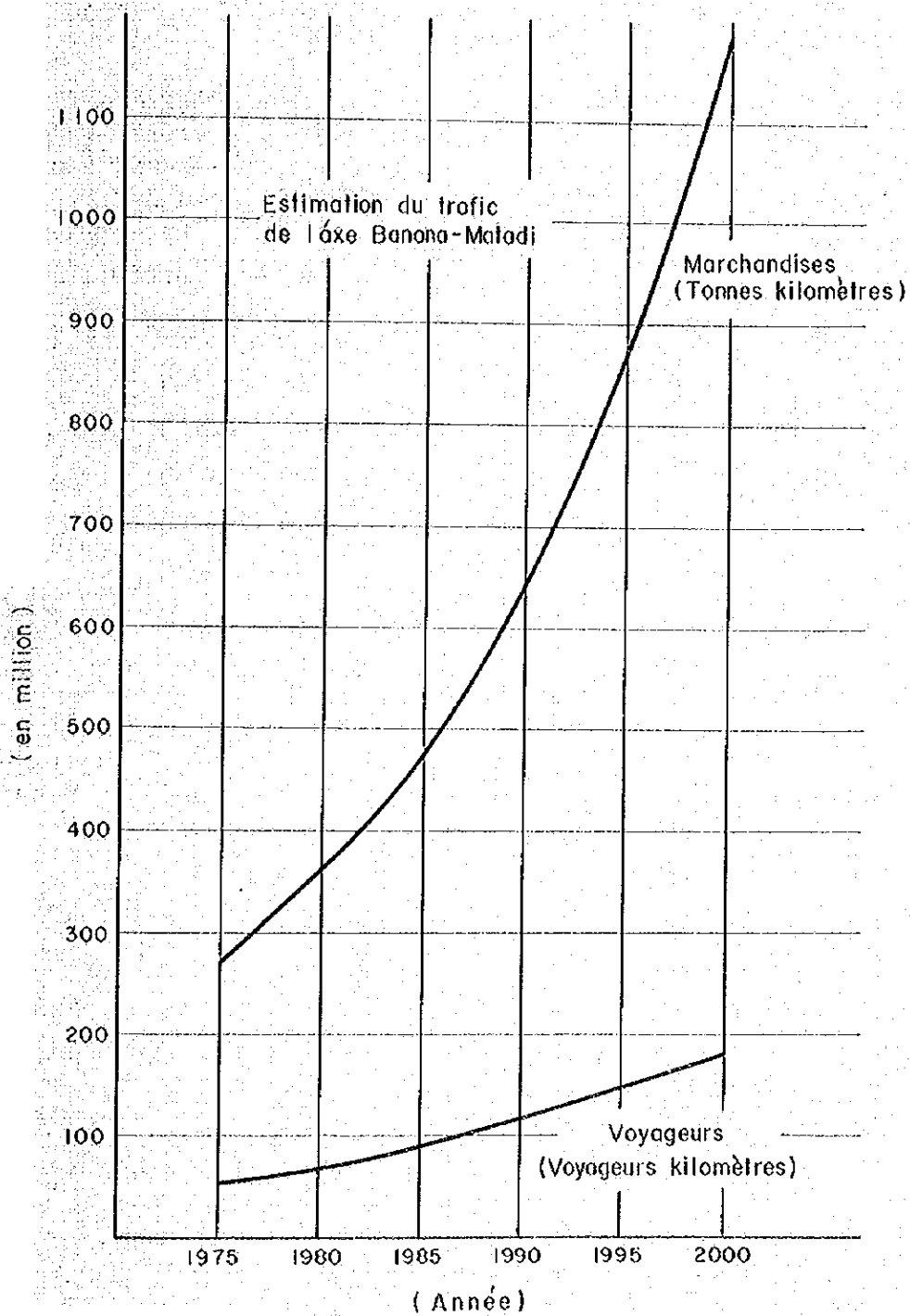
L'on prend comme abscisse le produit intérieur brut qui reflète le mieux, l'activité économique nationale, et l'on peut calculer par analyse, le volume de marchandises manipulées au port de Matadi. En suite on tente d'évaluer le volume futur des marchandises du port de Matadi en fonction du volume du produit intérieur brut évalué au paragraphe 3.1.2.

Cette dernière devrait refléter la politique industrielle et commerciale.

La méthode de calcul et les résultats sont les suivants :

Méthode de calcul: $Y = 15,505 X + 98,513$ ($r = 0,970$)

Figure 3.1.3.1



Y = Volume de marchandises manipulées au port de Matadi (1.000 T)

X = PIB (1.000.000 Z)

Période d'observation: 1961 - 1970

Résultats des prévisions: Comme l'indique le tableau ci-dessous, le volume de marchandises du port de Matadi croît en moyenne de 6% par an. On estime qu'il atteindra 250 millions de tonnes en 1980, 460 millions de tonnes en 1990 et 840 millions de tonnes en l'an 2000, c'est-à-dire, sept fois le volume de 1970.

unité: 10.000 T

Année	Volume de marchandises	
1970 (résultats)	119	(100)
1975	190	(160)
1980	250	(210)
1985	340	(286)
1990	460	(387)
1995	620	(521)
2000	840	(706)

Et si, tout le volume des marchandises du port de Matadi était transféré à Banana, l'évolution de la demande de transport de la ligne Banana - Matadi serait la suivante:

Année	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Volume du transport						
Tonnage (10.000 T)	190	250	340	460	620	840
Tonne-Kilomètres (1.000.000 T. Km)	268	357	480	648	871	1179

(Note): La tonne-kilomètre a été obtenue en multipliant le tonnage transporté et le kilométrage commercial.

3.1.4 Prévisions relatives au volume du trafic des voyageurs

La méthode de calcul employée est la suivante:

Pour évaluer le volume du trafic de l'axe Banana - Matadi on a d'abord estimé la demande latente de transport (nombre de voyageurs

transportés) en 1970 sur les 150 Km de l'axe Banana - Matadi d'après le nombre de voyageurs (voyageurs kilomètres/distance moyenne de voyage) du CFMK en 1970 et la population habitant le long de l'axe ferroviaire, en admettant que le nombre de voyageurs transportés est fonction de cette population.

On a ensuite calculé le voyageur-kilomètre en tenant compte du fait que la prolongation de la voie Banana - Matadi - Kinshasa aura tendance à augmenter le nombre de voyageurs transportés et la distance moyenne de voyage. C'est la différence entre ce voyageur-kilomètre et le voyageur-kilomètre qui tient compte de l'incidence du CFMK, qui a été retenue comme le voyageur-kilomètre en 1970 sur les 146 Km de l'axe Banana - Matadi. Et c'est ce dernier voyageur-kilomètre qui a servi de référence de base au calcul de l'évolution de la demande jusqu'à l'an 2000.

La méthode de calcul des évaluations jusqu'à l'an 2000, a utilisé comme taux de croissance l'estimation du volume du trafic calculée par le CFMK d'après le principe de corrélation qui utilise le Produit Intérieur Brut et la population totale comme variables explicatives.

Cela signifie que, le volume du trafic du CFMK (voyageur-kilomètre) se traduit par l'équation suivante :

$$X1 = 25,3 + 0,1 X2 + 2,1 X3$$

$$X1 = \text{Voyageur-kilomètre CFMK (1 million de voyageurs-kilomètres)}$$

$$X2 = \text{PIB}$$

$$X3 = \text{Population (1 million d'habitants)}$$

Le taux de croissance du PIB est de 6,3% par an, et celui de la population 2,3% par an. Il en résulte qu'en l'an 2000, la population serait le double de celle de 1970, et serait de 42,71 millions d'habitants, et que le PIB serait de 5,697 milliards de Zaïres c'est-à-dire six fois celui de 1970 et enfin le voyageur-kilomètre CFMK serait de 685 millions, quatre fois celui de 1970.

En 1970 pour l'axe Banana - Matadi le volume du trafic latent était de 47,3 million de voyageurs-kilomètres et 826 mille personnes, (distance moyenne de voyage 57,3 Km) et en l'an 2000, ces valeurs auront quadruplé en devenant respectivement 189,7 millions de voyageurs-kilomètres et 3.311 mille personnes.

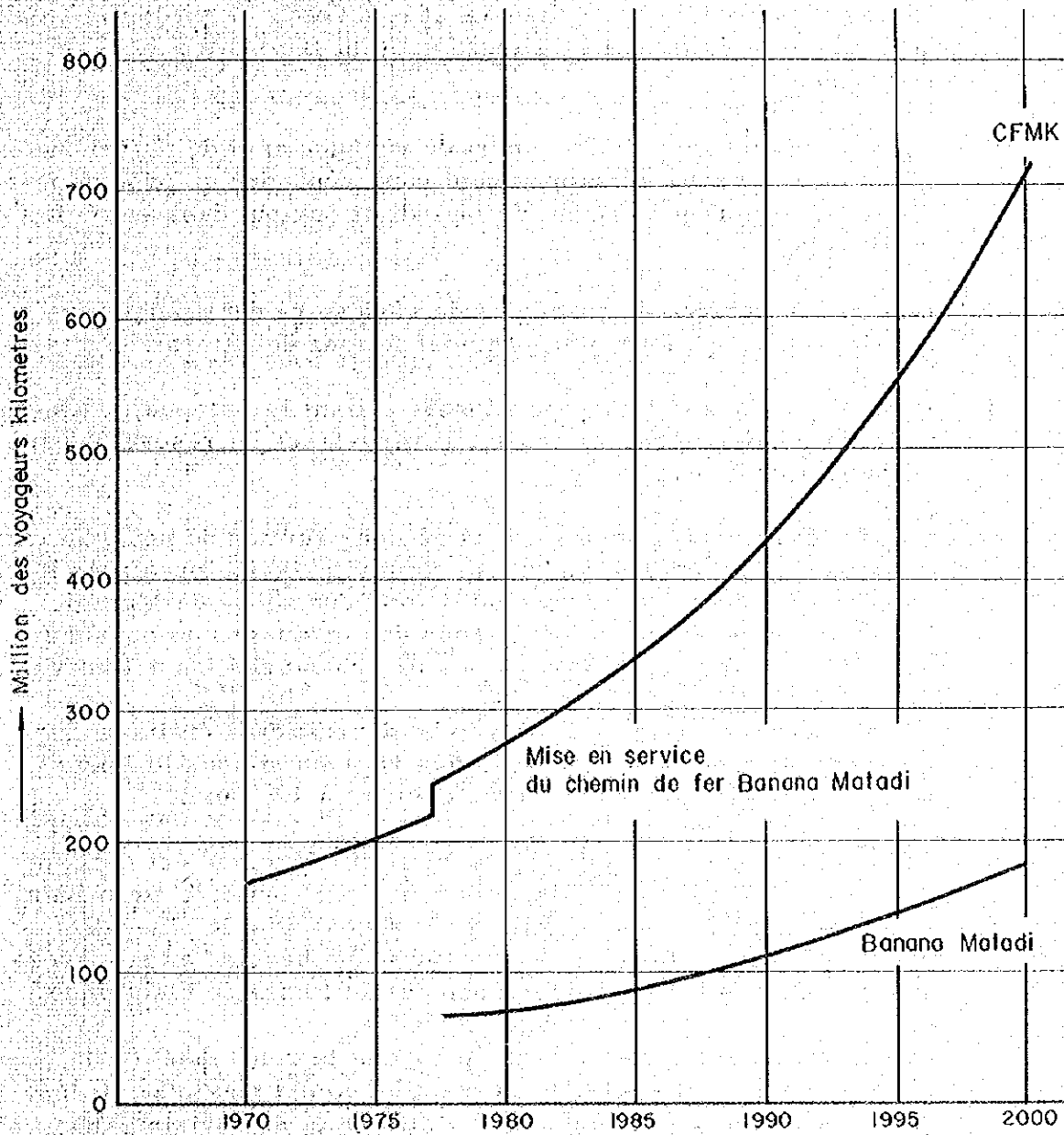
Tableau 3.1.4.1

Prévisions du volume du trafic de voyageur du CFMK
et de l'axe Banana - Matadi

L'année	P I B (million de zaires)	Population (million d'habitants)	CFMK			L'axe Banana Matadi	
			Voyageur- kilomètre (million de voyageur- kilomètres)	Taux de croissance (1970: indice 1)	Voyageur- kilomètre estimé (million de voyageur- kilomètres)	Nombre de voyageurs (1000)	
1970	926	21,64	170,7	1,00	47,3	862	
1975	1.237	24,24	199,9	1,17	55,4	967	
1980	1.679	27,15	250,2	1,47	69,3	1.209	
1985	2.278	30,15	316,9	1,86	87,8	1.532	
1990	3.092	30,40	406,0	2,38	112,5	1.963	
1995	4.197	38,14	525,1	3,08	145,5	2.539	
2000	5.697	42,71	684,7	4,01	189,7	3.311	

* Le volume du trafic de voyageurs accru par la mise en service du chemin de fer
Banana - Matadi exclu.

Figure 3.1.4.1 Estimation des voyageurs-
Kilomètres CFMK et Chemin de fer Matadi



3.2 Programme d'exploitation

3.2.1 Idées fondamentales du programme

On a retenu les données suivantes pour arrêter le projet d'exploitation du chemin de fer Banana - Matadi:

- 1) Relier le nouveau port de Banana et le CFMK, et garder la voie du commerce extérieur de Kinshasa et du Bas-Zaïre avec l'étranger.
- 2) Fournir les moyens de transport de voyageurs et de marchandises et promouvoir leur développement pour répondre au programme d'industrialisation à l'ouest de Matadi et surtout dans la région de Banana.
- 3) Fournir un service de transport de voyageurs pour permettre le développement du tourisme, surtout le long du littoral.
- 4) Penser que, quand la Voie Nationale reliant le Katanga et Kinshasa et le Bas-Zaïre sera construite, l'importance du réseau Banana - Matadi va croître.
- 5) La première période des travaux de construction du nouveau port de Banana est planifiée en posant comme principe préalable le transfert à Banana de l'excédent de marchandises de Matadi. Toutefois on peut penser qu'à cause des avantages du nouveau port, une partie importante de ces marchandises ira à Banana.
- 6) La liaison avec la ligne de Mayumbe devrait être réalisée en tenant compte du développement des régions situées le long de la ligne et de l'extension de l'écartement à 1067 mm.
- 7) Pour le moment, la méthode d'exploitation adoptée est celle de la traction D. L , mais les équipements devront être aménagés en pensant qu'une électrification est souhaitable le plus tôt possible, compte tenu de l'essor futur des besoins en transport et des conditions d'approvisionnement de l'énergie électrique.
- 8) Les trains devront être formés pour que le rendement de la locomotive et l'efficacité de la traction soient maxima. Il faut améliorer le niveau technique et l'efficacité de révision, augmenter le pourcentage du matériel roulant en service pour pouvoir réduire les investissements en matériel. Ceci permettrait d'améliorer la gestion de la ligne et de la rentabiliser. Les équipements de révision devront partiellement être perfectionnés et on utilisera les équipements déjà existants.

3.2.2 Transport de marchandises

Le transport de marchandises entre Banana et Matadi doit être examiné dans le cadre de l'axe Banana - Kinshasa ou plutôt comme un maillon de chaîne de la Voie Nationale,

La modalité de transport envisagée lors de la mise en service de la ligne est exposée plus bas mais il faut signaler auparavant qu'il faudra peut-être dans l'avenir, apporter quelques modifications, lors de l'agrandissement du port de Banana et du changement de l'écartement de la ligne de Mayumbe ainsi que de la mise en service de la voie ferrée entre le Katanga et Kinshasa.

- 1) Pour les marchandises à destination de Banana ou de Matadi, en provenance de l'intérieur du pays ou de Kinshasa, elles seront rassemblées à Kinformation et transportées directement à leur destination.
- 2) Les marchandises arrivées à Banana entrent dans le triage où elles sont ensuite réparties vers le port ou les usines.
- 3) On continue les mêmes services que ceux actuellement pratiqués pour les marchandises locales de l'axe Matadi - Kinshasa.
- 4) La plupart de marchandises regroupées à Banana sera directement expédiée à Kinshasa, via Matadi, sauf pour une petite partie destinée à l'intérieur de la région.
- 5) Une partie des marchandises à l'arrivée et au départ du port de Boma qui jusqu'ici empruntaient les transports fluvial ou routier prendront le transport ferroviaire.

Ainsi, la part de marchandises entre les différentes régions étant élevée, les manoeuvres de la formation de train à Kinformation ou à la gare de triage de Banana seront relativement simples. Il serait souhaitable de prévoir les systèmes modernes de transport: transport spécial par catégorie de marchandises et transport directe rail-route. Surtout pour le transport des containers qui doit augmenter considérablement le volume du trafic, il faut que les dispositifs soient mis en place pour pouvoir répondre aux besoins internationaux.

3.2.3 Transport des voyageurs

On distingue, en gros, deux modes de transport par les catégories de voyageurs.

(1) Transport interville à grande distance

Les résultats obtenus au Japon par la construction de la New Tokaido Line permettent de dégager l'influence d'une amélioration de services de

transport interville à grande distance sur le développement des régions situées près de la ligne.

On peut supposer que le trafic des voyageurs va croître de façon accélérée, une fois que les régions de Kinshasa et du Bas-Zaïre seront industrialisées.

La mise en service des trains à grande vitesse entre Kinshasa serait très utile du point de vue du développement économique régional.

Ce train super-express doit relier Kinshasa et Banana en six heures, et, dans ce cas, il serait indispensable d'assurer un tarif peu élevé et d'offrir un service cadencé.

De plus, on doit aussi prévoir un service de trains de nuit, au cas où le temps de parcours dépasse six heures. Ceci est un des sujets importants qui doivent être examinés pour améliorer la qualité du service. D'après les enquêtes des Chemins de fer japonais, quand le parcours dure plus de six heures, plus de 50% des voyageurs préfèrent les trains de nuit.

(2) Transport à courte distance

Le déplacement journalier des personnes va également croître avec le développement de la région du Bas-Zaïre. Dans ce cas, il est important de pouvoir assurer un service pour ceux qui se rendent au travail, matin et soir.

Actuellement, les trains omnibus sont les trains mixtes, voyageurs et marchandises, et il semble que, pour le moment, la modification brutale de cette structure poserait des problèmes du point de vue de l'exploitation des lignes.

Mais, dans le proche avenir, il deviendra nécessaire d'introduire un service cadencé à grande vitesse, dont les frais généraux seraient peu coûteux en adoptant les automotrices.

Il ne faut pas oublier qu'un transport régional de voyageurs bien organisé est, nécessairement, une condition indispensable pour le développement économique de la région.

3.2.4 Circulation des trains

Le projet de la circulation de trains ont été décidés de façon suivante, en fonction des modalités de transport de marchandises et de voyageurs que l'on vient d'exposer.

(1) Parc de locomotives et leur capacité de transport

Lors de la mise en service de la nouvelle ligne, on utilisera au maximum les locomotives déjà en service pour la traction des trains de marchandises.

Actuellement, les locomotives suivantes sont disponibles pour le service de grande ligne.

Modèle	Puissance	Nombre	Capacité de traction
Alsthom	2400 ch	6	900 t
Alco	1500 ch	26	550 t
Baldwin	1500 ch	9	550 t

Avec le parc de locomotives et l'horaire actuellement appliqué la capacité journalière de transport du CFMK serait actuellement la suivante.

Capacité de traction	Tonnage des marchandises	Nombre de trains	Types de locomotive	Nombre des locomotives
550 t	260 t	3	1500 ch	6
900 t	415 t	2	2400 ch	4
1100 t	520 t	4	1500 ch	16
Total	3690 t	9	-	26

On peut donc estimer que la capacité de transport annuelle du CFMK pour 300 jours de travail, serait de 2 millions de tonnes. Sur le parc de 41 locomotives, vingt-six sont destinées pour la grande ligne, deux pour le service local et treize en réserve pour l'entretien. Ces locomotives peuvent assurer la même capacité de traction sur le chemin de fer Banana - Matadi.

(2) Calcul du temps de parcours

La performance de locomotive pour les trains de marchandises est évaluée d'après celle de la locomotive de série D. F. 50 (1200 chevaux) des Chemins de Fer japonais et on estime que la vitesse maximale sera de 75 km/h, les limitations de vitesse dans les courbes et sur les pentes seraient les suivantes: La décélération lors de l'arrêt est de 0,5 km/h/s.

Limitations de vitesse dans les courbes :

rayon de courbe (m)	400	750
vitesse maximale (km/h)	70	75

Limitations de vitesse sur les pentes

Pente (‰)	Moins de 5	de 5 à 10	de 10 à 12,5
vitesse maximale (km/h)	75	70	65

Les trains de voyageurs sont tractionnés par une locomotive ayant une capacité de traction de 500 tonnes, et ils peuvent tractionner onze voitures de 45 tonnes. La vitesse maximale sera de 95 km/h et la limitation de vitesse est la suivante pour la décélération d'arrêt de 0,5 km/h/s.

Limitations de vitesse dans les courbes :

rayon de courbe (m)	400	450	500	600	700	800
vitesse maximale (km/h)	70	75	80	85	90	95

Limitation sur les pentes

Pente (‰)	Moins de 5	de 5 à 10	de 10 à 12,5
vitesse maximale (km/h)	95	90	85

La performance des trains rapides d'automotrices diesel est calculée en se référant aux trains composés d'automotrices diesel de 430 ch avec 50 tonnes utilisés par les Chemins de Fer japonais. La vitesse maximale est de 130 km/h et les limitations de vitesse sont les suivantes :

Limitations de vitesse dans les courbes :

rayon de courbe (m)	400	500	600	700	800	900	1000
vitesse maximale (km/h)	70	80	85	90	95	100	110

Limitations de vitesse sur les pentes

Pente (‰)	Moins de 5	de 5 à 10	de 10 à 12,5
vitesse maximale (km/h)	120	115	110

(3) Le train rapide actuellement en service entre Kinshasa et Matadi sera prolongé jusqu' à Banana comme le train rapide interville quotidien pour améliorer le service de voyageurs et faire face à l'accroissement de trafic de voyageurs. En cas de construction des nouveaux matériels roulants, il faut choisir les modèles qui permettent de réaliser le meilleur roulement. Au début, le transport à courte distance sera assuré par les trains mixtes composés d'une ou deux voitures et des wagons de marchandises. Il y aura aussi deux aller et retours de trains omnibus de voyageurs comme service l'intermédiaire entre les trains rapides et les trains à courte distance. Un service cadencé sera nécessaire dans l'avenir et il sera assuré par les trains automotrices. Ces trains doivent relier Banana et Matadi en deux heures.

(4) Horaire des trains

L'horaire des trains est établi à partir des idées que l'on vient de citer, mais les points suivants doivent également être retenus :

- 1) Les trains rapides doivent partir à midi dans les deux sens, de Kinshasa et de Banana, et arriver dans la journée à la destination.
- 2) Un train de voyageurs partira le matin pour arriver dans la journée à la destination, et un autre circulera pendant la nuit. Mais, au début de l'exploitation, il y aura peu d'usagers de ce train de nuit, et il sera le train non-régulier qui ne circule que dans les saisons d'affluence.
- 3) Les trains de marchandises seront standardisés dans la mesure du possible, mais un ou deux trains resteront de vingt à trente minutes à la gare de Boma pour des manoeuvres de formation de trains.
- 4) Il y a cinq trains mixtes aux heures convenables pendant la journée.
- 5) En ce qui concerne les trains omnibus de marchandises, il suffit que les wagons en provenance des gares intermédiaires, autres que Boma, soient transportés avec les trains directs Banana - Matadi, mais, dans l'avenir, quand l'industrialisation sera commencée, un service de trains omnibus de marchandises entre Banana et Boma sera indispensable et deux trains par jour sont prévus comme trains non-réguliers.

(5) Projet d'avenir

On peut résoudre l'accroissement de trafic en augmentant le nombre de trains ou l'unité de train.

Pour augmenter le nombre de trains, il faut réduire la distance entre les gares ou introduire le bloc automatique. Pour le chemin de fer Banana - Matadi où les équipements des gares sont construits pour les trains de 2.000 tonnes, on essaiera de faire face à l'accroissement du trafic en augmentant la charge des trains plutôt que le nombre de trains.

Le parc des locomotives et des wagons seront renforcés au fur à mesure que le trafic s'accroît pour utiliser pleinement la capacité de traction de 2.000 tonnes.

Dix trains de 2.000 tonnes pourront transporter un trafic annuel de 5 millions de tonnes.

Le débit de la ligne est conditionné par la section la plus longue de 70,7 Km, qui franchit le Zaïre, et on peut y faire circuler au maximum 15 allers et retours.

marchandises	10
voyageurs	3
trains non-réguliers	2

Une fois que l'électrification sera faite, on peut escompter, d'après l'expérience japonaise, un accroissement de vitesse de 20% et si l'on utilise les locomotives du type E. D 75 (1700 kw = 2300 ch), le nombre maximal de trains peut être de trente cinq.

On adoptera à ce moment le bloc automatique, ce qui permet d'ajouter deux trains supplémentaires et le nombre total de trains sera donc de trente-sept. Le ralentissement de vitesse à la réception du bulletin de passage des trains n'est plus nécessaire et une augmentation de vitesse, par conséquent celle du débit de ligne, sera possible.

Cette augmentation de vitesse doit permettre de gagner une minute en moyenne à chaque gare pour les trains rapides composés de rame automotrice et une réduction du temps de parcours de six minutes environ sera possible entre Matadi et Moanda.

Si les sections entre les gares sont divisées en plusieurs blocs, on peut accroître encore d'environ 10 à 20% le nombre de trains et on peut faire circuler au maximum quarante-quatre trains.

L'augmentation de vitesse et de la charge de tractions sont directement réalisée par l'électrification. Surtout, pour cette ligne où la capacité de traction est de 2,000 tonnes, les effets d'une augmentation de vitesse seront considérables.

L'augmentation de vitesse permet non seulement de réduire le temps de parcours et d'améliorer la qualité de services mais encore elle permet d'améliorer le roulement du matériel roulant et de réduire les coûts d'entretien.

4. Normes de construction du chemin de fer Banana - Matadi

4.1 Idées de base

L'axe Banana - Matadi est un élément essentiel pour créer la ligne principale de chemins de fer qui est, et qui sera la plus importante de la République du Zaïre. C'est pourquoi la plus grande attention est requise, quant au choix des normes de construction pour qu'il n'y ait aucun regret dans l'avenir. Les particularités d'un chemin de fer moderne sont l'exploitation à grande vitesse et un grand volume de trafic et tous les projets d'installations doivent être conçus afin de mettre en valeur ces deux points.

Les infrastructures fixes qui déterminent le caractère d'une ligne, surtout, les courbures, les pentes, le gabarit, les charges vivantes, sont extrêmement difficiles à modifier une fois construits. C'est pourquoi il faut penser dès le début de la construction à la structure future du transport et à la mutation des structures sociales, avant de prendre toute décision.

Mais les frais de construction d'une ligne possédant des installations fixes de haute performance technique sont élevés. Dans la mesure où le trafic ferroviaire est un élément d'activité sociale, on recherche naturellement à obtenir un coût de transport bon marché. Le devoir de l'ingénieur du génie civil est de concilier ces deux notions contradictoires.

Les normes de construction de l'axe Banana - Matadi déterminées en fonction de ces éléments, sont les suivantes :

- 1) Le trajet doit être choisi pour permettre un maximum d'exploitation à grande vitesse. Mais si cette vitesse est supérieure à la norme ordinaire, les frais de construction sont extrêmement élevés dans les régions montagneuses. La vitesse a donc été choisie en veillant à ce que son incidence sur les frais de construction soit sans conséquence.
- 2) On a décidé une capacité de traction de 2000 tonnes en tenant compte des transformations possibles de la structure du trafic.
- 3) Tous les équipements sont réalisés en prévision de l'électrification.
- 4) Les normes techniques de la ligne Matadi - Kinshasa sont retenues comme référence pour assurer une liaison mutuelle des deux lignes. On doit penser qu'il y aura une amélioration de la ligne Matadi-Kinshasa.

On tient compte également des normes techniques KDL en prévision de la réalisation de la Voie Nationale.

- 5) Des gares de passage sont prévues tous les 20 kilomètres. La capacité des lignes a prévu également une marge suffisante pour pouvoir faire face à l'accroissement du volume du trafic, mais de toute façon, le renforcement de la capacité de lignes est possible grâce à l'électrification, l'augmentation de postes de signalisation et l'adoption de C. C. C.

En ce qui concerne les normes techniques du CFMK, ce sont surtout les rayons de courbure, la pente et la longueur efficace qu'on souhaite améliorer en pensant à l'avenir.

4.2 Structure de l'assiette de la voie

4.2.1 Rayon de courbure

Pour l'exploitation des trains, un rayon de courbure, le plus grand possible est souhaitable, mais du point de vue de la construction du chemin de fer, surtout dans les régions montagneuses un petit rayon de courbure est plus facile pour le choix du tracé et demande moins de travaux de terrassement et permet ainsi de réduire le coût de construction. Dans l'actuel CFMK, il y a de nombreuses courbes dont le rayon est d'environ 200 mètres et qui limitent la vitesse de marche des trains.

Le tableau ci-dessous indique les limitations de vitesse constatées au Japon d'après les dimensions des rayons de courbure. Mais l'adoption des voitures à caisse inclinable doit rendre possible une augmentation de vitesse de 20 Km/heure.

Rayon de courbure (m)	Vitesse des trains (Km/heure)
200	50
300	65
400	75
500	85
600	90
700	95
800	100

Le rayon de courbure minimum a été choisi à 400 mètres, compte tenu du fait que le tronçon Boma - Matadi recouvre sur 60 kilomètres une région montagneuse et qu'une voie de dérivation est nécessaire pour rejoindre

de la gare de Matadi, car le pont du Zaïre, a une hauteur des piliers élevé pour permettre le passage des grands navires, et enfin pour que sur les courbes, les trains de marchandises puissent rouler sans ralentir.

Entre l'axe Banana - Boma où le relief est relativement plat, le rayon de courbure sera choisi le plus grand possible, mais de façon à ne pas limiter la vitesse, en prévision d'une augmentation future de la vitesse des trains.

Par conséquent, le temps de parcours d'un super-express à moteur diesel entre Moanda - Matadi sera dans l'avenir, de moins de deux heures.

4.2.2 Pente

1) Pente des voies

Une pente douce est souhaitable aussi bien pour les voies que pour la capacité de traction, mais lors de la construction, si l'on choisit une pente rapide surtout dans les régions de montagne, le choix du tracé est facile et les coûts des travaux se réduisent. Mais, il est extrêmement difficile de modifier les pentes une fois que les travaux de construction sont terminés. La pente maximale du CFMK est de 17‰ et l'on ne peut pas accroître l'unité des rames.

Ainsi, si l'on choisit pour le tronçon Boma - Matadi une pente rapide, on réduirait la quantité des travaux de terrassement et la longueur des tunnels, mais si le trajet est décidé en réduisant progressivement la pente, les frais des travaux ne varient que peu jusqu'à une certaine pente donnée, mais au delà, ils augmentent brutalement.

Au paragraphe 3.2.2 relatif au programme d'exploitation, on a prévu que la charge de traction d'un train serait de 2.000 tonnes, si l'on considère la capacité de traction d'une locomotive, l'équation de traction peut s'énoncer de manière générale de la façon suivante:

$$T = 1000 \mu We$$

$$W = \frac{T - We (\gamma_e + \gamma_g)}{\gamma + \gamma_g}$$

W = Charge de traction (t)

T = Force de traction (Kg)

We = Poids de la locomotive (t), 18 t, 6 essieux

δ_e = Résistance de marche de la locomotive

δ_g = Résistance de pente

δ = Résistance de marche des wagons voyageurs et marchandises

μ = Indice d'adhérence . Dans le cas d'électrification 0,326

Si l'on calcule la charge remorquée par pente, dans le cas d'électrification, l'on obtient 1900 tonnes pour 12,5‰ . Si l'on convertit la charge actuelle de 900 tonnes pour une pente de 17‰ du CFMK , pour une pente de 12,5‰ , elle est de 1150 tonnes.

La pente souhaitable est de 12,5‰ pour une charge de traction de 2000 tonnes, tirée par une locomotive électrique ultérieurement et pour l'instant par deux locomotives Diesel.

Si l'on trace le trajet de cette manière, même le tronçon Boma Matadi n'offre pas trop de difficultés et si l'on choisit une pente inférieure à 12,5‰ , on ne fera qu'inutilement augmenter le coût des travaux.

2) La pente dans les stations

Il est souhaitable qu'il y ait des niveaux dans les gares, afin d'éviter le déplacement des trains à l'arrêt. Une différence de 3‰ au maximum paraît souhaitable en fonction des aspects du terrain et autres problèmes. C'est la norme utilisée dans les chemins de fer japonais.

4.2.3 Gabarit

Le gabarit décidé détermine la structure et les dimensions des structures des voies, surtout les tunnels et ponts et il est extrêmement difficile de les transformer par la suite. Le gabarit a été choisi en tenant compte de l'électrification et du développement de transport maritime par container, et il est indiqué au dessin No 24.

4.2.4 Trains de charges standardisés

L'axe de chemin de fer qui va être construit, étant un prolongement de la ligne CFMK , la charge des trains qui a été adoptée, est celle de la nouvelle norme du CFMK ; trois locomotives de 108 tonnes chacune avec 6 essieux et mesurant 11,85 mètres chacune tirant des wagons ayant quatre essieux, pesant 72 tonnes et mesurant 11,75 mètres.

Cette charge tirée est vraiment plus grande que la charge actuelle et celle des autres pays étrangers, et elle n'a pas beaucoup d'influence sur les ponts de petite portée, mais son action est importante sur les ponts de grande portée, comme le pont du Zaïro. La plus grande attention doit être accordée lorsqu'on dressera les plans détaillés.

4.2.5 Profil transversal

La forme de la plate-forme est indiquée au dessin No 23.

Une étude détaillée des ouvrages d'art existant sur l'actuelle ligne du CFMK a été entreprise, ainsi que des normes utilisées, pour dresser les plans des ouvrages d'art qui seront construits, puisqu'après l'achèvement des travaux, l'exploitation doit être commune pour le CFMK et la nouvelle ligne Banana - Matadi.

La largeur de la plate-forme du CFMK est de 5 mètres mais pour l'axe Banana - Matadi, elle a été élargie à 5,20 mètres. La raison est due à la nature sablonneuse du terrain, qui par conséquent résiste mal à l'érosion sur de nombreux tronçons. Mais cette question devra être réexaminée après que l'étude géotechnique aura été faite.

La pente de surface choisie pour la plate-forme est de 5%. La pente de remblai est de 4/6, et est la même que la pente existante. Mais, on évitera d'augmenter la pente, même si l'on ne trouve pas un matériel de remblai de bonne qualité pour un remblai élevé. La protection des talus avec une utilisation efficace de la végétation sur tous les tronçons est nécessaire.

La pente sur les sections de déblayage peut être variable selon la nature géologique du terrain. Elle sera de 4/6, 4/4 et 4/2, respectivement pour les terrains sablonneux, argileux et la latérite comme pour les voies actuelles.

Sur les sections de déblayage, on creusera une conduite d'évacuation d'eau sur la pente de terrain de déblayage qui permet à la fois d'éviter que l'eau de pluie pénètre dans les voies et un fossé pour empêcher que l'eau souterraine détériore la terre d'assiette par capillarité, puis on fera des banquettes, tous les 10 mètres de distance, sur la pente du déblai dont la hauteur est supérieure à 10 mètres, y creusant aussi un fossé.

4.3 Structure des voies

1) Rails

On utilisera des rails de 50 Kg et du type U - 36 sur les voies principales. On soudera électriquement à l'usine de Cattier les rails de 18 mètres pour obtenir des rails de 180 mètres. Une fois que les rails sont posés sur le chantier, ils seront rassemblés par soudure

aluminothermique pour être aussi longs que possible. Pour les voies de garage, on utilisera les rails P. No. 6 ou les rails B. C. K de 40 Kg.

2) Type et nombre des traverses

On utilisera les traverses RS, en raison de leurs propriétés relatives aux rails longs, de leur durabilité, des frais d'entretien et des investissements initiaux.

Le système C. I. L isolant et l'attache des rails à double élasticité seront adoptés. Le nombre de traverses posées par kilomètre est de 1500 sur la ligne droite et les courbes dont le rayon est supérieur à 200 mètres et de 1500 à 1800 pour les courbes inférieures à 200 mètres.

3) Ballast

On utilise de la chaux dure 20/60 ou 20/40 et l'épaisseur de couche du ballast sera de 200 mm sous les traverses.

4) Appareils de voie

Des installations de croisement seront prévues aux huit gares de passage. Les branchements simples seront utilisés pour éviter que les trains de passage aient à ralentir et le type à utiliser sera en principe le branchement à déviation $tg\ 0,0833$, en tenant compte de l'entretien et de la vitesse sur les voies déviées. Les appareils de voie à adopter doivent être standardisés dans la mesure du possible pour que des échanges de pièces soient rendus possibles. Les appareils de voie pour les gares de triage seront en principe les branchements à déviation $tg\ 0,125$.

5) Structure aux joints des rails

Sur les tronçons où il n'y aura pas de rails longs, la norme sera le joint appuyé, mais sur les voies de garage, elle pourra être le joint en porte-à-faux.

6) Piquets de réglage des courbes

Pour faciliter l'entretien des parties en courbes, des piquets de réglage indiquant clairement la situation de passage de la surface du rail seront plantés. Ils seront installés à partir de 10 ou 20 mètres avant et après les courbes et à un intervalle de 5 mètres à l'extérieur de celles-ci.

4.4 Sécurité et signalisation

Les équipements de sécurité sont indispensables pour l'exploitation des trains et pour améliorer le rendement de manipulation, et leurs qualités

déterminent pour une part, la capacité de transport d'un chemin de fer. C'est pourquoi, ces équipements doivent être adaptés aux caractéristiques du chemin de fer en question. D'après les estimations, le volume du trafic prévu est pour 1990 de 13 rames mixtes voyageurs et marchandises. Par ailleurs, la distance moyenne entre les gares est de 20 kilomètres et il y a huit gares du croisement.

Pour l'instant, les équipements suivants paraissent suffisants :

(1) Système de cantonnement

On utilisera le système de cantonnement actuellement appliqué par le CFMK, qui est le système bâton pilote (bulletin de passage). Sur le CFMK, les bulletins sont transmis de main à main, entre l'équipage du train et le chef de gare, mais, si l'on installe un appareil de communication des bulletins, la vitesse de manoeuvre peut être améliorée d'environ 62 Km/h.

(2) Appareils de signalisation

Des signaux fixes seront installés parallèlement à l'utilisation de l'appareil de communication des bulletins de passage pour permettre l'augmentation de la vitesse de passage des gares et faciliter l'installation future du système C. C. C. Ce seront des signaux fixes à feu de couleur. Le signal rouge indique l'arrêt, l'orange l'attention et le vert, le passage libre sans limitation de vitesse, alors qu'à l'orange il faut ralentir.

Il y aura trois sortes de signalisation, des signaux de départ pour les trains sortant d'une gare (vert et rouge), signaux d'entrée en gare (vert, orange et rouge) et des signaux de préavertissement (vert et orange). La distance de visibilité des signaux doit être supérieure à 600 mètres et une longueur d'au moins 150 mètres doit être prévue comme marge de sécurité avant les signaux.

(3) Appareils d'enclenchement

Des équipements d'enclenchement seront installés entre les signalisations et les aiguillages. Pour pouvoir réduire le personnel des gares, les instruments d'aiguillage seront électriques et pourront être télécommandés, ce qui améliorera le niveau de sécurité et l'efficacité de manipulation des trains

(4) Equipements de communication

Un câble de téléphone spécial pour le cantonnement sera installé de la même façon que pour le CFMK.

4.5 Mode de traction et matériel roulant

(1) Locomotives

On utilisera comme sur le CFMK, des locomotives Diesel. On choisit une charge de traction de 2000 tonnes en tenant compte du rendement de la locomotive et du développement des besoins de transport.

(2) Wagons de marchandises

Les wagons de marchandises qui seront nouvellement fabriqués ou arrangés seront des wagons à bogies à deux essieux, ayant une charge de 40 tonnes, un poids de 20 tonnes et une longueur de 17 mètres et une vitesse maximum de marche de 75 Km/h. Il sera sans doute nécessaire d'organiser un transport de marchandises par catégorie des biens ou des wagons à container.

(3) Wagons de voyageurs

Les trains de voyageurs prévus, auront une capacité de transport de 80 personnes, un poids d'environ 40 tonnes, une longueur de 20 mètres et une vitesse de 95 Km/h.

La puissance des autorails actuels sera augmentée à environ 500 ch pour que des wagons à bogies, à deux essieux puissent rouler à 120 Km/h.

4.6 Gares

(1) Distance entre les gares

On distingue des gares nécessaires du point de vue de l'exploitation commerciale du transport des voyageurs et des marchandises et des gares nécessaires du point de vue de l'organisation des rames pour les croisements et les évitements. En ce qui concerne l'axe de chemin de fer Banana - Matadi, les stations requises dès la mise en service pour l'exploitation commerciale sont les trois gares de Banana, Moanda et Boma. Les autres gares ont plutôt le rôle de postes de signalisation. C'est pourquoi, la distance entre les gares de passage sera décidée en fonction du nombre de rames et de la vitesse des trains.

Pour déterminer la capacité des voies, c'est-à-dire le nombre maximum de rames possibles sur un tronçon donné, on utilise au Japon, l'équation suivante "

$$N = \frac{1.440}{T + C} \times f \quad (1)$$

T = temps de parcours entre les gares

C = temps de cantonnement, 2,5 minutes dans le cas de cantonnement avec bulletin de passage

f = coefficient d'utilisation des voies; 0,6 en général, en tenant compte de l'entretien des voies, la différence de vitesse des trains, le rattrapage, le retard des trains etc.

Le temps de parcours entre les gares est obtenu en divisant la distance entre les gares par la vitesse des trains.

$$T = \frac{S}{V} \quad (2)$$

S = distance entre les gares (Km)

V = vitesses des trains (Km/h)

Pour calculer S, on peut donc écrire :

$$S = \left(\frac{1\,440\,f}{N} - 2,5 \right) V \quad (3)$$

N = nombre de rames. Le programme des mouvements de trains du paragraphe 3.2.4 prévoit 13 rames pour 1990, soit 26 allers et retours

V = vitesses des trains. 40 Km/h pour les trains de marchandises qui constituent l'élément essentiel

On substitue N.V dans la troisième équation et la distance obtenue entre les gares S est de 20,5 kilomètres.

Au début de la mise en service de la ligne, il y aura des gares espacées entre elles de 20 kilomètres. Les voies ont été choisies longitudinalement et latéralement, pour qu'il soit possible dans l'avenir d'accroître le nombre de gares et de les installer tous les 10 kilomètres.

(2) Longueur effective de la ligne

Si la traction des trains de marchandises est de 2.000 tonnes, la longueur effective serait la suivante :

charge du wagon de marchandise : 40 tonnes

poids du wagon de marchandise : 20 tonnes

taux de chargement : 0,65

rapport du nombre de wagons
chargés et vides : 7:3

Soit x le nombre de rames, dans le cas d'une charge remorquée de 2.000 tonnes; on a l'équation suivante:

$$(40 \times 0,65 + 20) \times 0,7x + 20 \times 0,3x = 2.000$$

$x = 51$ trains

Si l'on a:

Longueur d'un wagon = 12,5 mètres

Longueur de la locomotive = 16 mètres

La longueur L de la rame : $12,5 \times 51 + 16 \times 2 = 669,5$ m

Comme il faut en plus, prévoir une marge de longueur d'arrêt d'une trentaine de mètres, la longueur effective choisie a été de 700 mètres.

La longueur effective de 700 mètres paraît raisonnable, même en tenant compte de celle du CFMK.

(3) Equipements des stations

1) Entr'axe des voies

L'entr'axe des voies à l'intérieur des stations sera supérieure à 4 mètres, en fonction de la largeur des trains et des travaux à effectuer sur les voies. Toutefois, elle peut être réduite à 3,8 mètres dans les stations où aucun travail n'est nécessaire.

2) Appareils de voie

Comme il a déjà été dit, les gares de croisement ont surtout un rôle de postes de signalisations pour le croisement et l'évitement des trains. Il ne faut pas que les trains aient à ralentir à cause des appareils de voie, ils doivent donc passer sur la voie droite et les branchements sur les voies d'évitement se font avec des branchements à déviation $\text{tg } 0,0833$ (vitesse côté dévié: 45 Km/h),

et les branchements sur les autres voies de garage par les branchements à déviation $\text{tg } 0,125$.

(3) Voies de sécurité

Des trains peuvent entrer en même temps dans une gare pour se croiser, à une vitesse relativement élevée, et peuvent de ce fait présenter un certain danger. C'est pourquoi, des voies de garage de sécurité seront construites quand cela est nécessaire.

(4) Quais des voyageurs

La longueur des quais sera la même que celle du CFMK, c'est-à-dire de 260 mètres et la largeur sera de plus de 2 mètres si l'on en utilise un seul côté et de moins de 3 mètres si l'on utilise les deux côtés du quai. La distance entre le centre de la voie et le bord du quai sera de 1,7 mètre et la hauteur du quai sera de 0,3 mètre au-dessus du rail.

(5) Quai des marchandises

La distance du centre de la voie au bord du quai sera de 1,65 mètre et la hauteur du quai sera de 0,85 mètre au-dessus du rail.

5. Programme fondamental des travaux

5.1 Aspect géologique du terrain et étude géotechnique du sol

5.1.1 Aspect topographique du terrain

L'aspect topographique des régions qui seront traversées par le chemin de fer de l'axe Banana Matadi, se distingue en région de collines située entre Banana et Boma et en région montagneuse se trouvant entre Boma et Matadi. Et, il existe des basses terres près du fleuve Zaïre.

Les collines se trouvant entre Banana et Boma ont une hauteur d'environ 100 à 200 mètres et sont formées de sable et de grès sublittoraux de l'époque quaternaire. Elles sont relativement plates dans l'ensemble, mais des vallées ont été creusées par suite d'érosion due aux affluents du Zaïre, les Luibi, Bola et Mangenzo. La route Banana - Boma atteint ces collines tout de suite à la sortie de Moanda. On prévoit de faire passer le trajet de la route le plus possible au sommet de ces collines, mais des tronçons où la pente est forte sont relativement nombreux à cause des vallées qu'il faut traverser. Ces collines s'étendent à 50 kilomètres à l'est de Banana et atteignent le bassin de Lukunga.

Des montagnes abruptes sont regroupées entre Boma et Matadi et ont des pentes escarpées en direction du fleuve Zaïre. Certaines régions ont subi l'érosion due au fleuve et on y trouve de petites vallées, mais au nord, les régions éloignées du Zaïre n'ont pas été érodées et forment un plateau. La hauteur est de 300 mètres dans les parties proches du Zaïre et de 500 mètres pour le plateau du nord. La route Boma - Matadi traverse cette région, fait un grand détour et atteint la ville de Matadi.

Les collines se trouvant entre Banana et Boma, les montagnes entre Boma - Matadi ont un relief qui les orientent en pentes abruptes sur le Zaïre et il n'y a que peu de terres basses le long du fleuve. Surtout entre Boma et Matadi, l'on peut dire qu'il n'y a pour ainsi dire pas de basses terres. Mais entre Boma et Banana, une zone alluviale peut se former, par suite de la diminution de la force tractrice du Zaïre et de l'influence de l'eau de mer et la largeur des basses terres est de 20 mètres sur plusieurs kilomètres. Ces basses terres sont généralement marécageuses, mais certaines parties relevées ont un sol relativement ferme.

Les affluents du Zaïre se situant entre Banana et Boma ont un bassin relativement vaste, mais la pente du cours d'eau est douce et ont un faible indice d'écoulement, donc peu de débit. Par contre, les affluents situés entre Boma et Matadi ont un petit bassin mais le relief étant accidenté, la pente du cours d'eau est forte, ils ont aussi un indice d'écoulement élevé, par conséquent le débit est important.

5. 1. 2 Climat

Cette région appartient au climat de savane tropicale et on y distingue nettement deux saisons, l'une sèche et l'autre humide. La saison sèche dure d'avril à octobre et la saison des pluies de novembre à mars. La quasi-totalité de pluie est enregistrée durant la saison humide, mais la quantité totale des pluies n'est pas importante. Il pleut souvent sous forme de pluies d'orage violentes et la quantité de pluie mesurée par heure est assez importante mais les pluies ne durent jamais très longtemps.

La quantité de pluie enregistrée est: 772 mm à Banana, 948 mm à Boma, 1157 mm à Matadi (Tschimpi). On peut remarquer que la quantité de pluie augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne des côtes de l'Atlantique et que l'on se rapproche du fleuve Zaïre.

Le tableau 5. 1. 2. 1 indique les particularités météorologiques à Banana, Boma et Matadi.

Tableau

5. 1. 2. 1

	Banana	Boma	Matadi
Quantité moyenne de pluie/an	772 mm	948 mm	1157 mm
Quantité maximale de pluie en 24 heures	133 mm	86 mm	135 mm
Plus haute température (moyenne)	28,7°C	30,0°C	27,8°C
Plus basse température (moyenne)	23,1°C	22,1°C	20,2°C
Plus grande humidité (moyenne)	100	99	98
Plus petite humidité (moyenne)	47	45	52
Période d'observation	1951-1960	1961-1965	1957-1965

5. 1. 3 Aspect botanique

La région que traverse le chemin de fer Banana - Matadi est une région de savane.

Dans les collines ou les montagnes, pauvres en alimentation d'eau, c'est l'herbe qui recouvre le terrain et il n'y a pratiquement pas

^{forte}
d'arbres, mais dans les parties basses, au fur et à mesure que l'alimentation en eau est facile, on trouve de plus en plus d'arbres. Il y a près des rivières, des taillis, mais ces bois sont différents des forêts tropicales.

Dans la zone alluviale du Zaïre ou sur le bord des affluents, Bola, Luibi, toujours immergés, on trouve des papyrus dans les marécages.

Dans les terres basses de la baie de Banana ou de l'estuaire du Zaïre, il y a des forêts denses de mangroves qui rendent la pénétration humaine difficile.

5.1.4 Aspect géologique du terrain

(1) Introduction

L'aspect géologique des terrains traversés par le chemin de fer est le suivant: on trouve du sable ou du grès de l'époque quaternaire entre Banana et Kanzi, du grès suprajurassique dans la région de Boma et des schistes de l'époque précambrienne constituent l'essentiel des couches géologiques de Binga à Matadi. Ces couches sont dispersées de façon désordonnée sur l'ensemble des couches de Mayumbe. Les basses terres situées entre ces couches et le Zaïre sont constituées d'éboulis et d'alluvions. Ces terres sont particulièrement meubles.

(2) Section Banana - Boma

a. Région de Boma

Cette région est formée de séries de cirques (quels supérieur) de quaternaire dont la couche est composée de sable et de grès de niveaux 8, 9 de la classification Hoffmann. Ces couches comprennent des couches de sables rouge brique, bigarrés, blancs avec parfois des graviers; - sables et grès tendres, graviers conglomératiques; grès ferrugineux à la base, graviers avec bois silicifiés. L'épaisseur des couches est de 60 à 80 mètres.

b. Immédiatement à l'est de cette zone

Cette région est formée de sable argileux ocre 50 de quels inférieur du quaternaire. - Sables blancs gris, sables argileux ocres à la base, parfois ciment ferrugineux ou latéritique. L'épaisseur est de 50 à 70 mètres.

c. Ile de Mateba (Holocène)

Le terrain est constitué de terres charriées de toutes sortes de la période quaternaire.

d. Au nord de l'île de Mateba (Bulu-Zambi):

1) Un fossé du crétacé moyen (niveaux 5 a et 5 h d'Hoffmann).

- Canomano, Turonien de haut ^{en} ou bas;

. Calcaires jaunâtres, tendres, quelquefois silicifiés

. Calcaires fossilifères (échinodermes et mollusques) qui s'altèrent en argile et quartz.

. Calcaires riches en mica blanc

. Calcaires fins et calcaires sableux

Epaisseur : 50 - 60 m

2) Région de l'est:

On arrive aux grès sublittoraux (niveau 2 d'Hoffmann) en transgression sur les micachistes granitisés (gneiss) du système du Mayumbe.

Il y a deux lithologies superposées. De haut en bas:

- G S 2 visible sur le chemin de fer du Mayumbe au km 3,

. argilites ± marneuses, gris violacé, jaunâtre; grès argileux micacés en bancs minces. Trainées de "CHERTS".

- G S visible sur le chemin de fer, au km 16; ardoises lie de vin; grès feldspathiques; grès argileux.

(3) Coupe Boma à Matadi - Série du Mayumbe

a. A l'Est, des grès sublittoraux, de KIWELA à BINDA:

Ce sont des quartzites de Matadi (niveau M2) avec les micaschistes de Palabala (niveau M1).

Les quartzites sont clairs, grossiers à musconite, quelquefois gris sériciteux.

Les micaschistes sont à biotite.

b. de Binda à Fuma - Fuma

Niveaux M4 de la Duizi: "Schistes situés", parfois granitisés; quelques quartzites.

c. Région de Matadi

1) Rive droite: schistes et roches vertes diverses, hornblende avec granits schistisés. La partie comprise entre la vallée de Wolongo et la Route nationale allant vers Boma est constituée de roches ignées et la nature de ces roches est hornblende.

2) Rive gauche: quartzite de Matadi (niveau M2). La partie opposée de celle de la Rive droite comprise entre Wolongo et la Route nationale est la même constitution que celle-ci. C'est une couche de hornblende dure.

La figure No 27 est la carte géologique qui regroupe ce qui vient d'être dit ci-dessus.

(4) Résultats d'examen des roches et considérations technologiques

Un échantillonnage de roches constituant les couches géologiques entre Banana-Matadi a été recueilli pour un examen de leurs propriétés qui a été réalisé au Laboratoire géotechnique de l'Institut d'Etudes techniques des Chemins de fer japonais. Les tests physiques suivants ont été effectués: densité apparente, taux d'absorption d'eau, taux de porosité effective, vitesse d'onde élastique et pour certaines roches pouvant se déformer un test de résistance à la compression.

Les résultats de ces examens sont indiqués au tableau 5.1.4.1.

Les conclusions technologiques qu'on peut tirer de ces examens et de l'étude menée sur le chantier, sont les suivantes.

1) D'abord le grès de la période quaternaire de la région de la région de Banana est d'époque récente et tendre, mais les fissures dues à l'altération sont peu nombreuses. Le déblayage est donc facile et la surface des talus après déblayage doit être stable. Une pente de talus de 4/4 semble raisonnable.

2) Le grès suprajurassique de la région de Boma, correspond aux tests physiques No 1 à No 3. Comme cela est indiqué sur les résultats des tests, ces roches ont un taux d'absorption d'eau et de porosité élevés et une faible résistance à la compression. Mais ces échantillons ayant été relevés en surface où il y a altération, on peut penser que les couches sont plus résistantes en profondeur. Mais, les examens dénotent que cette région a généralement suivi l'altération et que le terrain n'est pas dur. Le déblayage est facile, mais il faut prendre un dispositif de protection pour des parties altérées de la surface de déblayage. La pente de talus prévue est d'environ 4/4. On prévoit une pression de terre assez forte pour les travaux des tunnels, il faut donc utiliser des soutènements résistants et une épaisseur de revêtement d'environ 60 centimètres.

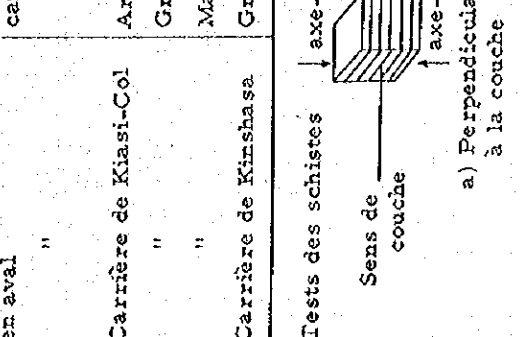
A titre de référence, on peut dire qu'un échantillon a été pris dans une carrière près de Boma. On y trouve des affleurements de roches volcaniques dont la nature géologique est différente et ces roches sont de bonne qualité. Si l'on recueillait de ces endroits ou on en trouve partiellement, des roches volcaniques, on pourrait fournir une bonne matière première pour les agrégats de béton et le ballast.

Tableau 5. 1. 4. 1 Résultat des test physiques des roches

Lieu de collecte	Nature et époque de la roche	Densité apparente (g/cm ³)	Taux d'absorption d'eau (%)	Taux de porosité effective (%)	Vitesse d'onde élastique (m/sec)	Résistance à la compression (kg/cm ²)
1 Deblayage devant le camp militaire de Boma	Grès de qualité de mica, suprajurassique	2, 38	3, 99	9, 50	axe-b 3. 420 axe-c (1. 330)	axe-b 190
2 Route de Tschela à l'est de Boma	Grès, suprajurassique	1, 75	16, 80	29, 40	1. 800	70
3 Route de Tshela, Boma	"	1, 78	16, 20	28, 84	1. 830	(100)
4 Carrière de Boma	Gneiss, suprajurassique	2, 62	0, 23	0, 60	5. 540	1. 200
5 Proposition du pont en amont	Hornblende pré-cambrien	3, 02	0, 45	1, 36	6. 130	(1. 500)
6 Proposition du pont au cours moyen	"	3, 04	1, 01	3, 07	6. 200	1. 500
7 "	Quartz pré-cambrien	2, 62	0, 21	0, 55	5. 830	(2. 000)
8 "	"	2, 63	0, 06	0, 16	5. 710	(2. 000)
9 Proposition du pont en aval	Micaschistes pré-cambriens	2, 62	1, 42	3, 72	axe-b 3. 320 axe-c (2. 170)	axe-b (250)
10 "	"	2, 41	4, 37	10, 53	axe-b 2. 930 axe-c (1. 600)	axe-b (250)
11 Carrière de Kiasi-Col	Ardoise	2, 73	0, 34	0, 93	6. 070	(1. 500)
12 "	Grès	2, 66	0, 28	0, 74	5. 670	(1. 500)
13 "	Marne	2, 68	0, 29	0, 78	5. 960	(1. 500)
14 Carrière de Kinshasa	Grès dur	2, 60	0, 78	2, 03	5. 050	(1. 500)

S'il y a fissure, la résistance à la compression diminue.
S'il est récent, il y aura moins de résistance, et de densité.

Note: (1) Les chiffres entre parenthèse indiquent des estimations après avoir supposé une situation relativement récente
(2) Les chiffres de densité apparente, taux d'absorption d'eau, taux de porosité effective sont les moyennes des deux ou trois échantillons.



3) Les schistes de la période pré-cambrienne de la région de Matadi.

Ce sont les échantillons No 5 à No 10 qui ont été pris des couches pré-cambriennes proches de Matadi. Parmi ces échantillons les roches No 9 et 10 sont des schistes. D'après les tests, ces roches ont un taux d'absorption d'eau et de porosité élevé, la vitesse d'onde élastique lente et une faible résistance à la compression, surtout le long des sens parallèles de la couche de schiste.

De ce fait, on peut conclure que pour construire les fondations du grand pont, les roches et le quartz sont plus appropriés et que même du point de vue géologique, la traversée du Zaïre au cours moyen semble être la meilleure solution. Le déblayage de ces roches est facile, mais elles ont tendance à glisser le long du sens de la couche.

Il faut prendre des précautions, lors du déblayage, dans le sens de la couche.

La protection de surface est nécessaire aux endroits altérés. Il doit être possible d'arrêter la pente des parties qu' ne sont pas trop altérées à 6/4.

Les tunnels passeront au centre de la couche, et la nature géologique du terrain dans les tunnels doit être meilleure que celle indiquée dans les résultats des tests. Mais à l'entrée des tunnels et des parties où la couverture du tunnel est petite, l'épaisseur du revêtement serait de 60 centimètres, mais ailleurs 30 à 45 centimètres devront être suffisants. Par ailleurs, c'est une région où des fissures peuvent facilement se former et le taux de porosité est élevé, on peut donc s'attendre à ce qu'il y ait pas mal d'eau qui jaillisse.

(5) Région de Matadi et emplacement du pont

Comme l'on a dit plus-haut, les couches géologiques de cette région sont formées de roches volcaniques et sont différentes des couches de schiste des environs.

L'étude géologique de la surface des terrains proches de l'emplacement prévu pour la construction du pont a été effectuée d'après les cartes géologiques et l'exposé général sur la nature des terrains du Bas-Zaïre fournie par l'Institut de Géologie zaïrois.

1) Proposition du cours supérieur pour la traversée du fleuve

On observe sur la rive droite des affleurements des hornblende et le terrain semble assez dur, mais l'étendue de la surface avec roches dures n'est pas très importante. Sur la rive gauche, le long de l'actuel C. F. M. K, il y a des affleurements de quartzite et on aperçoit par endroits un filon de roche dure et des fissures se sont développées à cause de l'efflorescence et les couches dures doivent être relativement profondes. L'échantillon No 5 a été prélevé près de l'endroit de la traversée du fleuve.

2) Proposition du cours moyen

On trouve sur les deux rives soit des hornblendes soit du quartz. Les roches sont très dures et de bonne nature. Elles correspondent aux échantillons No 6, 7 et 8. Comme les résultats des tests l'indiquent, ces couches sont fermes et résistantes à la compression et semblent particulièrement adaptées comme base pour la construction du grand pont.

3) Proposition du cours inférieur

On trouve sur la rive gauche des quartzites altérés et des micaschistes.

Surtout pour ces derniers, la résistance est réduite et il faudrait les éviter, si l'on devait y construire un grand pont. La nature géologique de la rive droite semble meilleure exceptée une partie en cône de moraine.

C'est la proposition de traversée au cours moyen qui semble la meilleure solution si l'on compare les trois idées. C'est celle qui présente le moins de difficultés et où la nature du terrain est la meilleure.

Mais dans ce cas, les travaux de déblayage et d'excavation seront quelque peu difficiles et il faudra prévoir 150 kg/m³ de poudres explosives. La surface de déblayage sera stable même avec une pente de 4/4. Les couches sont stables mêmes dans les tunnels et l'entrée de tunnel exceptée, les épaisseurs de revêtement peuvent être de 30 centimètres.

(6) Carrière de Kiasi-Col etc.

On a pris un échantillon, à titre de renseignement, à la carrière se trouvant sur la voie du C. F. M. K. les résultats nous ont appris que la nature de ces roches était bonne et qu'elles peuvent être utilisées comme matériel de construction du chemin de fer de l'axe Banana-Matadi.

5.1.5 Etude géotechnique du sol.

(1) Introduction

On peut distinguer trois sortes de sol réparties entre Matadi et Boma, en fonction de leur formation.

On trouve d'abord du sable fin formé par l'efflorescence de grès sublittoraux de l'ère quaternaire entre Banana et Boma. Ce sable est répandu sur les collines situées entre Banana et Boma et les environs.

Ensuite, on trouve de la latérite qui est de la terre altérée, entre Boma et Matadi. La latérite est formée par efflorescence de roches dures par une action physique et elle recouvre presque toute la surface des collines et des plateaux.

Enfin, en troisième lieu, on trouve dans les régions marécageuses le long du Zaïre, les alluvions du Zaïre ou des affouillements de ses affluents.

Les échantillons des ces trois natures de sol ont été amassés sur place et les analyses ont été confiées au Laboratoire National du Ministère des Travaux Publics de Kinshasa.

(2) Résultats des analyses des sols

On a procédé aux examens de granulation, de densité, de limites d'Atterberg et de taux de contenance matières organiques. Les numéros d'échantillon sont de 30.230 à 30.232.

Tableau 5.1.5.1

Numéro de l'échantillon	Nature du sol	Lieu de collecte
30.230	Sol argileux rougeâtre	1 km à l'ouest de Boma
30.231	Sol argileux gris clair	Marécage du Tombo
30.232	Sable fin brun blanchâtre	au sud du village Kimbanza

REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE
DU CONGO

Ministère des Travaux Publics et
des l'Aménagement du Territoire

Sous Direction
LABORATOIRE NATIONAL

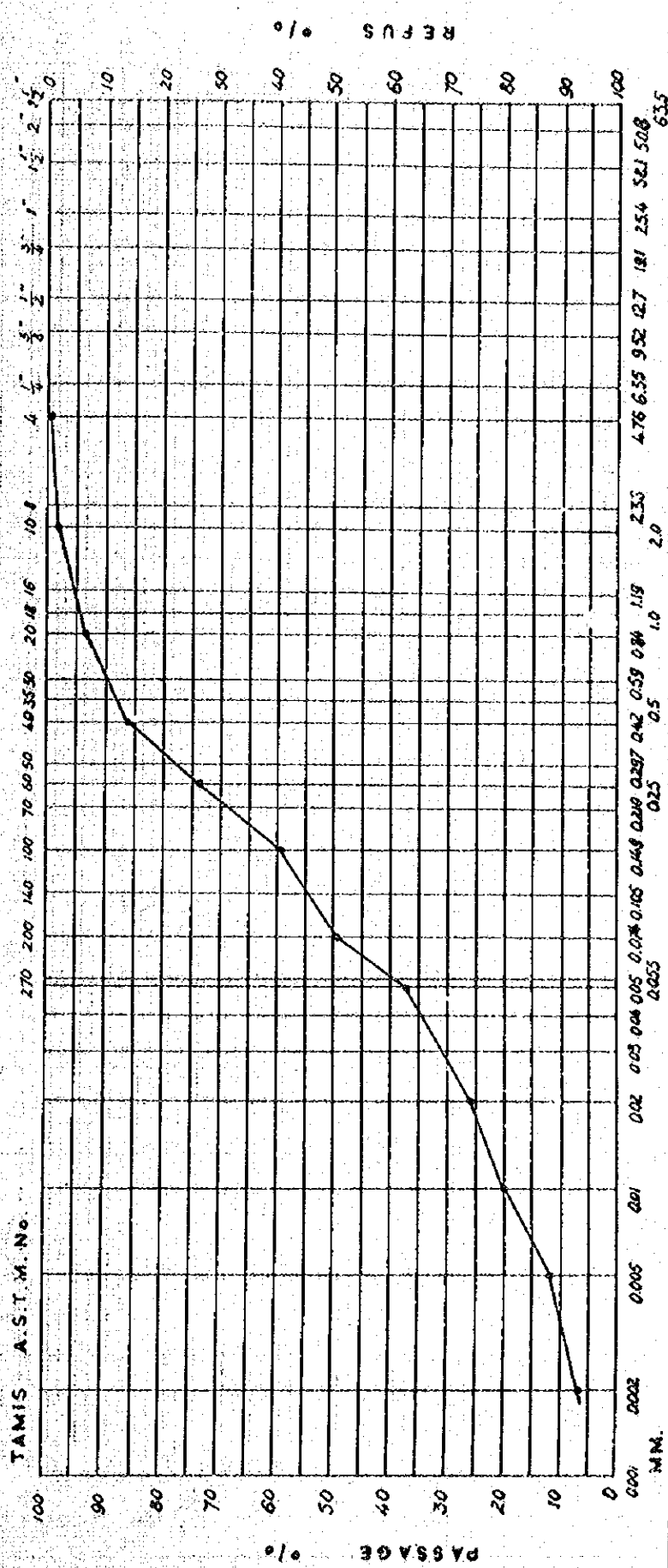
B. P. 1403 T41 68201

Annexe au rapport No _____

Tab. 5.1.5.2

GRANULOMETRIE

No. ECHANT 30-23010

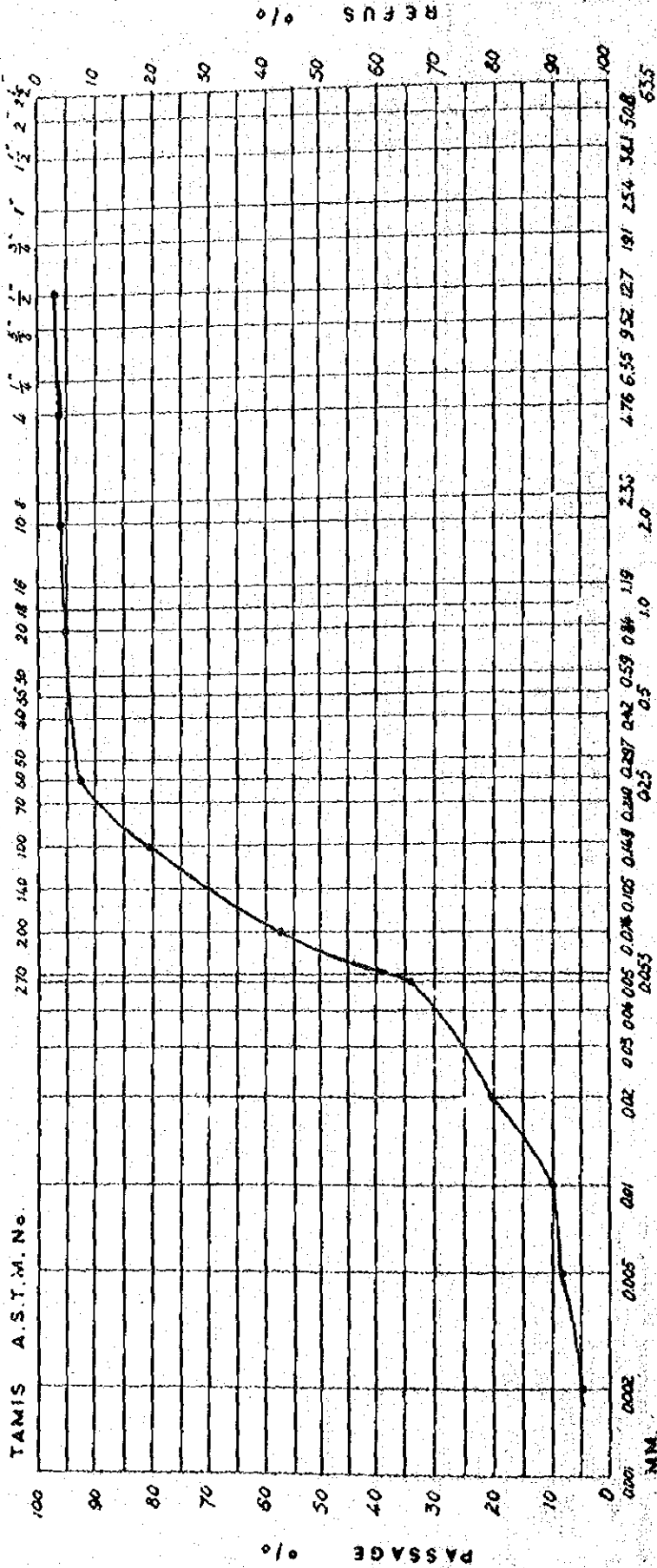


REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE
 DU CONGO
 Ministère des Travaux Publics et
 des l'Aménagement du Territoire
 Sous Direction
 LABORATOIRE NATIONAL
 B. P. 1493 TEL 68201
 Annexe au rapport No

Tab. 5. 1. 5. 3

GRANULOMETRIE

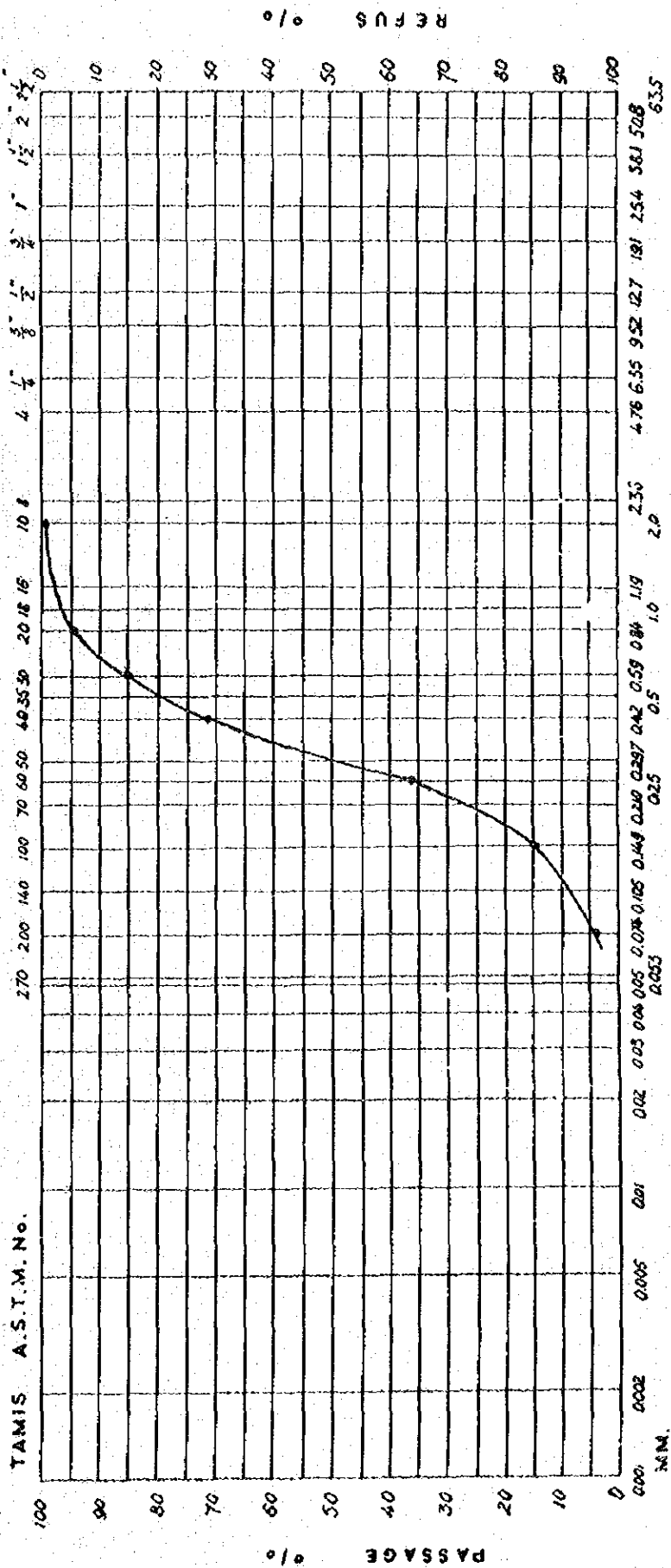
No. ECHANT 30-2311



REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE
DU CONGO
Ministère des Travaux Publics et
des Aménagements du Territoire
Sous Direction
LABORATOIRE NATIONAL
B. P. 1403 Tél 68201
Annexe au rapport No

GRANULOMETRIE

No. ECHANT 30-252



1) Le test de granulation

Refus cumulés en % en poids du matériel sec.
Echantillons lavés au préalable sur tramis A, S, T, M,
n° 200. Fraction inférieure à 72 microns déterminées
par sédiment métré. Les résultats de granulation sont
présentés sous les tableaux 5.1.5.2 à 5.1.5.4.

2) Le test de densité

Les résultats suivants ont été obtenus avec un pycnomètre.

Tableau 5.1.5.5

Numéro d'échantillon	Densité
30.230	2,69
30.231	2,62
30.232	2,63

3) Limites d'Atterberg

L'échantillon No 30.232 ne possède pas de plasticité,
les tests ont été uniquement faits pour les deux autres
échantillons

Tableau 5.1.5.6

Echantillon	L. L.	P. I.	I. P.
30.230	42,33	22,40	19,93
30.231	29,20	15,70	13,50

4) Quantité de matières organiques

Déterminée par traitement H_2O_2 uniquement sur
l'échantillon 30.231.

No 30.231: 0,30%

5) Classification

On peut dresser le tableau suivant des résultats des
tests cités ci-dessus, d'après la classification du "Highway
Research Board". Les indices de groupe ont été obtenus
par les tests d'Atterberg et de P. I.

Tableau 5.1.5.7

Echantillon	Classification H, R, B,	Indice de groupe	Jugement en tant que matériel de remblai
30.230	A-7-5	8	Possible ou impossible
30.231	A-6	6	Possible ou impossible
30.232	A-3	0	Bon ou excellent

(3) Observations

On peut donc conclure après les examens divers qui ont été faits que le sable fin et la latérite peuvent être utilisés comme matériaux de remblai dans des conditions raisonnables. Mais de toutes les façons, il est indispensable de prendre toutes les mesures nécessaires, en fonction de chaque nature du terrain lorsqu'on dressera les plans et exécutera les travaux. Par ailleurs, les alluvions ne semblent pas appropriés comme matériel de remblai et comme base de remblayage, on peut s'attendre à un affaissement et à une consolidation prévisible. Il serait souhaitable que ces propriétés soient vérifiées par des analyses géologiques avant d'entreprendre les travaux.

5.2 Choix du trajet des voies

5.2.1 Généralités

On ne doit absolument pas oublier lors du choix du trajet de l'axe Banana - Matadi que celui-ci doit ultérieurement être relié avec le C. F. M. K. pour constituer l'axe ferroviaire Banana - Kinshasa et être un tronçon de la Voie Nationale.

En tenant compte de l'amélioration des courbes du C. F. M. K. sur les sections où elle est possible pour pouvoir rouler à plus grande vitesse, le trajet de l'axe Banana - Matadi doit posséder des normes égales ou supérieures à celles du C. F. M. K. après travaux d'amélioration pour pouvoir répondre à l'accroissement futur des capacités de transport. Tel est le principe de base.

Notre mission a déterminé le trajet prévu avant de se rendre en République du Zaïre, après avoir étudié en détail tous les trajets possibles. Les documents qui ont servi d'instrument de travail sont les cartes topographiques à l'échelle de 1/25.000 et 1/100.000 de l'Institut de Géographie du Zaïre et les documents divers rapportés par

la première mission d'études (la mission Harada) et les photographies aériennes à une échelle de 1/40,000 qu'on a pu voir en relief,

L'étude sur le chantier a été menée autour de ce trajet prévu, à pied, en voiture quand cela était possible, et en canot à moteur sur le Zaïre entre Matadi et Boma pour confirmer et vérifier les points importants du tracé des voies.

Par ailleurs, sur les parties où l'accès par la route était impossible, on a utilisé l'avion pour porter soit une confirmation soit des corrections nécessaires.

Le trajet définitif a été décidé après l'étude sur le chantier et en fonction de ses résultats et une carte topographique à une échelle de 1/10,000 a été réalisée autour de ce trajet avec les photographies aériennes fournies par l'Institut de Géographie zaïrois. On a choisi le tracé le plus économique en prenant cette carte topographique comme référence et conformément aux normes de construction.

Les normes de construction, comme l'on a indiqué au paragraphe 4.2, ont été choisies en prenant comme base les normes du C. F. M. K. pour pouvoir assurer un service rapide.

Les normes de construction nécessaires pour le choix du trajet sont les suivantes:

écartement	1,067 m
rayon minimal de courbure	400 m
pente maximale	12,5‰ (correction de courbes exclue)
pente dans les gares	moins de 3‰
longueur effective	700 m
distance entre les gares	20 km (mais, il est possible de la réduire à 10 km, selon les besoins futurs)

On a essayé de choisir un trajet ayant des normes élevées avec de grandes courbes et des pentes douces, en fonction des normes de construction que l'on vient d'énumérer.

5. 2. 2 Problèmes techniques principaux

(1) Passage de régions où il y a glissement de terrain

Sur une distance de 50 kilomètres entre Banana et Boma, des collines formées de couches de sable de l'ère quaternaire sont nombreuses. Ces sables répandus ont un granulation uniforme et se déplacent à cause de l'eau de saturation. On peut constater ce phénomène de glissement sur les pentes des collines. On peut remarquer un relief analogue à Kilele, à 10 kilomètres à l'est de Boma.

On doit éviter ces régions à glissement de terrain et le trajet a été choisi après étude des photographies aériennes. Mais, si le passage de ces régions est inévitable, on éloignera la voie le plus loin possible de ces pentes à glissement ou on adoptera le déblayage pour équilibrer ces pentes.

(2) Passage des marécages

Dans les basses terres du Zaïre ou dans les zones alluviales, où l'évacuation de l'eau se fait mal, on trouve des marécages où poussent des mangroves et des papyrus.

Dans les régions où il y a des mangroves, non seulement elles poussent dans l'eau, mais il est extrêmement difficile de les traiter de façon mécanique. C'est pourquoi, il serait très coûteux que les voies passent dans ces régions. Les régions où pousse le papyrus sont meilleures que celles des mangroves. Mais, si le trajet doit emprunter ces régions, il faut aussi pour l'exécution des travaux tenir compte de l'affaissement du terrain par consolidation de sol argileux mordaciteux.

Une étude des photographies aériennes a permis d'éviter les régions marécageuses. On a pu éviter le passage dans celle des mangroves mais non dans celle des papyrus. Il sera donc indispensable de réexaminer en détails ces sections lors de l'exécution des travaux, mais le passage doit être tout à fait possible si l'on pratique le drainage du sable et si l'on construit des viaducs contre l'inondation.

5. 2. 3 Région de Banana (0 km à 15 km)

La condition indispensable du choix du trajet est que celui-ci soit conforme au Plan de développement régional et au programme d'aménagement du port.

A l'est du banc de sable qui est situé vers la presqu'île de Banana, au nord de la baie de Banana, il y a un marécage de 4 m de haut où poussent des mangroves et quelques terrains en terrasse allant vers l'intérieur. Les collines de plus de cent mètres se trouvent plus à l'est. La presqu'île de Banana est constituée de bancs de sable et s'étend vers le sud, en jouant le rôle de digues naturelles pour la baie de Banana.

L'emplacement du nouveau port de Banana est prévu près de la baie de Banana et la région voisine couverte de mangroves est destinée à devenir une zone industrielle. Par ailleurs, Moanda sera le noyau de l'urbanisation de la région et son site permet d'en être le centre de cure et de loisir du Bas Zaire.

Si l'on tient compte de tous ces éléments, le meilleur trajet semble est celui qui passe entre le port qui sera la future zone industrielle et le plateau qui se trouve au milieu de la région de Moanda qui sera la future zone d'habitation. Une gare de voyageurs sera construite à Moanda en prévision du développement du tourisme. Cette gare terminus sera construite au sud du plateau de Moanda, en tenant compte de la protection de la nature et du développement urbain. La voie évitera la zone de mangroves, et elle passera sur une terrasse ayant une hauteur de 10 à 15 mètres en direction du sud-est. La ligne traverse le bras du cours d'eau Saka - Mungwa au sud du village de Kindofula, contourne la raffinerie de pétrole de SOZIR au nord, emprunte la pente sud du village de Kitona pour avancer en direction de Boma.

La gare de triage de Banana ne sera pas construite à la gare de Moanda, mais installée sur une petite colline se trouvant à une distance de 2 à 4 kilomètres du point de départ de Banana. C'est l'emplacement qui semble être le meilleur pour la distribution des wagons de marchandises vers le port et la zone industrielle et du point de vue de l'essor urbain de Moanda également.

5. 2. 4 Tronçon Banana - Boma (15 km à 85 km)

Comme il a été signalé au chapitre relatif à l'aspect géologique du terrain, des collines sublittorales ayant une hauteur de 100 à 200 mètres se succèdent jusqu'à la rivière Lukunga et ces collines tombent en pente abrupte vers le fleuve Zaire. Les basses terres sont peu nombreuses le long du Zaire. Ces collines ont été façonnées par les affluents du Zaire, tels que Luibi, Bola et Mongenzo et des vallées relativement profondes ont

été créées. C'est pourquoi, si l'on décide que la voie passe sur ces collines, il faut prévoir des pentes assez fortes pour d'abord atteindre le sommet des collines et ensuite pour traverser les vallées. C'est pourquoi, il a été décidé que la voie passerait sur la pente située entre les collines et le Zafre ou sur les basses terres de l'est à l'ouest. C'était la seule solution possible.

Les collines sont recouvertes de sable fin et des éboulements peuvent être provoqués par la pluie. Il faut donc que la voie passe le plus loin possible des pentes et on a décidé qu'elle longerait la limite des marécages du Zafre et des pentes.

(1) Tronçon compris entre 15 km et 55 km

Ce tronçon longe le Zafre sur un terrain peu accidenté. Les Luibi, Bola et Mangenzo seront traversés par des ponts ayant respectivement 40 m, 60 m et 60 m. La voie passe au-dessus des marécages où il y a des papyrus dans la région des Luibi, Bola, et Mangenzo, mais ailleurs elle passe dans les régions essentiellement de forêts et de savane. La qualité du terrain est relativement bonne.

(2) Tronçon compris entre 55 km et 65 km

On traverse dans cette partie une région de collines ayant en moyenne 50 mètres de haut. On se dirige vers le nord-est après avoir traversé le Mangenzo, et le Tombo où sera construit un pont de 30 mètres. Après le passage du Tombo, on change de direction pour aller vers l'est et atteindre le bassin du Lukunga. Le Lukunga est un cours d'eau qui s'est développée le long du fossé et les rives constituent une zone de marécage assez vaste. Par conséquent, le pont aura une longueur de 130 mètres.

(3) Tronçon compris entre 65 km et 72 km

La voie traverse dans cette région en ligne droite la plaine de Produits. D'après l'étude sur le chantier et les photographies aériennes, cette plaine est une plaine alluviale du Zafre. Le soubassement des voies sera fait d'un remblai ayant quatre mètres de haut et des viaducs contre l'inondation seront construits.

(4) Tronçon compris entre 72 et 85 km

Une fois la plaine de Produits traversée, la voie pénètre une région de petites collines constituées de grès de la période suprajurassique. On peut dans cette région soit éviter les collines

et aller vers les marécages du Zaire, soit contourner les collines et suivre l'actuelle Route Nationale. Le terrain est mauvais le long du Zaire et, par contre, si l'on utilise la Route Nationale existante, même si l'on doit contourner les collines, les frais de travaux de terrassement ne seraient pas excessivement onéreux. On a donc choisi un trajet qui passe au nord du village de Kanzi; et qui coupe la région montagneuse à une altitude d'environ 30 m et atteint la ville de Boma après avoir traversé la rivière Kitona au nord de la carrière.

5.2.5 Région de Boma (de 85 à 92 km)

La ville de Boma est l'unique ville située entre ^{Banana} Boma et Matadi. Le choix du trajet a tenu essentiellement compte des points suivants: ne pas interrompre ni perturber les services publics existants, apporter un maximum de profits à la ville et prévoir la liaison avec la ligne de chemin de fer de Mayumbe.

L'accès ^{choisi} choisi à la ville de Boma est parallèle à la Route Nationale 110, au sud du camp militaire de Shinkasasa pour réduire au minimum les travaux de terrassement.

La gare de Boma sera située à 500 mètres au nord-est de l'actuelle gare de Boma de la ligne de Mayumbe, le long de la Route Nationale, sur la plaine alluviale de Kalamu, pour faciliter le transit de marchandise entre les deux lignes de chemin de fer.

On trouve à cet endroit les voies d'usine de la ligne de Mayumbe, ce qui facilite les connections entre les deux lignes, de même, qu'étant proche des routes, la distribution de marchandises sera aisée. En plus, cet emplacement a l'avantage d'être proche du centre-ville. Mais pour pouvoir garder un terrain suffisamment vaste pour les équipements de la gare, il sera sans doute nécessaire de dévier le cours d'eau du Kalamu.

La voie, après la gare de Boma, longe au nord, sur un parcours d'environ un kilomètre le Kalamu et le chemin de fer de Mayumbe, croise ce dernier en hauteur par sauts de mouton, se dirige vers l'est, traverse la route Boma - Tchéla au nord de l'aérodrome civil de Boma et au sud du camp militaire de Tobota, passe à l'est du village de Kikuku et va en direction de Matadi.

5.2.6 Tronçon entre Boma et la traversée du Zaire (92 à 139 km)

(1) section Boma - rivière de Mao

Deux tunnels, l'un de 400 et l'autre de 150 mètres sont nécessaires à l'entrée de cette région où sont disposées de façon complexe les collines ayant à peu près une

centaine de mètres de haut, formées du grès suprajurassique.

L'aboutissement de cette ligne qui correspond à la partie nord-ouest de l'île des Princes est une zone marécageuse et avance sur les basses terres. Pour éviter le terrain d'éboulis au sud du plateau de Kinglele, on est obligé de passer par les basses collines de la partie septentrionale des basses terres et un tunnel en courbe ayant une longueur de 450 mètres est indispensable. La voie traverse la rivière de Mao par un pont de 60 mètres de long après la sortie de ce tunnel. Entre la rivière de Mao et celle de Lembo, les pentes abruptes sont disposées de façon continue en arc de cercle. Cet endroit est à la limite de la période suprajurassique et précambrienne et l'existence de ces collines abruptes indique des caractéristiques des limites des différentes couches. Des études détaillées seront indispensables, lors de l'exécution des travaux.

(2) section comprise entre la rivière Mao et l'embouchure de Lukumbo.

La voie traverse un tronçon au relief accidenté formé de schistes de la période précambrienne. Le trajet doit donc longer les collines entre les montagnes et le fleuve Zafre, ce qui accroît le nombre de tunnels. On a donc décidé que la voie passera dans la mesure du possible sur les plaines longeant le Zafre, afin de diminuer les travaux de tunnels et de terrassement. Après avoir avancé le long des pentes de la rivière Mao vers celle de Zoai, la voie passe par quatre tunnels totalisant une longueur de 2, 940 mètres. Elle traverse, après passage des rivières Lembo et Pasopolo par des ponts de 20 et 10 mètres, le village de Binda. La nature géologique est mauvaise dans les marécages de l'embouchure du Donda, c'est pourquoi un détour sera fait jusqu'au sud du village de Kibota où un pont de 60 mètres sera construit pour traverser le Doanda et après avoir traversé le Doanda on longera le fleuve Zafre. On avait examiné la possibilité de faire passer le trajet qui s'éloignerait du Zafre dans les environs de Doanda pour remonter au nord, contourner la région montagneuse du centre et arriver à la vallée de Wolongo. Mais, ce projet a été abandonné à cause des frais de construction élevés, après une étude économique. Sur plusieurs kilomètres après la traversée de Doanda, des pics rocheux abrupts avancent dans le Zafre, où le cours d'eau vient les frapper et les grignoter. La voie passera sur cette partie dans deux tunnels ayant respectivement 1050 et 2640 mètres. Mais lorsqu'on élaborera les plans détaillés de ces tunnels, si l'on peut vérifier que le terrain est plus solide et plus stable, l'on pourra diminuer la longueur des tunnels. Le trajet continue ensuite le long du Zafre, traverse

les rivières Vunda, Taba, Lunanda et Lufu par les ponts de dix mètres environ et change de direction au nord de la presqu'île de Muzuku vers le nord-est et se dirige vers l'embouchure du Lukungu. Le trajet peut être plat de Fuma-Fuma à Kongolo.

(3) De l'embouchure du Lukungu à la traversée du Zaïre

Une hauteur de 60 mètres au dessus du niveau de la mer doit être gardée pour le niveau de la plateforme des Chemins de fer pour le passage des navires. D'autre part la voie passera à peu près à une hauteur de 15 mètres pour arriver à l'embouchure du Lukungu. Il y a donc une différence de niveau de 45 mètres sur ce parcours et la voie sera en pente continue de 12 ‰. Pour que les travaux puissent y être exécutés de la façon la plus économique, il faut réduire au minimum la longueur des tunnels. Autrement dit, il faut que le trajet passe le plus possible dans les larges vallées et il a été décidé que la voie passera dans la vallée de Lukungu, qui est la plus large, ensuite traversera les tunnels pour atteindre l'endroit de traversée du Zaïre.

Une fois, que la voie a traversé le Lufu où un pont de 50 m sera installé, elle longera le Lukungu. Le lit du Lukungu est accidenté et le passage dans la vallée sera étroit, et le relief est mouvementé, mais ce trajet a été choisi car par rapport aux autres itinéraires, il requiert une moindre longueur de tunnels et les travaux ne sont malgré tout pas trop difficiles.

Sur les cinq kilomètres de ce parcours, on prévoit 5 ponts et des tunnels, totalisant 2100 mètres de long. Pour atteindre l'endroit de traversée du Zaïre à partir du cours supérieur du Lukungu, il faut passer dans la vallée de Wolongo par un pont ayant une longueur de 150 mètres et deux tunnels ayant chacun 3250 et 600 mètres.

5. 2. 7 Lieu de traversée du Zaïre

(1) Choix du lieu de passage

L'actuel chemin de fer Matadi Kinshasa passe sur la rive gauche du Zaïre. La ^{frontière} avec l'Angola se trouve environ à cinq kilomètres en aval de Matadi sur la même rive gauche. Par conséquent, si l'on veut rejoindre la région de Banana, on doit obligatoirement traverser le grand obstacle naturel qu'est le Zaïre. La largeur du fleuve est, dans cette partie, comprise entre 500 et 1000 mètres. Si l'on tient en considération le problème de relation avec la gare de Matadi, actuelle gare terminus du C. F. M. K., la frontière de l'Angola, la largeur du fleuve, l'aspect topographique du terrain des deux rives,

l'aspect géologique et les divers avantages et inconvénients pour les usagers, il semble que traverser le Zaïre près de Matadi paraît être la meilleure solution. Creuser un tunnel sous le Zaïre paraît peu approprié tant pour la durée des travaux nécessaires que pour les aspects économiques, car d'après la Direction des voiries navigables, la profondeur du fleuve est de 50 à 100 mètres à Matadi et si l'on pense qu'il est possible que le lit continue à se creuser, il faudrait que le tunnel ait une longueur de près de 30 kilomètres. En ce qui concerne le lieu de passage du fleuve, étant donné que le Zaïre est tout de suite profond près de la rive et que le cours d'eau est rapide (en moyenne 4 noeuds), il est extrêmement difficile de construire les piliers du pont au milieu du fleuve, ailleurs qu'aux endroits qui ont été vérifiés sur la carte du fleuve et après l'étude sur le terrain, le pont construit devrait posséder une grande portée. C'est pourquoi non seulement pour des raisons de rentabilité mais aussi pour de raisons de commodité, il serait souhaitable que ce pont soit un pont mixte ferroviaire et routier (cf. détails au paragraphe suivant). Une étude géologique ci-incluse a été menée sur place, on tenant compte des frais de construction d'un pont mixte, qui comprend les frais de travaux de raccordement de la route et du chemin de fer avec le grand pont.

Dans cette étude, on cite aussi les avantages et les inconvénients du point de vue de l'utilisation.

Trois endroits ont été proposés comme lieu de passage du Zaïre, comme il est indiqué au dessin No 28. Ces trois solutions proposent la construction d'un pont en amont, au cours moyen et en aval du fleuve.

(2) Avantages d'un pont mixte

Il faudra penser lors de la conception du plan que le fleuve Zaïre est un obstacle naturel qui divise la région du Bas-Zaïre. Actuellement, de Matadi à la rive opposée, la traversée de personnes et de véhicules (poids lourds inclus) est assurée par un bac public. Mais la capacité de transport est réduite, les heures d'attente sont longues à cause des manoeuvres d'embarcation et le service n'est pas assuré la nuit. Et, même dans la journée, le service est quelquefois interrompu pour des raisons météorologiques. C'est pourquoi, le fleuve est un frein à l'extension du réseau de transports et au développement économique du Bas-Zaïre. Il serait donc important que le nouveau pont qui doit être construit puisse être à la fois un pont routier et un pont ferroviaire. Si l'on suppose que l'on construit un autre pont routier, les frais de travaux seront sensiblement les mêmes que ceux

de la construction d'un pont uniquement ferroviaire. Par contre, si l'on adjoint au pont ferroviaire conçu en fonction des lourdes charges à transporter, un pont routier, même si une grande largeur est nécessaire pour des raisons de structure à cause de la charge du vent, les coûts de construction ne seront supérieurs que de 20 ou 30% par rapport à la construction d'un pont uniquement ferroviaire, alors que les avantages sont considérables.

C'est la raison pour la quelle on a décidé de construire un pont mixte.

(3) Problèmes de raccordement à la route ou aux chemins de fer existants, posés par chacune des trois propositions.

Dans la proposition de construire le pont en amont, on traverse le Zaïre à partir de l'Observatoire du niveau d'eau, situé à 2 kilomètres en amont de la gare de Matadi en direction de la roche Stanley. Les piliers du pont seront construits sur une île située dans le cours d'eau, du côté de la rive droite et le pont aura une portée principale de 540 mètres.

Le problème posé est d'être obligé soit de prévoir un poste de signalisation pour que les trains rebroussent chemin, ou de construire une ligne nouvelle pour que l'on puisse rejoindre la gare de Matadi après passage du Zaïre, car avec cette proposition, la nouvelle voie doit rejoindre la voie actuellement existante pour entrer en gare de Matadi, plus du côté de Kinshasa que de Matadi. Mais cette partie comprenant des pics abrupts qui avancent sur le Zaïre, le choix du trajet est difficile. Il faudrait construire un certain nombre de tunnels. D'autre part deux tunnels de 3,6 et 3,7 kilomètres qui passeront sous l'aérodrome de Tschimpi seront indispensables sur la rive droite.

Mais l'avantage est que, cet emplacement étant proche du bac existant, l'embranchement avec la route serait relativement facile et qu'on peut pour les travaux utiliser cette route. Par ailleurs, un autre avantage serait qu'étant situé en amont du port de Matadi, il n'y aura pas de passage de grands navires de haute mer, et la hauteur du pont peut, par conséquent, être environ 25 mètres plus basse que celle du pont qui serait éventuellement construit au cours moyen ou inférieur.

La proposition du passage au cours moyen consiste à traverser le Zaïre à 1,5 km à l'ouest du quai de Kala-Kala du port de Matadi. A cet endroit, le Zaïre est sur le point d'entrer dans Chaudron d'enfert et la largeur du fleuve est

la plus étroite. Le pont aurait une longueur de 500 mètres, qui est la plus petite longueur des trois propositions. Avec cette solution, le pont étant situé en aval du port de Matadi, il faut prévoir une hauteur de piliers de quarante mètres. Pour que le chemin de fer puisse atteindre cette hauteur avec la norme de pente prévue, il est nécessaire de prévoir des voies de dérivation. Par ailleurs, du point de vue du relief, les voies de dérivation de la rive gauche et de la rive droite, la vallée de Wolongo exceptée, jusqu'à la rivière du Lukungu, doivent passer dans les tunnels et le coût de construction est assez élevé. Mais même si les voies de dérivation sont construites, comme l'indique le tableau 5. 2. 7. 1, la longueur totale de voie n'est pas pour autant prolongée.

En ce qui concerne les travaux d'embranchement de la route, ils sont relativement faciles du côté de Matadi et il suffit de faire les travaux pour la connection avec l'aéroport de Tschimpi sur l'autre rive et ces travaux ne s'étendraient que sur cinq kilomètres environ.

Le pont en aval propose de traverser à 2,5 km en aval du cours moyen à Ango Ango et la longueur de portée principale est la plus grande des trois propositions avec 860 mètres. Avec cette proposition, le lieu de traversée est éloigné d'environ 4 kilomètres de Matadi et il ne serait pas nécessaire de construire des voies de dérivation pour le chemin de fer et la longueur des tunnels demandée est aussi la plus brève des trois propositions. Les travaux d'embranchement de la route ne posent pas de difficultés du côté de Matadi, mais sur la rive droite, il faudrait construire une route de 15 kilomètres de long dans une zone montagneuse. En plus, cette route oblige de faire un détour et n'améliore guère les conditions routières actuelles et on pense que le service du bac devrait se poursuivre, même après le pont achevé. Il faut également penser que la frontière de l'Angola n'est pas éloignée et que cela peut présenter quelques problèmes.

Le tableau 5. 2. 7. 1 récapitule les caractéristiques des trois propositions offertes. Le tronçon qui a servi d'éléments de comparaison est celui compris entre le point de bifurcation des trois solutions proposées, à 128 kilomètres du point de départ de Banana et le lieu de jonction avec le C. F. M. K.

Tableau 5. 2. 7. 1

	Pont en amont	Pont au cours moyen	Pont en aval
Longueur de la voie ferrée	17,45 km	18,11 km	14,08 km
Longueur du pont	900 m	740 m	1,170 m
Portée principale	548 m	500 m	866 m
Nombre de tunnels	9	10	6
Longueur des tunnels	10,650 km	8,5 km	3,95 km
Longueur des routes d'embranchement	1,6 km	5,3 km	16 km

(4) Choix du lieu de la traversée

On peut tirer des conclusions suivantes, si l'on compare les trois propositions.

Si l'on choisit la proposition de construire un pont en amont, le grand problème est la jonction de la ligne nouvelle avec la voie actuellement existante qui se fera à un endroit plus proche de Kinshasa que de Matadi. Cette solution oblige la construction d'un poste de signalisation qui permettrait aux trains de rebrousser chemin. Non seulement cette exploitation entraîne pas mal de pertes, mais encore des travaux de terrassement seront nécessaires pour construire le poste de signalisation et une autre ligne de liaison qui comprend des tunnels devra être construite pour pouvoir entrer directement à la gare de Matadi.

C'est la solution du cours moyen qui a paru être la solution la meilleure pour traverser le Zaïre. C'est celle où les portées sont les plus courtes et où l'embranchement avec la voie ferrée et la route ne présente pas trop de difficultés.

La proposition du pont en aval requiert non seulement les plus grandes portées, mais encore présente peu d'avantages du point de vue de l'utilisation routière et ne se substituera pas au bac actuel.

Le tableau 5. 3. 3. 1 dresse une comparaison des divers frais de travaux de chaque proposition d'après les plans généraux. L'analyse de ce tableau et l'étude menée sur le chantier confirment l'idée que c'est la solution du cours moyen qui est probablement la meilleure.

Le tableau 5.2.7.2 compare les trois solutions et les frais de construction qui incluent les frais de raccordement de la voie ferrée et de la route existantes.

La comparaison des trois propositions relatives à la voie ferroviaire ne concerne que le tronçon compris entre le lieu situé à 128 kilomètres du point de départ de Banana où les voies se séparent d'après chaque proposition et le lieu de jonction avec la ligne ferroviaire existante et exclut la section de la ligne qui remplacerait la voie actuelle proposée par le pont en amont.

Même du point de vue de comparaison des frais de construction, c'est encore la solution du cours moyen qui semble la plus avantageuse.

Tableau 5.2.7.2

Tableau comparatif des coûts de construction de pont selon les trois routes de traversée du Zaïre. (raccordement compris)

(Unité: millier de zafres)

	Pont en amont		Pont au cours moyen		Pont en aval	
	longueur	montant	longueur	montant	longueur	montant
Voie ferrée	17.450m		18.110m		14.080m	
Pont du Zaïre	900m	20.138	740m	17.694	1.170m	34.529
Autres Ponts	200m	360	410m	775	300m	535
Tunnels	10.650m	11.887	8.500m	9.780	3.950m	4.717
Remblayage, Déblayage	5.700m	384	8.460m	576	8.660m	557
Route de rac- cordement	1.600m	506	5.300m jusqu' à l'aéroport	1.680	16.000m	5.386
Total (en mille zafres)		33.275		30.505		45.724

5.2.8 Tronçon entre le Zaïre et la gare de Matadi (139 à 142 km)

La voie doit joindre l'actuel C. F. M. K. à la gare de Matadi. La gare de Matadi est située à 15 mètres au-dessus du niveau de la mer alors que la hauteur du pont du Zaïre est de 60 mètres. La construction d'une voie de dérivation sur la rive gauche du Zaïre pour la liaison avec le C. F. M. K. est indispensable et demande la construction de trois tunnels de 1900, 400 et 250 mètres.

La nature de la roche est très dure car elle est constituée de hornblendes sur la rive gauche, près des piliers du pont. On essaiera de faire passer au maximum la ligne de dérivation sur ce terrain et on utilisera un rayon de courbure de 400 mètres.

5.2.9 Conclusion

(1) Tronçon Banana-Boma (0 km - 85 km)

La ligne traverse surtout dans cette région une zone de côtes, c'est pourquoi le trajet de voie est bon, les ouvrages d'art et les terrassements peu nombreux. Mises à part la région de Monclithe et la traversée de la zone marécageuse, les travaux sont relativement faciles.

(2) La ville de Boma (85 km - 92 km)

Le relief de la ville de Boma est accidenté et il y a de nombreux établissements publics, ce qui rend le choix du trajet difficile. Mais d'après la présente sélection, la traversée de Boma a été rendue possible sans qu'il soit nécessaire d'adopter une courbe inférieure au rayon minimal de 400 mètres et sans causer aucune gêne au fonctionnement des établissements publics. Le principe de base lors du choix du trajet dans Boma a été d'éviter de couper la circulation de la ville et, pour des raisons de sécurité, le croisement avec les routes principales se fait sur deux niveaux. Ces croisements sont relativement nombreux puisque le trajet traverse la ville.

Il y a aussi des travaux annexes comme le détournement des cours d'eau de la rivière Kalamu qui rendent les travaux quelque peu difficiles.

(3) Tronçon Boma-Matadi (92 km - 146 km)

Sur ce tronçon les ouvrages d'art sont nombreux, la longueur des tunnels importante et les ponts se trouvent entre les tunnels. Le relief est complexe avec peu de plaine, ce qui laisse présager que le transport et le stockage des matériaux ne seront pas aisés.

Ce tronçon sera celui où les travaux seront les plus durs de toute la ligne. Il sera de plus, peut-être nécessaire lorsqu'on aura dressé les plans détaillés, de modifier un peu le trajet ou les ouvrages d'art initialement prévus.

Les détails de trajet choisi en fonction des idées du paragraphe 5.2.1. sont indiqués sur les figures planes et du profil longitudinal jointes en annexe.

Les quantités et les chiffres principaux de ce trajet sont les suivants:

Longueur totale de l'axe Banana Matadi	146, 110 km
Pente maximale	12, 5 ‰
Longueur de section avec pente maximale	3, 060 km
Rayon minimal de courbe	400 m
Nombre de rayons minimaux	50
Nombre total de courbes	140
Longueur totale des courbes	55, 610 km
Rapport des courbes/longueur totale	38%
Nombre de ponts (Pont du Zaïre inclus)	39
Longueur totale des ponts	1. 900 m
Nombre de tunnels	20
Longueur totale des tunnels	16. 330 m
Nombre de viaducs	210
Volume total d'excavation	2871 milliers m ³
Volume moyen excavé par km	19, 650 m ³

Le choix du trajet a été fait en prévision de l'augmentation de la vitesse d'exploitation. C'est pourquoi on a réduit le nombre de courbes et la pente est douce, la longueur de ponts et de tunnels est plus grande et de plus grands travaux de terrassement sont nécessaires. S'il était permis de choisir un rayon de courbure de 300 mètres et une pente de 15% ou même des spécifications inférieures, il est très clair que les coûts de construction seront moins élevés.

(Cf Dessin No 1)

5.3 Construction des ouvrages d'art

5.3.1 Généralités

De nombreux ouvrages d'art sont dessinés pour l'axe ferroviaire Banana - Matadi, à cause de l'itinéraire choisi. En effet, la voie ayant été décidée parallèle au fleuve Zaïre, non seulement elle doit traverser les différents affluents du Zaïre, mais encore elle doit traverser la ville de Boma, et la région montagneuse située entre Boma et Matadi.

On parlera du pont du Zaïre et de la construction des gares dans un autre chapitre. Dans celui-ci on traitera seulement des ponts, autres que celui du Zaïre, des tunnels, des viaducs et des murs de soutènement.

Les programmes relatifs à ces ouvrages d'art ont été élaborés à partir des cartes topographiques à 1/10.000 schématisées, des photographies aériennes et des documents amassés lors de l'étude sur place.

5.3.2 Ponts ordinaires

Des ponts seront construits pour traverser les cours d'eau, les routes et les voies ferrées. Le choix de la longueur de portée du pont est fait du point de vue du coût de construction le plus économique de l'infrastructure et de la superstructure, sauf dans des cas particuliers. Quatre normes ont été retenues, elles sont de 10, 20, 30 et 60 mètres. Après une comparaison économique, on a décidé que les ponts de 10 mètres seront en béton armé, ceux de 20 et 30 mètres auront des poutres à âme pleine en acier et ceux de 60 mètres des poutres à treillis en acier.

On a calculé au Bureau d'études des ouvrages d'art des Chemins de Fer japonais, au moyen d'un ordinateur, le poids d'acier approximatif pour chacun des ponts qui sera construit, ayant pris comme charge vivante, celle employée par l'actuel chemin de fer Matadi - Kinshasa;

Pour déterminer la portée entre parements pour traverser les cours d'eau uniquement, on a d'abord examiné les conditions topographiques d'après les cartes à 1/10.000 et les photographies aériennes, pour obtenir la surface du bassin sur une carte topographique à 1/100.000 et supposer la quantité de pluie pendant quatre heures d'affilée pour une chute de 50 mm/heure. Le débit a été ensuite calculé par la méthode rationnelle.

Les piles et culées prévues pour l'infrastructure sont soit du type gravitation, soit en T renversé, soit du type cylindrique. Les travaux de fondation seront une fondation directe, dans les endroits où la couche de support est mince, et les pieux flottants doivent être efficaces aux endroits où les couches de support sont profonds, comme dans les marécages.

Le tableau ci-dessous est la liste des ponts ayant plus de trente mètres.

Tableau 5.3.2.1 Ponts ordinaires

Situation	Nom	Portée (m)
18 ^k 440 ^m	Luibi	2 x 20 = 40 m
39 ^k 000 ^m	Bola	3 x 20 = 60 m
51 ^k 650 ^m	Mangenzo	3 x 20 = 60 m
59 ^k 800 ^m	Tombo	10 + 20 = 30 m
66 ^k 650 ^m	Lukungu	2 x 20 + 3 x 30 = 130 m
88 ^k 440 ^m	Kalamu	1 x 30 = 30 m
98 ^k 700 ^m	Mao	2 x 30 = 60 m
111 ^k 000 ^m	Donda	3 x 20 = 60 m
130 ^k 400 ^m	Lufu	2 x 10 + 30 = 50 m
133 ^k 535 ^m	Lukungu	1 x 30 = 30 m
134 ^k 240 ^m	"	" 30 m
134 ^k 480 ^m	"	" 30 m
135 ^k 000 ^m	"	" 30 m
135 ^k 130 ^m	"	" 30 m
138 ^k 730 ^m	Wolongo	3 x 30 + 60 = 150 m
140 ^k 730 ^m	-	2 x 20 = 40 m

5.3.3 Pont sur le Zaïre

(1) Problèmes d'adoption du pont mixte rail-route

Les trois positions de construction de pont impliquent toutes, la construction d'un grand pont. La longueur de portée principale

du pont en amont est de 540 m, celui du cours moyen de 500 m et celui en aval de 860 m. La meilleure forme serait d'adopter un pont suspendu, généralement et déjà fréquemment construit pour les ponts routiers. Mais cette structure de pont est celle qui fléchit le plus et faire passer à grande vitesse un train du charge présente un certain nombre de problèmes. Mais, au Japon, les ponts qui doivent être prochainement construits pour relier l'île de Hondo à l'île de Shikoku sont suspendus, et certains ont une portée principale de 660 ou même de 1500 mètres. Des études et des recherches effectuées depuis plus de dix ans ont réglé les problèmes techniques de construction d'un pont suspendu mixte ferroviaire et routier et ont rendu leur adoption possible. D'après les documents d'étude, la portée principale du pont au cours moyen est de 500 mètres et l'on peut envisager de prendre le treillis par la méthode en encorbellement comme type de pont qui permet d'avoir peu de flèche, mais après avoir dessiné un plan général et estimé le coût des travaux de la superstructure, il s'est avéré que c'était la structure suspendue, qui était la plus avantageuse. Pour les ponts en amont et en aval, la longueur de portée étant plus importante que pour le cas du pont au cours moyen, il est inutile d'envisager d'autres structures que celle du pont suspendu.

Le problème provoqué par l'adoption du pont-suspendu comme pont-rail est influencée par le passage de trains à grand-vitesse. L'influence dynamique entraînée par le passage des trains pose des problèmes suivants: C'est l'augmentation de la contrainte par vibration de poutres longitudinales et qui est en relation avec la vitesse du train. Ce problème peut être résolu par le choix d'un coefficient de choc.

La plupart de la charge morte de la poutre-longitudinal est chargée par les câbles principaux; un moment fléchissant positif et négatif est produit.

La solution à ce problème peut être fournie par la vérification de la contrainte, en tenant compte de la relation qui existe entre l'importance de la charge variable retenue pour la vérification statique et la charge variable qui passe constamment et de la fréquence de la charge utile variable. On doit ensuite pouvoir dresser des plans de sécurité.

On doit examiner en ce qui concerne l'influence des vibrations et des flèches de pont sur l'avancement des trains la sécurité des trains en marche, et les problèmes posés lors du passage des trains pour les parties de plissement des rails des pylônes principaux.

Mais, comme on l'a déjà dit plus haut, on dispose de résultats théoriques et expérimentaux de recherches faites au Japon et les techniques qui y ont été mises au point peuvent directement être appliquées pour la construction du pont du Zaïre.

Par ailleurs, il ne faut pas oublier que les poutres longitudinales et les rails peuvent enregistrer une certaine élasticité en fonction des variations de température ou des charges variables. Il serait nécessaire d'y adopter un appareil de dilatation des rails.

(2) Conditions de l'élaboration des plans

Pour pouvoir comparer les trois propositions de construction de pont, il a fallu préparer des plans approximatifs pour chacune d'entre elles pour examiner le coût et la durée des travaux et les points techniques. Ces plans approximatifs ont été élaborés à partir des documents relatifs à la construction des ponts entre Hondo et Shikoku et des conditions suivantes:

1) Gabarit des voies

La ligne sur le pont sera à voie unique et le gabarit choisi sera le même que celui des autres tronçons, indiqué au paragraphe 4. 2. 3. Un passage sera aménagé dans le but d'entretenir la voie ferrée.

2) Charge d'un train

La charge adoptée est celle examinée au chapitre 4. 2. 4 et utilisée par le C. F. M. K. La charge uniforme convertie utilisée pour les calculs du pont suspendu tient compte du cas où les wagons de marchandises sont remorqués par trois locomotives et du cas où la charge remorquée est de 2.000 tonnes pour une longueur de trains de 350 mètres. Elle a donc été décidée à 6,7 t/m. Mais pour les madriers, les treillis transversaux et les suspensions, on applique directement la charge de norme.

3) Structure transversale de la route

La route sera formée de deux voies, ayant un largeur de 3,5 mètres et des trottoirs ayant 2 mètres de large seront prévus sur les deux côtés de la chaussée.

4) Charge automobile

On adopte HS 20-44, prévue par la norme AASHO.

5) Charge humaine

La charge humaine sur les trottoirs et le passage d'entretien est estimée à 300 kg/m^2 et l'on ne l'ajoute, ni à la charge des trains ni à celle des automobiles.

6) Charge du vent

La vitesse et l'orientation du vent à l'emplacement prévu pour le pont n'ont pas été observée, mais il n'y a ni mousson, ni typhon dans cette région et d'après les explications de l'Institut de Météorologie, la plus grande vitesse de vent enregistrée est celle du vent accompagnant les orages. On a pris comme référence la plus grande vitesse enregistrée à Kinshasa et à Matadi, qui respectivement est de 102 km/h et 100 km/h , on a pris une marge et la vitesse retenue pour élaborer les plans est de 126 km/h ou 35 m/sec . Et la charge de vent au passage des trains retenue est de 30 m/s , pour des raisons de sécurité du fait que la vitesse de vent limite d'exploitation, quand le vent est fort, étant inférieure à 30 m/s .

7) Variations de température

Les limites de variation de température retenues sont de plus ou moins 15°C autour de 30°C . Elles ont été ainsi évaluées d'après les documents du centre d'observation de Matadi et du Centre d'observation Matadi-Tschimpi, qui nous ont été remis par la Météorologie zaïroise.

8) Pente longitudinale

La pente longitudinale de la voie ferrée sur le pont est de 5% parabolique sur l'axe central, 10% sur ses deux côtés et la pente transversale de la route sera de $1,5\%$.

9) Hauteur des piliers du pont

L'emplacement de construction du pont prévu par la construction de celui-ci en aval ou au cours moyen oblige à garder une certaine hauteur sous le pont pour laisser le passage aux grands navires désirant se rendre au port de Matadi. On évalue à dix mille tonnes, le tonnage des navires allant à Matadi et un espace de 40 mètres est nécessaire sous le pont. Le pont qui serait construit au cours supérieur étant en amont du port, le problème du passage des navires ne se pose pas. Il faudrait décider

un hauteur de plateforme en fonction des relations avec les autres routes et voies ferrées.

10) Autres conditions

Les autres conditions seront déterminées d'après les normes en vigueur dans les Chemins de fer japonais ou utilisées pour la construction des ponts de liaison entre Hondo et Shikoku.

(3) Plans approximatifs

1) Disposition de la voie ferrée et de la route

Comme il a déjà été dit, ce pont sera un pont mixte. On peut soit du point de vue de l'aménagement choisir une disposition où la voie ferrée serait parallèle à la route, soit choisir une disposition où elles seront disposées sur deux hauteurs,

Si la voie ferrée et la route se trouvent disposées sur un même niveau, on aurait une largeur de treillis plus grande que si elles étaient sur deux niveaux différents, et on pourrait construire un pont peu épais, ce qui est un avantage pour la résistance au vent. Mais cette solution possède des inconvénients suivants:

Si la voie ferrée est installée au milieu du pont et que les routes sont disposées de part et d'autre de la voie ferrée, la structure de l'embranchement serait très complexe pour pouvoir séparer la voie ferrée et les routes. Par ailleurs, si les routes sont à voie unique sur les côtés de la voie ferrée, en cas d'accident routier, les perturbations du trafic automobile seraient importantes.

Si l'on dispose ^{autre côté} les deux voies de la route au milieu et la ^{sur un côté du pont} voie ferrée sur un côté du pont, les défauts que l'on vient de citer ci-dessus, disparaissent, mais la charge des trains va provoquer une torsion et un défaut structurel grave.

Il a finalement été décidé que pour ce pont, la structure qui sera adoptée, en tenant compte aussi du relief de son site, est celle à deux niveaux. La voie ferrée qui a une limite sévère de pente longitudinale passera sur le niveau inférieur, le niveau supérieur étant réservé aux automobiles.

2) Proposition du pont en amont

Le pont en amont aurait, comme l'indique le dessin No 29, une portée principale de 540 mètres et les piles seront installées sur la rive gauche et sur le petit îlot de la rive droite. D'après le relief des deux rives, la structure du pont suspendu qui sera adoptée, est le modèle où seule la portée principale est suspendue par le câble et les portées de côté se trouvant sur la terre, on utilisera les treillis ou les poutres à âme pleine avec piles. Cette structure est plus économique que celle où, même les portées de côté sont suspendues par le câble.

De plus cette structure a l'avantage suivant: Il a moins de variation d'angle et de déplacement horizontal des extrémités de treillis de renforcement provoqué par le passage du train à la situation de pylône principal.

Son influence sur la marche des trains est donc réduite et c'est aussi avantageux pour l'appareil de dilatation des rails.

Cette structure du pont est celle qui sera adoptée également pour le pont au cours moyen et pour le pont en aval.

Sur la rive gauche, les montagnes étant fort proches, on traverse le C. F. M. K. par les poutres métalliques de 25 mètres de portée, pour entrer tout de suite dans un tunnel. Sur la rive droite, on construit les piles du pont sur l'îlot et sur la rive, et on installe aussi trois treillis de 70 mètres, un treillis de 60 mètres et deux poutres à âme pleine de 25 mètres avant d'entrer dans le tunnel.

A cet endroit, le relief des deux rives n'étant pas symétrique, le bloc d'ancrage du câble porteur sur la rive gauche sera situé en hauteur, près du pylône principal, alors que sur la rive droite, il sera situé plus bas, au bord du fleuve.

La hauteur du pont a été décidé à + 36 mètres du niveau d'eau, pour des raisons de raccordement avec la voie ferrée.

On peut donc maintenir une hauteur de 20 mètres sous le pont, lorsque le niveau d'eau est le plus élevé.

3) Pont du cours moyen

Le pont du cours moyen est comme l'indique le dessin No 30, un pont dont la portée principale est de 500 mètres et dont les piles du pylône principal seront construites sur les piles du deux rives.

La portée de côté sur la rive gauche est une poutre de treillis de 60 mètres et trois poutre à âme pleine de 20 mètres et il y a deux poutre de treillis de 60 mètres sur la rive droite avant d'entrer dans le tunnel.

La hauteur de la plateforme du pont sera de + 60 mètres au dessus du niveau de la mer, pour permettre le passage de grands bateaux de haute mer:

niveau du fleuve Zafré	11,0 m
espace sous le pont	40,0 m
épaisseur de poutre jusque niveau du rail	2,0 m
flèche de poutre et autres	2,0 m
marge	5,0 m
	<hr/>
total	60,0 m

Le dessin No 32 est le plan d'un pont à treillis par méthode en encorbellement qui a été dessiné pour servir de comparaison, et qui permet de voir que cette structure demande environ 21.600 tonnes d'acier, alors qu'un pont suspendu n'en nécessite que 11.800 tonnes. D'autre part ce modèle de pont a les désavantages suivants: l'espace de 40 mètres ne peut être obtenu que sur 80 mètres au milieu du fleuve et aux endroits où le courant du fleuve est rapide, les voies de navigation ne peuvent être assurées.

4) Pont en aval

Le pont en aval, tel qu'il est indiqué au dessin No 31, a les piles du pylône principal construites sur les deux rives et une portée principale de 860 mètres qui est la portée la plus importante des trois propositions de pont. L'emplacement prévu par cette proposition se situe à un endroit où le relief est analogue sur les deux rives. Deux poutres de treillis de 60 mètres sur la rive gauche, trois de treillis de 60 mètres également sur la rive droite seront construites

avant d'entre dans les tunnels.

La hauteur de la plateforme de pont sera la même que celle du pont au cours moyen à l'endroit du pylône principal, elle sera de + 60 mètres.

5) Infrastructure

Comme, on a dit au chapitre relatif à l'aspect géologique du terrain, exceptée la rive gauche de la proposition de construction d'un pont en aval, le reste des emplacements ne présentent pas de problèmes de fondation pour l'infrastructure. Mais, des études de forage n'ayant pas été effectuées pour les piliers du pylône principal et les blocs d'ancrage, il faudrait, lorsqu'on commencera à dresser les plans détaillés, procéder à ces études. D'après une observation sur place, on constate que les roches sont altérées assez profondément et ils ont beaucoup de fissure, il faudrait faire une étude géologique précise pour décider l'emplacement, la dimension et la profondeur du bloc d'ancrage où une grande force horizontale agit. Surtout, pour l'emplacement prévu dans la projet du pont en amont, une précaution suffisante doit être prise sur la rive gauche en raison de son relief. Dans les plans actuels, l'on a adopté la structure de l'ancrage où l'on creuse d'abord la roche, ensuite on fait couler des blocs de béton, c'est le système dit par gravitation. Mais si c'est possible d'après les études géologiques, on adoptera plutôt le système qui consiste à damer la roche par injection et ensuite à installer une galerie d'ancrage ayant une longueur appropriée. Ce système est plus économique que le premier.

Les fondations des culées et des piles des portées de côté seront directement construites sur les rochers après avoir creusé environ cinq mètres.

6) Frais des travaux

Le tableau compare la quantité des travaux et des frais de construction des trois ponts, évalués d'après les résultats des plans approximatifs et des documents obtenus lors de l'étude sur place.

Tableau 5.3.3.1 Comparaison des frais de construction
du pont du Zaïre

	Pont en amont			Pont au cours moyen			Pont en aval		
	Quantité	Prix unitaire (Zaïre)	Total (millier de Zaïre)	Quantité	Prix unitaire (Zaïre)	Total (millier de Zaïre)	Quantité	Prix unitaire (Zaïre)	Total (millier de Zaïre)
Excavation (m ³)	116.550	3.155	367,7	95.700	2.104	201,4	124.900	2.848	355,7
Béton d'ancrage (m ³)	77.100	40.129	3.093,9	58.100	33.495	1.946,1	109.200	43.528	4.753,3
Béton des culées et des piles (m ³)	21.200	62.460	1.324,2	38.600	44.660	1.723,9	24.400	53.560	1.306,9
Total			4.785,8			3.871,4			6.415,9
Fabrication et transport du pont suspendu (t)	12.660	543.690	6.883,1	11.790	543.689	6.410,1	24.420	543.689	13.276,9
Montage du pont (t)	12.660	545.307	6.903,6	11.790	545.307	6.429,2	24.420	545.307	13.316,4
Fabrication et transport des treillis et poutres à âme pleine (t)	1.490	469.256	699,2	920	469.256	431,7	1.400	469.256	657,0
Montage des treillis et poutres à âme pleine (t)	1.490	537.217	800,5	920	537.217	494,2	1.400	537.217	752,1
Total			15.286,4			13.765,2			28.002,4
Total Général			20.072,2			17.636,6			34.418,3

5. 3. 4 Tunnels

Il est pratiquement impossible entre Boma et Matadi de déterminer le trajet de la voie sans construire de tunnels, car la région est très montagneuse et altérée de façon complexe et en plus dans de nombreux endroits, les pentes abruptes surplombent le Zaïre.

D'après l'étude sur place, les roches de la région sont plutôt dures et de bonne qualité, mais, partiellement des fissures se sont développées et l'on craint qu'il y ait jaillissement d'eau. C'est pourquoi, lorsqu'on dessinera les plans détaillés, il faudra en même temps que l'étude géologique faite par le forage et le sondage par ondes élastiques, procéder à un forage préalable à l'exécution des travaux.

Le gabarit de la coupe des tunnels adopté se base sur celui du C. F. M. K. et a été choisi, en tenant compte de la future électrification et du transport des marchandises encombrantes. Le dessin No 24 indique la coupe définitive, l'épaisseur de revêtement sera de 60 centimètres dans les parties proches des entrées de tunnel et les parties où l'on craint une infiltration d'eau et ailleurs, il sera de 30 centimètres. Le dessin No 26 représente le schéma général d'un tunnel type.

Le tableau 5. 3. 4. 1 est la liste des tunnels dont la construction a été prévue.

Tableau 5. 3. 4. 1 Liste des tunnels

Emplacement à partir du point de départ	Longueur
90, 76 km	400 m
91, 94	150
96, 44	450
102, 20	220
102, 72	1. 700
105, 08	500
105, 90	520
113, 10	1. 050
114, 80	2. 640
119, 29	200
130, 93	700
131, 91	600
132, 79	400
133, 56	150
133, 91	250
135, 36	3. 250
138, 87	600
140, 78	1. 900
143, 18	400
144, 08	250

5.3.5 Viaducs

Les structures de viaducs qui ont été envisagées sont celles de type carré et de type de tuyau. Autrement dit comme plans standards, on a supposé qu'on adopterait les viaducs de type carré de 3m x 3m ou de type tuyau ayant un diamètre de un mètre.

On a utilisé la méthode expérimentale qui a dans le passé obtenu de nombreux résultats, celle de Talbot pour déterminer la section de passage de l'eau.

5.3.6 Murs de soutènement

Les murs de soutènement seront construits dans les tronçons où la voie passe sur les pentes escarpées, pour réduire les travaux de terrassement et dans le but d'être économique.

Leur emplacement a été choisi d'après la carte topographique à 1/10.000, en tenant compte de la déclivité des pentes.

5.3.7 Terrassements

Les travaux de terrassement qui poseront des problèmes sur la voie Banana - Matadi, seront ceux de remblayage dans les marais et ceux des sections en pente.

La terre des marécages, serait une terre de la classe A - 6, d'après l'échantillon prélevé. Cette couche doit être assez épaisse et il est sans doute impossible de la permuter. On pense que l'affaissement dû à la consolidation doit être relativement important. Il faudra donc utiliser soit un drainage de sable soit la méthode de "Preloading" pour accélérer la consolidation. Mais la méthode qui sera finalement adoptée sera choisie en fonction des plans détaillés.

Par ailleurs, la voie de l'axe Banana-Matadi sera construite sur d'assez nombreux tronçons sur ce qui a été déblayé et remblayé sur les pentes des montagnes. Sur certains terrains, on peut craindre que l'infiltration d'eau provoque un glissement de terrain, c'est pourquoi, lors de déblayage en montagne, il faut veiller à ce que le système d'évacuation d'eau soit suffisant.

5.4 Equipement des gares

5.4.1 Idées fondamentales

On pense aux installations suivantes des gares en fonction des normes de constructions des gares établies au paragraphe 4.6:

(1) Il est prévu dans la région de Banana, parallèlement à la construction du nouveau port, de procéder à un développement industriel de grande envergure autour du pétrole, de la pétrochimie, de l'aluminium. La région de Moanda, par ailleurs a des possibilités d'avenir comme région de tourisme et de loisirs à cause de son site particulièrement privilégié.

La gare de triage de Banana sera construite en fonction du programme de développement régional qui comprend la construction du port et d'une zone industrielle près du littoral, et une gare de voyageurs sera construite sous le plateau à l'est, près de l'actuelle ville de Moanda.

(2) La gare de Boma est la seule gare d'arrêt importante de l'axe Banana-Matadi et on la construira à l'emplacement le plus pratique pour la correspondance avec la ligne de Mayumbe et pour le rassemblement et la redistribution des voyageurs et des marchandises.

(3) La gare de Matadi est à la fois la gare terminus du CFMK et une gare de triage du port de Matadi. La ligne principale de transit sera installée de façon à ce que les travaux de réaménagement des équipements actuels, consécutifs à la prolongation de la ligne Banana Matadi soient les plus minimales possibles.

(4) Les autres gares d'arrêt ont plutôt un rôle de poste de signalisation, pour augmenter la capacité de la ligne et seront construites tous les vingt kilomètres.

On projette de construire quatre gares entre Banana et Boma, et deux gares entre Boma et Matadi. La longueur efficace de la ligne des gares sera de 700 mètres pour correspondre à la capacité de traction de 2000 tonnes. Au début de la mise en service, les gares de passage ne posséderont que des installations pour les voyageurs et on ne s'occupera de celles pour les marchandises que quand les besoins apparaîtront.

5.4.2 La gare de Banana

La région de Banana et Moanda s'étend sur la côte de l'Atlantique sur une quarantaine de kilomètres environ. L'on a déjà signalé l'avenir touristique de la ville de Moanda et l'expansion industrielle attendue de Banana, grâce à la construction du port et au plan de développement régional. Cette région devrait ainsi devenir le noyau de l'industrialisation zafroise.

Compte tenu des particularités de ces deux villes, on aurait avantage à construire deux gares distinctes, l'une de voyageurs à Moanda et l'une de marchandises à Banana pour le triage, pour les raisons suivantes:

- 1) La gare de triage de Banana sera construite à un endroit jugé le plus approprié par les divers facteurs: liaison avec le nouveau port, développement industriel et conditions géographiques, c'est-à-dire sur un terrain relativement vaste et plat.
- 2) La gare de voyageurs sera construite à Moanda, ayant été jugé que la ville de Moanda aura dans l'avenir une population importante et pour des raisons d'urbanisme.
- 3) La gare de voyageurs doit être construite à l'endroit le plus pratique pour les usagers et approprié du point de vue de l'aménagement urbain, alors que si l'on construit une gare de triage au même endroit, celle-ci peut devenir un obstacle à l'essor urbain.

Bien qu'il soit plus facile pour la gestion et le contrôle que les deux services, voyageurs et marchandises, soient regroupés dans une même gare, on a décidé de les séparer en raison des avantages ci-mentionnés, des facilités de travaux et de l'urbanisme dans l'avenir.

(1) Gare de triage

Le rôle principal de la gare de triage de Banana est d'assurer la manœuvre des wagons pour le nouveau port et la zone industrielle du littoral. C'est pourquoi, son emplacement doit être choisi en fonction du plan régional de développement. Il faut aussi que le coût de cette construction soit le plus minime possible. On a donc décidé de construire la gare de triage sur un plateau de 10 à 15 mètres, situé entre 2 et 4 kilomètres au sud-est de Moanda. Son importance prévue est indiquée par les données suivantes:

- 1) le tonnage manipulé prévu de cette gare est de 3, 4 millions de tonnes en 1985 (voir 3.1.3). On a donc retenu 10 mille tonnes/jour pour la charge de cette gare, compte tenu des fluctuations.
- 2) la charge moyenne des wagons a été estimée à 18 tonnes/wagon pour tous les wagons.

3) on estime que le nombre de wagons traités par jour sera de 560 wagons par jour, (10.000/18) mais des possibilités d'extension doivent être largement étudiées pour pouvoir traiter en l'an 2000, 8, 4 millions de tonnes de marchandises, soit 1500 wagons par jour.

Le dessin No 34 indique les faisceaux et la disposition des voies .

a) Les voies d'arrivée et de départ seront placées à l'est de la voie directe, ayant une longueur effective de 700 mètres. On estime qu'au début, deux lignes seront suffisantes, mais quatre lignes sont prévues pour l'avenir.

b) Une voie de tiroir sera construite du côté de Moanda avec une longueur effective de 350 mètres pour trier un train en deux fois.

c) La longueur effective des voies de classement serait de:

$$560 \text{ wagons} \times 13,4 \times \frac{1}{1,5} = 5.000 \text{ mètres,}$$

si l'on estime la rotation des wagons sur les voies de classement à 1,5 fois par jour. Mais on prévoit neuf voies de classement et neuf voies de formation pour avoir une marge de capacité près de 350 mètres.

d) Le dépôt des locomotives sera construit à la bifurcation de la voie principale et la voie du port.

e) Le dépôt des wagons sera construit à l'est de la voie de débranchement.

f) Des équipements de manutention des marchandises ayant une capacité d'environ 100 mille tonnes par an seront construits près de la voie tiroir.

g) On prévoit trois voies de garage et deux voies de nettoyage sur le côté ouest de la voie principale pour les voitures voyageurs.

(2) Gare de voyageurs

La gare de Moanda sera essentiellement consacrée au service des voyageurs et l'on essaiera de la construire le plus près possible de la ville qui s'est développée sur un terrain en terrasse. L'emplacement prévu se trouve sous la terrasse,

au sud de la ville. Le quai sera large de 4 mètres et long de 270 mètres. Deux voies d'arrivée et de départ seront construites de part et d'autre du quai et, à l'extrémité des quais, une voie de circulation des machines sera construite. Dans ce cas, les trains, par exemple, les rames automotrices, ne présentent pas de problèmes, mais si ce sont des trains mixtes, il faut détacher les wagons de marchandises à la gare de triage de Banana, et seuls les trains composés de voitures voyageurs circuleront entre Banana et Moanada. Mais, bien entendu, il sera possible de renforcer les équipements de service des voyageurs prévus à Banana, en fonction de l'évolution des besoins de transport.

5. 4. 3 La gare de Boma

La ville de Boma est située à 87 kilomètres de Banana et à 60 kilomètres de Matadi et a une population de 60 mille d'habitants. Le tonnage total traité au port de Boma est d'environ 180 mille tonnes par an. Le chemin de fer de Mayumbe part de Boma et parcourt une distance de 136 kilomètres, jusqu' à Tschela. On trouve le long de cette ligne une riche ressource humaine et des ressources agricoles et forestières abondantes et variées.

Les éléments qui ont été retenus pour déterminer l'emplacement de la gare sont les suivants:

- 1) la gare doit être proche du centre-ville
- 2) l'accès aux routes principales doit être facile
- 3) la liaison avec la ligne de Mayumbe doit être facile
- 4) on ne doit pas perturber le fonctionnement des divers services de la ville, mais les obstacles doivent être peu nombreux près de la gare.

L'emplacement qui a été finalement choisi se trouve à 500 mètres au nord de l'actuelle gare de Boma du chemin de fer de Mayumbe, dans une région marécageuse de la rivière Kalamu et qui est parallèle à la route nationale.

(1) Equipement de manutention de marchandises

Des équipements de manutention seront prévus, mais l'essentiel est que cette gare soit située à un endroit facile pour la liaison avec le chemin de fer de Mayumbe. L'écartement actuel du chemin de fer de Mayumbe est de 600 mm, mais, il est prévu de le changer pour le rendre égal à celui

de la voie ferrée Banana - Matadi. C'est pourquoi, on distingue deux périodes, celle située avant l'écartement et celle après.

a) Avant la modification d'écartement

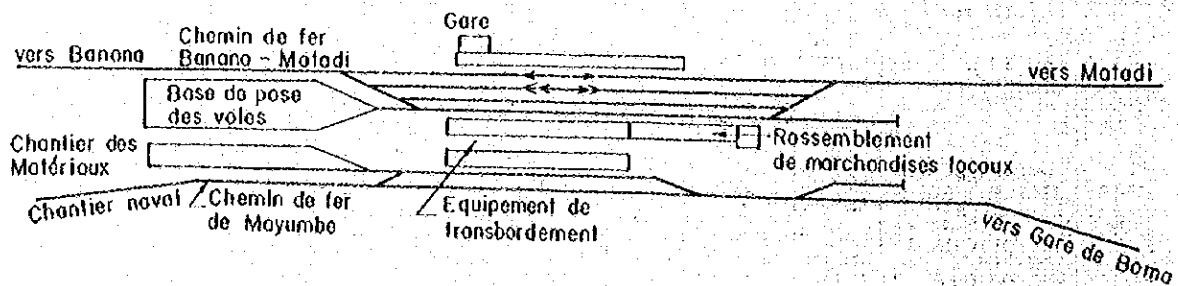
Deux voies seront prévues sur le côté sud de la voie d'évitement pour le débordement et le triage. Mais la voie de débord sera prévue ailleurs, car il y a de nombreux wagons-citernes pour l'huile de palme, par exemple.

Sur le chemin de fer de Mayumbe, un embranchement particulier part de la gare actuelle de Mayumbe en direction du chantier naval. Cette voie d'usine est parallèle à la nouvelle ligne et une voie pour le débordement et une autre pour les wagons-citernes seront construites en bifurcation à partir de cette voie d'usine.

La distance entre les voies de débord sera d'environ 30 mètres, avec le quais de 200 mètres ayant une largeur de 10 mètres et les chariots transporteurs assurent le transbordement des marchandises entre les deux voies. Pour marchandises de départ et d'arrivée on utilisera une zone située à 50 mètres à l'est de la voie de débord de la nouvelle ligne.

Le volume des marchandises traité au début de la mise en service ne sera pas si important, mais pendant les travaux de construction de la nouvelle ligne, il est prévu d'utiliser la gare de triage de Boma pour le dépôt des matériaux (poutres métalliques, rails et autres pièces), qui seront importés et débarqués au port de Boma. Il est prévu d'utiliser également cet emplacement comme base des travaux pour la pose des rails, et c'est là où seront montés les longueurs de voie. L'emplacement prévu se trouve à l'ouest du chantier de transbordement.

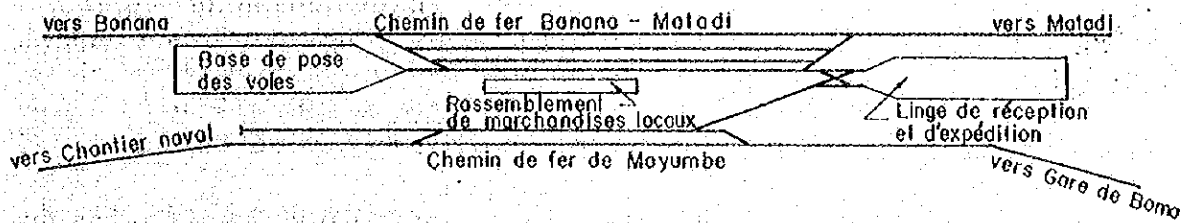
Fig. 5. 4. 3. 1



b) Après la modification d'écartement

Lorsque l'écartement du chemin de fer de Mayumbe sera le même que celui de l'axe ferroviaire Banana - Matadi, une voie de raccordement des wagons sera construite près de la voie de débord des wagons-citernes afin d'assurer une liaison entre les deux lignes.

Fig. 5. 4. 3. 2



(2) Equipements de service de voyageurs

Des quais seront construits en face des quais de marchandises et auront 4 mètres de large et 230 mètres de long. Si le bâtiment et la place de la gare sont construits du côté de Banana, on aura une liaison directe avec la route nationale.

5. 4. 4 La gare de Matadi

La gare de Matadi est actuellement le terminus de la ligne du C. F. M. K. et un embranchement particulier rejoint le quai d'Ango-Ango. Le tracé de ce dernier est mauvais et, dans la gare même, les dispositions des voies sont très complexes. Des grandes modifications de l'état actuel n'étant pas la meilleure solution, on a décidé d'effectuer une légère modification, de sorte qu'à côté du dépôt, la voie, se trouvant sur la rive opposée du Zaïre puisse devenir la ligne principale. La voie pour les trains de voyageurs qui est en impasse au bout du quai sera prolongée pour se raccorder avec cette ligne principale.

D'après ce projet, les travaux de transformation des voies à l'intérieur de la gare peuvent être réduits au minimum et le fonctionnement des services peu troublé.

5. 4. 5 Gares du croisement

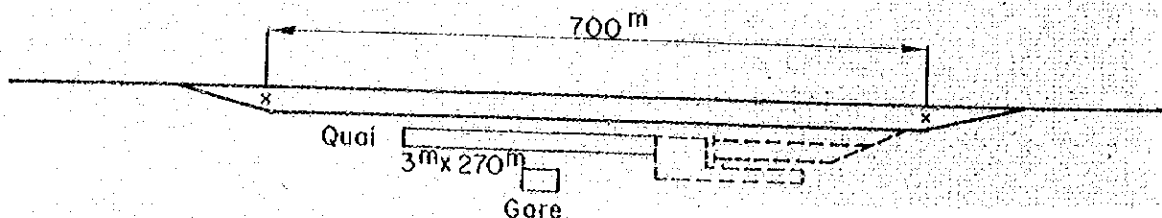
Comme, il a déjà été dit plusieurs fois, il y aura six gares du croisement espacées entre elles de 20 kilomètres. Leur emplacement devra être choisi à un endroit où le raccordement avec le réseau routier est facile, et proche des villages.

Comme il est indiqué au tableau 5. 4. 5. 1, les trains ne s'arrêtant pas doivent passer sur la voie directe, et une voie d'évitement sera construite pour le croisement et l'évitement, et cette dernière aura une longueur effective de 700 mètres, et les appareils de voie adoptés seront de 0, 083 tg.

Un quai de 3 mètres de large et de 270 mètres de long sera construit sur la voie d'évitement à côté du bâtiment de la gare en béton armé,

Les équipements pour les marchandises seront construits quand le besoin en apparaîtra après la mise en service. Pour le moment ils restent au stade du projet.

Fig. 5. 4. 5. 1



5.5 Voies

5.5.1 Structure de la voie sur plateforme

Pour réduire la durée et les coûts des travaux, on utilisera au maximum les machines pour assembler les voies aux dépôts et les poser ensuite progressivement par un côté. Ces dépôts seront utilisés, après la mise en service, comme dépôts pour l'entretien de voie. Leur nombre est déterminé en fonction de la durée de travaux et de la possibilité de transport du matériel. Pour l'instant, il serait suffisant d'avoir trois dépôts principaux Matadi, Boma et Banana. La méthode des travaux pour la pose de voie est à la suivante.

- (1) Une fois que l'assiette de la voie sera prête, on transportera par camions à benne basculante, le ballast préalablement déposé dans les dépôts pour le disperser et ensuite l'aplanir avec un bulldozer, avant de l'agglomérer avec un compresseur multiple.
- (2) Les longueurs de voie de 90 ou de 180 mètres qui ont été assemblées au dépôt seront transportées pour être posées.
- (3) Le transporteur du ballast doit disperser le ballast de la couche supérieure. L'alignement doit être fait avant la distribution du ballast supérieur.
- (4) Après que le ballast supérieur ait été dispersé, on utilise les bourreuses mécaniques pour le rendre compact.
- (5) Une fois que la tension du rail et le ballast seront stabilisés, on procède à une soudure aluminothermique des rails.

Le ballast et les traverses R. S. doivent être transportés par rail, route et bateau dans les dépôts à partir de l'usine de Cattier.

La soudure des rails sera partiellement faite à l'usine de Cattier, mais, pour la plupart des rails, elle sera faite au chantier pour avoir une longueur de 90 à 180 m.

5.5.2 Structure de la voie sur les ponts

On utilise sur les ponts métalliques, celui du Zaïre exclu, des traverses en bois.

On choisira des traverses dures ayant une bonne endurance et un traitement contre la corrosion doit être fait. Ces traverses seront fabriquées à l'usine pour avoir la meilleure précision et la finition de la surface. Une fois que les traverses ont été posées sur les poutres,

il est souhaitable de faire l'ajustement de la surface.

5.5.3 Appareils de voie

Le modèle des appareils doit être standardisés au maximum. Leur montage sera fait le plus près possible de l'endroit où ils seront disposés.

5.6 Installations électriques

La source d'électricité distribuée à
Pour la signalisation de sécurité et l'éclairage, on convertit les équipements utilisés pour les travaux de construction.

Si cela est nécessaire, on prévoira à chaque gare, soit un générateur, soit un accumulateur pour la signalisation.

En plus du téléphone ordinaire, un téléphone direct sera installé entre les gares et le centre de commande de Kinshasa.

Des boîtes terminales seront prévues pour qu'en cas d'accident ou d'urgence, on puisse connecter le téléphone portatif de secours sur le câble téléphonique et rendre ainsi les communications possibles.

5.7 Equipements d'entretien

5.7.1 Matériel roulant

On essaiera de réduire au minimum les installations pour l'entretien des matériels qui seront nécessaires par suite de l'augmentation du parc et de la prolongation des parcours.

Cependant une amélioration partielle des dépôts de Kinshasa, Thysville et de Matadi doit être nécessaire.

A Banana, des installations pour la vérification et les petites réparations des locomotives et des wagons seront prévues. Il y aura également des équipements d'alimentation en huile, eau et sable.

Un atelier pour les matériels et les moteurs électriques devrait être construit à Kinshasa lorsque le C. F. M. K. et l'axe Banana - Matadi seront électrifiés et que la Voie Nationale sera construite.

En ce qui concerne la distribution des dépôts, si l'on tient compte du rendement de rotation des matériels, sa concentration paraît être la meilleure solution. Elle permet une exploitation commune des matériels de réserve et la meilleure utilisation des installations d'entretien, sans parler des autres effets accessoires.

En conclusion, il faudrait construire, lors du renforcement du parc des matériels, un atelier principal à Kinshasa avec des installations annexes à Thysville, à Matadi et à Banana.

5.7.2 Equipements pour l'entretien de voie

Le principe de base est d'appliquer la méthode de réparation actuellement adoptée au C. F. M. K. de façon efficace, qui consiste en réparation générale (R. I.) et en réparation en cas de besoin (H. R. I.). A partir de la prévision de l'accroissement futur du volume de trafic, on choisira une structure des voies la plus économique, qui rend le total des frais d'entretien et des investissements initiaux au minimum. On utilisera les machines dans la mesure du possible, pour réduire le coût d'entretien et accroître la rentabilité de cette ligne.

Deux bourreuses mécaniques, modèle B. N. R. 60 MATISA, actuellement utilisés sont suffisantes pour les besoins du C. F. M. K. et de la nouvelle ligne. Mais, il sera sans doute nécessaire d'avoir une autre machine avec l'accroissement des tonnages de passage et de la diminution d'intervalle entre les trains.

La clef pour "l'entretien mécanique" est les équipements des dépôts et leur disposition. Autrement dit, des dépôts situés dans les endroits appropriés sont indispensables pour avoir la meilleure utilisation des machines en assurant leur stockage, l'entretien, le ravitaillement des combustibles et la manutention des matériaux d'entretien.

On prévoit deux sortes de dépôts, des dépôts de réparation et des dépôts des chantiers. Les dépôts de réparations seront des "bases principales", pour assurer les vérifications périodiques, les réparations et le dépôt des machines. En plus des installations nécessaires pour l'entretien, une voie spéciale sera aménagée pour le chargement et le déchargement des matériaux d'entretien.

Les chantiers sont plutôt des bases complémentaires des dépôts de réparation, dont le rôle essentiel est de servir de dépôt aux appareils près des chantiers, afin de mieux utiliser les temps disponibles dans l'intervalle des trains.

De façon générale, la distance entre les dépôts dépend de l'importance des travaux annuels, de la fréquence des trains et du rendement de travail lié aux performances des machines ainsi que des conditions d'implantation. Mais, pour cette ligne, il faut tenir compte, en plus de ce qui vient d'être dit, de l'utilisation des bases lors de la construction et des facilités de transport pour les matériaux importés, et des facilités de travaux. Finalement, on a choisi deux dépôts: Boma et Banana.

Des chantiers seront installés près des gares intermédiaires, en fonction de la fréquence des trains, qui dépend de l'augmentation du volume de trafic.

Sur la ligne C. F. M. K., à Cattier, il y a un atelier magasin et il est projeté d'en faire un centre de révision et de réparation des machines pour l'entretien des voies. Les réparations importantes y seront centralisées et les réparations de moindre importance et l'échange des pièces ne seront pas effectués dans les trois bases précédemment citées.

Des ^{gares} pieux de vérification, des grues et autres équipements d'entretien, des unités d'approvisionnement en huile et un magasin de matériaux seront construits dans toutes les bases. Il faudra également prévoir, un système d'approvisionnement en eau, des installations pour le repos des opérateurs et un magasin d'appareils.

5. 7. 3 Equipement électrique et signalisation

Avant l'électrification les équipements électriques principaux concernent, la signalisation. Il serait souhaitable que, dans la mesure du possible, l'entretien des ces équipements soit le moindre et que les dépôts d'entretien soient les mêmes que ceux des voies.

6. Programme d'exécution des travaux de chemin de fer Banana - Matadi

6.1 Volume de travaux

Le tableau 6.1.1 indique le volume de travaux nécessaires évalués d'après la carte topographique réalisée selon les photographies aériennes, à une échelle de 1/10000, et les résultats de l'étude sur place.

Tableau 6.1.1 Volume des travaux

Titre de dépenses	Catégorie de travaux	Unité	Quantité	
Assiette de la voie	Aménagement du terrain	m ²	1.930.000	
	Déblai	m ³	1.987.000	
	Remblai	m ³	2.785.000	
	Mur de soutènement en béton	m ²	49.400	
	Tuyaux en béton armé		180	
Ponts	Poutres en béton armé		13	Culées et piles incluses
	Poutres métalliques, portée 20 m		28	"
	Poutres métalliques, portée 30 m		15	"
	Poutres en treillis, portée 60 m		1	"
Tunnels	Type à voie unique	m	16.330	
Voie	Pose de 50 km de rails	km	144,6	Rails, ballast, traverses inclus
	Appareils de voie			
Gares	Bâtiments		9	Habitation, quais inclus
Equipements électriques	Equipements de communication, et de signalisation		1	Eclairage inclus

6.2 Exécution des travaux

6.2.1 Programme d'exécution des travaux

Les points suivants ont été pris en considération pour arrêter le programme d'exécution des travaux.

- (1) La durée des travaux dépend de la construction du pont du Zaïre et des grands tunnels.
- (2) Le climat de la République du Zaïre comprend une saison sèche et une saison des pluies. Les pluies sont abondantes et quotidiennes pendant la saison des pluies. Les travaux seront difficiles et peu économiques durant celle-ci.
- (3) Le matériel nécessaire pour les travaux sera importé, comme la machinerie lourde, par exemple. Il serait utile que l'emploi de ce matériel soit organisé de la façon la plus efficace.
- (4) Etant donné le peu d'expérience sur place, on peut penser ne pas trouver le nombre de techniciens nécessaires. Il serait donc utile, dès que les travaux seront entrepris d'organiser sur les chantiers, la formation technique de techniciens et de manœuvres et de les affecter ensuite sur d'autres chantiers.

Le programme d'exécution des travaux a donc été décidé en fonction de ces éléments;

- 1) Commencer d'abord les études en dessinant les plans du pont sur le Zaïre et des grands tunnels et n'entreprendre les études pour les autres sections de travaux qu'une fois que les travaux pour le pont et les tunnels sont commandés.
- 2) En principe les travaux concernant les tunnels seront faits pendant la saison sèche et la saison des pluies, alors que ceux de l'assiette de la voie qui sont des travaux de terrassement ne seront exécutés que pendant la saison sèche.
- 3) On estime que la durée de construction des tunnels et du pont du Zaïre qui détermine la durée totale des travaux, est de trois ans; diviser donc en deux parties le reste des travaux et les réaliser sur deux ans durant la saison sèche. Cette méthode doit permettre une utilisation efficace du matériel et les travaux des voies seront terminés en même temps que ceux des tunnels et du pont.

4) Pour la pose des poutres métalliques et des voies qui requiert une technique spéciale, il est prévu, afin que le travail des techniciens et l'emploi du matériel soient productifs et que la durée des travaux puisse être réduite, d'établir une base à un endroit approprié et d'exécuter les travaux progressivement à partir de celle-ci, une fois que les structures inférieures des voies et du pont sont achevées.

Le tableau 6.2.1.1 indique le programme général d'exécution des travaux décidé en fonction des considérations qu'on vient d'énumérer. Ce tableau indique clairement que la durée nécessaire entre le début des travaux et leur achèvement est de cinq années, les études incluses.

Tableau 6.2.1.1 Durée des travaux pour l'axe Banana - Matadi

	1ère année	2ème année	3ème année	4ème année	5ème année
Préparatifs, arpentage plans	—	—			
Terrassements			—	—	—
Ponts (autres que celui du Zaïre)			—	—	—
Tunnels		—	—	—	
Voie				—	—
Installations pour la mise en service				—	—
Equipements électrique				—	—
Pont du Zaïre		—	—	—	—

6.2.2 Moyens de gestion de l'exécution des travaux

(1) Organisation du contrôle des travaux

Le principe est que l'examen des plans, et le contrôle de l'exécution des travaux et de leurs étapes appartiennent au Gouvernement zaïrois ou aux responsables zaïrois chargés

des questions ferroviaires.

Mais par ailleurs, il y a peu d'expérience analogue de construction d'un chemin de fer en République du Zaïre, et la réalisation du présent projet comprend des travaux demandant des techniques spéciales, telle que la construction de grands tunnels, du pont du Zaïre et d'autres ponts. Pour le contrôle de l'exécution des travaux, l'assistance technique d'un Etat, ayant une large expérience dans ce domaine, s'avère donc indispensable. Il serait souhaitable d'inviter des techniciens étrangers ayant une expérience de programmation et de contrôle de construction d'une voie ferrée comme membres de l'équipe chargée d'organiser les travaux et de prévoir pour eux un bureau central à Kinshasa et des bureaux sur place à Matadi et à Boma pour un contrôle direct. Le bureau de Kinshasa sera chargé de contrôler l'ensemble des travaux de l'axe Banana - Matadi et sera également responsable des négociations avec le Gouvernement zaïrois et les divers organismes publics. Les bureaux de Matadi et Boma seront chargés des diverses sections de travaux et s'occupent de l'examen des plans, du contrôle de l'exécution des travaux et de leur état, et devront recevoir les directives du bureau de Kinshasa pour les questions importantes. Ces bureaux régionaux seront également responsables des relations et des négociations avec les organismes publics locaux, dans le cadre des attributions qui leur sont accordées. Il semble qu'une vingtaine d'ingénieurs étrangers serait nécessaire pour assumer ces fonctions.

(2) Organisation de l'exécution des travaux

L'organisation de l'exécution des travaux prévoit l'établissement de deux bureaux et de postes de chantier. Ces bureaux planifient l'exécution des travaux, les dirigent et sont chargés des relations avec les organismes locaux, ainsi qu'avec les bureaux de contrôle dont on a précédemment parlé. La délimitation des attributions respectives de ces deux bureaux serait plus pratique si l'on suivait le découpage administratif régional et les attributions des bureaux de contrôle.

Un poste devrait être créé sur le chantier même pour pouvoir diriger les travaux directement, et servirait en quelque sorte de base de travaux.

Ce poste sur le chantier doit non seulement diriger les ouvriers sur place, mais doit encore assurer la gestion et le contrôle du matériel et des machines de construction, ainsi que d'autres activités du chantier. Ces terrains qui serviront

de base auront un volume important de travaux à effectuer et devront être choisis à un emplacement où le transport des matériaux est aisé. Ils se déplaceront en fonction de l'état d'avancement des travaux, on pense que leur nombre serait d'environ trois à cinq entre Boma et Matadi.

Un bureau de liaison sera créé à Kinshasa pour les contacts avec le Gouvernement zafrois et les bureaux de contrôle.

(3) Direction technique sur le chantier

L'exécution des travaux requiert un grand nombre de travailleurs zafrois, mais malheureusement ce genre de travaux ayant été peu nombreux en République du Zaïre jusqu'à maintenant, on n'y trouve pas suffisamment d'ouvriers spécialisés ou qualifiés. Comme il est indiqué sur le tableau de la durée des travaux, le temps des travaux prévu est de quatre ans. Il serait par conséquent nécessaire, que dès le démarrage des travaux, on organise une formation technique des ouvriers zafrois, pour en améliorer le niveau. Les ouvriers qui auront suivi ce perfectionnement technique seront utiles même après la fin de ces travaux pour élever le niveau technique zafrois et contribuer grandement à la construction de la Voie Nationale.

On estime qu'une formation technique est nécessaire pour les opérations suivantes:

1) Travaux relatifs à l'assiette de la voie

a. Utilisation et réparation des machines de terrassement

Les machines prévues sont les suivantes: bulldozers, pelle-mécanique, pelle-tracteur, grattoir, camions à benne basculante.

b. Deblayage de roche

c. Forage

Chargement et explosion à la dynamite.

d. Utilisation et entretien des compresseurs mobiles, marteaux-piqueurs et perforatrices.

e. Remblayage

f. Construction des murs de soutènement en béton

Montage et retrait des coffrages

Montage et retrait des échaffaudages

g. Montage, utilisation et entretien des bétonneuses

Mélange de béton (mesure, addition des composants) et autres travaux relatifs à l'assiette de la voie

h. Opérations relatives à la pose des tuyaux en béton

Montage et retrait des passerelles de passage

2) Travaux relatifs à la construction de ponts, autres que celui du Zafré.

a. Excavation et bétonnage de fondation

Montage, utilisation et entretien des compresseurs, perceuses et marteaux-piqueurs.

Ordre, méthode d'exécution et retrait des murs de soutènement.

Montage et retrait des échaffaudages

Montage et retrait des coffrages

Ferrailage

Montage, opération et entretien des installations de bétonnières.

Mélange de béton.

Coulage du béton

b. Montage des poutres métalliques

Transport des pièces de poutre métallique (transport, opération et entretien des machines de transport)

Ordonnancement de l'assemblage des pièces des poutres métalliques. Opérations diverses pour le montage provisoire (visser les écrous, manipulation des marteaux à rivet). Opération et entretien des machines employées pour le montage provisoire.

Manipulation des objets lourds et encombrants.

Travail des gros oeuvres

Soudage. Manipulation des appareils à souder et des marteaux à rivet.

Peinture. Dérouillage. Première et seconde couche.

Montage et retrait d' avant bec.

Installation des appareils d'appui.

Montage des poutres métalliques:

Composition et retrait de sandale provisoire en bois.

Manipulation des vérins

Manipulation des treuils

Pose des poutres

Montage des treillis: Ordre de transport du matériel. Opération et entretien des machines de montage

3) Travaux relatifs aux tunnels

a. Tunnels (La méthode par section entière)

Montage, déplacement et entretien de jambo

Installation, utilisation et entretien des perforatrices

Préparation, charge, explosion de la dynamite

Montage, utilisation et entretien des machines à emporter les éclats de roche éboulés.

Opération et entretien de tracteurs électriques pour emporter les éclats de roche éboulés.

Pose, entretien et déplacement des voies dans les galeries et les bifurcations.

Fabrication et montage des soutènements en acier.

Exécution des palplanches en bois et boulons de connexion des soutènements.

Inspection des boulons.

Montage et déplacement des coffrages métalliques.

Manœuvre et entretien des pompes à béton.

Pose des conduites d'air et d'évacuation de l'air dans les galeries diverses.

b. Tunnels, autres que ceux de la méthode par section entière.

Montage et déplacement de jumbo.

Installation, manœuvre et entretien des perforatrices.

Perforation

Préparation, charge et explosion de la dynamite.

Manœuvre et entretien des machines à emporter les éclats de roche éboulés dans les galeries d'avancement.

Assemblage et déplacement des soutènements en acier (cas de la méthode par galeries d'avancement.)

Exécution des palplanches en bois et boulons de connexion de soutènement. Inspection des ces boulons.

Diverses manœuvre pour emporter les roches.

Montage et déplacement des coffrages de la voûte.

Montage et déplacement des coffrages des pieds-droits.

Manœuvre et entretien des pompes à béton.

Coulage du béton

c. Travail hors des galeries

Construction des unités de force motrice et des dépôts.

Montage, manœuvre et entretien des compresseurs.

Montage, manœuvre et entretien du générateur.

Montage, manœuvre et entretien de la tour à mélangeoir.

Installation des transformateurs et des divers câbles de distribution.

Manœuvre et entretien des diverses machines des ateliers de réparation.

Construction et contrôle des poudrières.

Entretien des équipements de dépôt et de réception du ciment, des agrégats.

4) Pose de la voie

a. Travaux des dépôts

Manœuvre et entretien des grues en portique destinées au déchargement du matériel.

Conduite des wagons-rails.

Montage des longueurs de voie et manœuvre et entretien des grues.

Fabrication des traverses en béton.

b. Longueur de voie

Chargement des longueurs de voie et transport et entretien des locomotives diesel.

Déchargement sur le terrain des longueurs de voie.

Montage et déplacement des machines à décharger les longueurs de voie.

Dispersion du sous-ballast et conduite et entretien des bulldozers

Ballastage

c. Entretien des voies

Entretien des poteaux de réglage.

Travaux généraux des voies.

Assemblage et pose des appareils de voie.

Fabrication et pose des traverses pour les ponts.

Pose et entretien des rails sur les ponts.

Manœuvre et entretien des machines pour l'entretien de la voie.

5) Travaux des bâtiments des gares

Aménagement du terrain pour la construction des gares et des logements des cheminots.

Ferraillage

Montage et retrait des échaudages.

Montage et équipement de manœuvre des unités de bétonnage

Mélange du béton

Bétonnage

Fabrication, montage et retrait des coffrages.

Travaux d'étanchéité et de toiture.

Peinture de l'intérieur et entretien.

Quais

Travaux en béton et revêtement.

6) Equipement électrique

a. Eclairage

Distribution électrique à chaque fil d'éclairage.

Pose des câbles souterrains de communication.

Jonction des câbles de communication.

Entretien des standards et des amplificateurs.

Pose et entretien des standards à tablettes.

Pose et entretien des postes de téléphone de toutes les gares.

b. Autres

Manœuvre et entretien des péniches et remorqueurs chargés du transport du matériel.

Manœuvre et entretien des grues de déchargement sur terre du matériel.

Pose des câbles de communication pour les travaux.

Installation des téléphones sans fil.

6. 2. 3 Bâtiments provisoires

(1) Bâtiments

Des bureaux sont nécessaires sur les chantiers comme il a été dit au paragraphe 6. 2. 2, mais également des logements et des installations médicales seront indispensables, ainsi que des équipements scolaires. Il a été prévu qu'un hôpital sera aménagé, compte tenu de la nature des travaux et qu'on utilisera les établissements scolaires déjà existants.

La densité de la population est relativement élevée autour des chantiers et si l'on fournit des moyens de locomotion adéquats, un bon nombre de travailleurs pourrait venir quotidiennement sur les chantiers. Par conséquent, il n'est pas nécessaire de prévoir de logements pour tous les ouvriers du chantier. Les logements seront nécessaires pour les ouvriers spécialisés qui seront appelés pour des travaux dont l'exécution se fait suivant le système d'équipe ambulante, pour la mise en place des poutres métalliques et la construction des voies.

Il faut prévoir une zone d'entrepôt pour assembler les matériaux principaux. Il faudrait y créer des entrepôts, un atelier d'usinage pour les soutènements en acier des tunnels, un atelier de réparation mécanique et automobile. Il faut construire, aussi, en dehors de ces bâtiments principaux, un entrepôt de béton, une poudrière, un magasin de dépôt des machines outils, un atelier de façonnage des métaux pour que des opérations simples puissent être faites dans chaque dépôt des travaux.

La superficie requise par ces constructions est évaluée au tableau 6. 2. 3. 1.

(2) Force motrice

Le problème posé est de savoir si lors du démarrage des travaux, le barrage d'Inga pourra fournir ou non l'énergie électrique nécessaire.

Tableau 6. 2. 3. 1 Bâtiments nécessaires pour les travaux

A. Par bureau

Catégorie	Unité	Quantité	Remarques
Bureaux	m ²	720	Salle de réunion, réfectoires inclus
Magasins	m ²	650	Matériel ordinaire et de voies
Atelier de réparations	m ²	250	Automobile et mécanique
Atelier de soutènement	m ²	250	Travail d'acier en forme de H
Logements	m ²	1. 000	Capacité: 100 étrangers
Infirmierie	m ²	150	

B. Par poste de chantier (bureau de dépôt du tunnel)

Catégorie	Unité	Quantité	Remarques
Bureau	m ²	50	Prévu pour 5 personnes
Entrepôt du béton	m ²	200	5000 sacs environ
Poudrière	m ²	20	
Magasin des machines outils	m ²	50	Pièces détachées
Travail d'armature pour béton	m ²	30	
Equipement électrique	m ²	400	Génératrices particulières
Salle de compresseurs	m ²	100	
Atelier de réparations	m ²	100	Petites réparations seules

Si la centrale d'Inga est achevée et que le réseau de distribution assure l'alimentation de la région de Banana, il sera possible de profiter de l'énergie électrique abondante d'Inga pour les travaux. Mais si la centrale d'Inga n'est pas terminée, ou si elle l'est, que le réseau de distribution n'alimente pas les chantiers, il faudra exécuter les travaux sans l'électricité d'Inga.

Si l'on examine l'état actuel des travaux de construction d'Inga et l'urgence de la constructions du chemin de fer, c'est malheureusement la seconde solution qui est la plus plausible.

Si c'est la seconde solutions, il n' y a aura pas suffisamment d'électricité, il faudra donc installer des générateurs. Le tableau 6. 2. 3. 2. indique la capacité nécessaire des générateurs.

Tableau 6. 2. 3. 2 Générateurs prévus pour le chantier de grands travaux, excavation des tunnels, etc.

Méthode par section entière			Méthode par demi-section				
Machines utilisées		Générateur		Machines utilisées		Générateur	
Type	Nombre	Type	Nombre	Type	Nombre	Type	Nombre
Compresseur type fixe 150 PS	1	2 générateurs diesel 250 KVA 300 PS	2 (1)	Compresseur type fixe 100 PS	3 (1)	1 générateur diesel 250 KVA 300 PS	1 (1)
Compresseur type fixe 100 PS	1 (1)			Mélangeur 11 kW	1		
Tour à mélangeoir 25 kW	1						
Ventilateur 55 kW	10						

() indique les équipements de secours.

(3) Compresseurs

Pour les travaux d'excavation et de déblayage des tunnels, on utilisera des compresseurs dont la force motrice sera fournie par les générateurs cités au paragraphe 6.2.3 (2). Les compresseurs nécessaires à l'extérieur des galeries des grands tunnels pendant la durée des travaux des tunnels, seront de l'ordre de 400 PS, compresseurs de secours inclus. Pour des travaux d'excavation et de déblayage moins importants, on utilisera des compresseurs mobiles, ayant une capacité d'environ 100 PS dont le déplacement est plus facile.

(4) Equipements de bétonnage

Comme équipement du coulage de béton, on installera une tour à mélangeoir ayant une capacité de $20 \text{ m}^3/\text{h}$, à l'extérieur des galeries des grands tunnels. Pour les ouvrages d'art de moindre taille, on prévoit des équipements de bétonnage autour d'un mélangeur ayant une capacité d'environ $0,25 \text{ m}^3$ par fois et qui se déplaceront en fonction des travaux.

On installera également un système d'approvisionnement et d'évacuation d'eau, en fonction des besoins.

(5) Equipements de télécommunications

Les chantiers s'étendent sur une distance de 150 km, et se déplacent en fonction de l'état des travaux. Il est donc nécessaire de prévoir un système de communication assez important. Pour l'instant, les installations de communication ne sont pas suffisantes le long du trajet prévu. On pense installer des câbles de communication spéciaux pour relier les postes de chantier, les bureaux et les dépôts des chantiers, et pour que les communications soient aussi possibles à partir des chantiers. On utilisera, par ailleurs, le téléphone sans fil. Tous ces équipements de télécommunication serviront de façon efficace après la mise en service de la ligne pour l'exploitation.

(6) Equipements de transport

1) Section Banana - Boma

Sur ce tronçon, le trajet prévu traverse une région plutôt plane et il existe de nombreuses routes reliées à la Route Nationale, dont le tracé est parallèle au trajet prévu de la voie ferrée. On élargirait ces chemins existants et construirait une route provisoire pour les travaux.

L'existence de la route nationale, des chemins d'embranchement élargis et de la route provisoire doit permettre de constituer un réseau routier pour le transport par camions des travailleurs et des matériaux. Il faudrait que la largeur des routes, pour celles qu'on agrandirait et pour celle qu'on construirait, soit d'environ de 5 m et des emplacements de croisement pour les véhicules lourds importants doivent être prévus en plusieurs endroits.

Parmi les matériaux de construction, le ciment sera transporté depuis la cimenterie de Lukula par le C. F. M. K. ou par camions jusqu' à Matadi, ensuite à Boma par péniches. Une fois entreposé à Boma, ce ciment peut être transporté par la route jusqu' à Banana.

2) Section Boma - Matadi

L'essentiel du mode de transport sur cette partie, sera le transport fluvial sur le Zaïre. La route fait un détour et passe au nord dans les montagnes. Le trajet de la ligne ferroviaire prévu longe aussi le Zaïre dans une zone montagneuse et il n'existe pratiquement pas de routes.

Il faudrait donc construire des débarcadères sur le Zaïre et construire une route allant de là, vers les chantiers. La largeur de cette route devrait avoir aussi 5 m et des croisements seront prévus pour les grands véhicules. Il faudrait construire au moins quatre débarcadères.

Les péniches chargées du transport seront essentiellement destinées pour les travaux de construction de chemin de fer et durant les travaux au moins un service par jour serait nécessaire. Les bateaux remorqueurs devront être suffisamment puissants à cause de la rapidité des cours d'eau du Zaïre.

Le ciment nécessaire sera également fourni par Lukala. Il sera donc transporté jusqu' à Matadi, et ensuite pour une bonne part, apporté par péniche jusqu' au débarcadère et ensuite distribué à chaque chantier par camion. On procédera de même si l'on a des traverses en béton à l'usine de Cattier et le ballast à Kiasi-Col. Le matériel et les machines qui seront importés, sauf pour une partie, seront aussi transportés par péniche. Parmi les articles importés, les poutres métalliques et les rails seront déposés à la base aménagée près de la gare de Boma. Il serait intéressant, pour le transport du port à la base, d'utiliser la ligne de chemin de fer de Mayumbe qui passe tout près. On construira à l'intérieur de la base,

une nouvelle voie spéciale pour qu'une liaison directe avec les quais soit rendue possible et une voie de service de la nouvelle ligne sera construite parallèlement à cette voie. Des instruments de levage et de manutention, tels que les grues à portique seront installés. Il serait nécessaire d'étudier les possibilités d'utilisation ultérieure de ces équipements à la gare de Boma. Des installations provisoires d'assez grandes dimensions doivent être prévues à Matadi pour la construction du grand pont et des grands tunnels, sur les deux rives du Zaïre. On ne peut obtenir de terrain suffisamment vaste sur la rive droite, il faudrait donc en prendre à la montagne voisine. Il serait bon de construire d'abord la route qui doit rejoindre le pont et de l'utiliser pour le transport des matériaux. Pour cela, on élargira un chemin qui, actuellement relie l'aéroport de Tsimpi qui se trouve au sommet de la montagne sur la rive droite du Zaïre et l'endroit prévu pour la construction du pont.

Sur la rive gauche, on utilisera la voie ferroviaire Ango-Ango du C. F. M. K. et la route qui sera construite pour assurer l'embranchement de la Route Nationale avec le pont.

Les routes qui serviront pour les travaux sur les deux rives ne demandent pas de revêtement, mais il faudrait que la couche de graviers soit entretenue de façon continue. Mais, il serait souhaitable que ces routes soient goudronnées le plus rapidement possible pour contribuer au développement du réseau routier et à l'essor régional.

6.2.4 Projet d'exécution par catégorie de travaux

(1) Terrassements et petits ouvrages d'art divers (murs de soutènement, etc.)

1) Sur la section Banana - Boma, où la nature de la roche est de l'ère quaternaire, la voie prévue longe le Zaïre dans une plaine. Là, les terrassements seront faits surtout sur des terrains sablonneux, et l'utilisation de la dynamite n'y sera pas nécessaire. Si le remblai est proche, le déblayage sera fait par bulldozer et les déblais seront directement utilisés pour le remblayage. Si la distance entre le déblai et le remblai est supérieure à 200 m, on utilisera essentiellement la technique de terrassement avec grattoir.

Pour faire des économies des frais de travaux, on essaiera d'employer le plus souvent possible les déblais comme matériaux des remblais. Mais sur ce tronçon, on peut facilement trouver

des endroits où prendre de la terre et si la distance est importante entre le chantier de déblayage et celui de remblayage, il serait plus rentable d'utiliser de la terre qui ne serait pas du déblai. Il conviendrait donc de régler le problème des remblais et des déblais, en fonction de chaque cas.

Pour le remblai complémentaire, les travaux seront faits par des pelles mécaniques et le transport de la terre par les camions à benne basculante. L'exécution des travaux de compactage, de protection de la surface des talus, et des équipements d'évacuation d'eau sera faite proprement en fonction de l'évolution des travaux de remblayage.

Les terrassements seront interrompus pendant la saison des pluies et seront exécutés de façon intensive pendant la saison sèche. Toutefois, comme il ne pleut pas du tout pendant la saison sèche, pour pouvoir durcir le sol, il serait utile sur certaines sections qu'il y ait arrosage. Il faut ainsi prévoir des installations qui permettent d'arroser le sol, près des cours d'eau. Par contre, certaines régions seront marécageuses, et là il faut, pour que le transport du matériel lourd soit possible, répandre des graviers afin de renforcer les chemins existants.

2) Section Boma - Matadi

Sur cette partie, le chemin de fer traverse entre les montagnes abruptes une région formée de grès de la période crétacée et des schistes de l'ère précambrienne. Les travaux des terrassements concernent donc surtout les roches. Il faudra pour déblayer, utiliser des charges de dynamite d'abord. Les déblais seront transportés par bulldozer sur une courte distance et par pelle-tracteur ou par camions à benne basculante sur les distances plus importantes.

Les travaux relatifs aux ouvrages d'art (murs de soutènement, canalisations en béton armé) seront exécutés en coordination avec les travaux de terrassements et en principe, ils seront interrompus également pendant la saison des pluies.

(2) Les ponts

Les travaux des structures inférieures des ponts seront exécutés en même temps que les travaux relatifs à l'assiette de la voie et des terrassements. Ces travaux seront possibles pendant les deux saisons. Mais pour les travaux d'excavation pour la fondation des piles et le montage des échafaudages réalisés dans les cours d'eau, il serait plus productif qu'ils

solent exécutés pendant la saison sèche. On essaiera de faire les travaux de fondation le plus possible durant la saison sèche. Il faudrait faire des études plus détaillées pour chaque pont, afin de savoir, si des pieux seront nécessaires ou non.

Mais, on peut penser qu' il ne seront pas nécessaires entre ^{Matabele} Banana et Boma où les couches rocheuses sont minces.

Sur la partie de Banana-Boma, exceptée la zone marécageuse, les fondations par pieux ne doivent pas non plus être indispensables. Et si sur certains tronçons, les pieux semblent indispensables, et si leur nombre n'est pas important, il ne sera pas utile de prévoir des équipements spéciaux, la meilleure solution serait de pratiquer les méthodes de petite portee en bois ou de tours. Les poutres en béton qui doivent être utilisées pour obtenir une portée réduite de la structure supérieure seront construites dès que les travaux de fondation seront terminés, parallèlement aux travaux de l'assiette de la voie sur les deux rives.

Les poutres métalliques qui auront une portée de 20 à 30 m seront fabriquées à l'étranger et leur montage demandant une technique spéciale, on organisera, les travaux de construction des poutres en formant des équipes ambulantes après les avoir assemblées et vissées à la base de la construction. Pour les poutres métalliques qui seront importées, on installera une base près de la gare de Boma où l'assemblage du matériel sera fait en raison des commodités de transport. La construction des poutres se fera parallèlement aux travaux de la voie. Une fois que la route allant de la base et les lieux de traversée prévus sera achevée, on transportera les poutres métalliques qui seront installées d'après la méthode par avant-bec, et on fera ensuite progresser les travaux de la voie. Il faut donc rapprocher le plus possible la base de construction de la voie et la base de construction du pont. De même que ces deux travaux étant profondément liés l'un à l'autre, il faut examiner dans le détail, les programmes d'exécution des travaux, afin d'éviter des décalages et des pertes de temps.

Les treillis métalliques ayant une portée supérieure à 60 m seront transportés directement sur le lieu de construction du pont et ils seront installés par échafaudages.

(3) Projet de construction du pont sur le Zafre

Les travaux de construction du pont sur le Zafre se distinguent en travaux de l'infrastructure en béton armé, en pose des ancrages, et en montage de la superstructure.

Le volume de travaux de construction des culées, piles et ancrages est important et il est prévu que l'exécution de ces travaux sera faite durant toute l'année. Elle sera réalisée en fonction de l'état des travaux des ouvrages d'art des ponts ordinaires.

La partie supérieure du pont suspendu, les poutres métalliques de portée de côté seront fabriquées à l'étranger pendant la durée des travaux de fondation et seront transportées par bateau à Matadi avec d'autres matériels. Elle seront déchargées au port de Matadi, où elle seront déposées.

Le dessin 32 indique l'ordre des travaux de suspension du pont sur le cours moyen du fleuve. Les détails de la méthode de suspension seront indiqués suivant cette figure.

- 1) On installe d'abord les cadres d'ancrages qui fixent les pylônes à la partie supérieure des piliers, et sur ces cadres la partie inférieure des pylônes. Les pylônes décomposés en plusieurs éléments sont empilés par des grues
- 2) La première portée de côté est installée par le système d'échafaudage, la deuxième portée par méthode en encorbellement. Quand les pylônes principaux sont achevés, il faudra passer par bateau le câble pilote de la rive gauche sur l'autre.
- 3) Construire des petites passerelles et des câbles complémentaires en utilisant le câble pilote.
- 4) Utiliser les petites passerelles pour installer le câble porteur.
- 5) Déposer derrière le bloc d'ancrage, un cadre en bois autour duquel le câble porteur a été enroulé, attacher l'extrémité de ce câble à un porteur et le faire ainsi passer sur l'autre rive. Une fois que le câble porteur est passé, il faut que les sections du câble soient circulaires. La longueur des câbles de suspension doit être déterminée pour que le pont ait la hauteur prévue. Ces câbles seront suspendus à partir des barres de suspension qui sont fixées sur le câble porteur.

Les treillis en acier seront installés dans l'ordre par des grues mobiles. Une fois les treillis métalliques installés, on pose la voie, les madriers et les équipements d'éclairage et le pont est terminé.

(4) Les tunnels

Les tunnels se trouvent regroupés sur le tronçon Boma-Matadi et leur longueur totale est d'environ 16 km. La coupe de ces tunnels est indiquée à la figure 26 en annexe. Les parois du tunnel seront verticales, la partie supérieure en demi-cercle et des trous d'homme prévus. Cette structure a été choisie en tenant compte de l'électrification future des lignes, de la facilité d'exécution des travaux et des opérations d'entretien après la mise en service de la ligne.

Dans le cas où la nature des roches est bonne, et où la couverture des tunnel suffit, on utilisera la méthode par section entière afin de réduire la durée des travaux. Les tunnels ayant une longueur supérieure à 1.000 m semblent adaptés pour ce mode d'excavation.

Pour les tunnels plus courts, on emploiera la méthode par demi section et pour les tronçons où la nature de la roche est mauvaise, ou même si elle est bonne quand on est pressé de faire la jonction, avant et après le tunnel, en utilisant la galerie d'avancement, on emploiera la méthode par petites galeries au bas du profil.

Il va sans dire que pour pouvoir faire les travaux d'excavation, il faut installer des équipements d'aération, d'alimentation et d'évacuation d'eau. La roche excavée sera utilisée pour la voie et pour celle qui ne le sera pas, il sera facile de la jeter dans les vallées voisines. Dans ce cas, il ne sera pas nécessaire de prévoir de dépotoir pour les roches. Les roches de bonne qualité seront utilisées pour les graviers du béton et comme ballast. On installera alors un réservoir pour les roches et un atelier de fabrication de ballast.

Un soutènement en acier en forme de H sera utilisé pour les galeries d'avancement, pour la partie supérieure du profil du tunnel et pour les coupes entières. La dimension de soutènement en acier dépend de la qualité de la roche mais la section approximative du matériel prévu est indiquée au tableau 6.2.4.1. Ce matériel sera certainement importé, il faudra prévoir un atelier de transformation et une fois qu'il y aura été usiné, il sera transporté sur le chantier d'excavation des tunnels et y sera déposé.

Des coffrages métalliques seront utilisées pour le béton et la coulage du béton sera fait avec des pompes à béton.

Les travaux des tunnels devront être exécutés tout au long de l'année.

(5) Pose de la voie et des équipements annexes

Les travaux de pose de la voie se distinguent en ballastage et en pose de longueurs de voie. Le ballast sera répandu, quand les travaux de l'assiette de la voie seront terminés et jusqu'à ce que la pose des longueurs de voie soit achevée. Le ballast sera transporté par des camions à benne basculante qui pourront circuler sur l'assiette de la voie déjà construite.

Tableau 6. 2. 4. 1 Soutènement du tunnel en acier par catégorie

Catégorie	Roches tendres fissurées, épaisseur de revêtement 60 cm	Roches moyennement dures épaisseur de revêtement 45 cm	Roches dures épaisseur de revêtement 30 cm	Roches dures épaisseur de revêtement 30 cm
Soutènement de galerie d'avancement	125x125x7x10	"	10 x 100 x 6 x 8	"
Intervalle	1,20 m	"	1,20 m	"
Soutènement de voûte	150x150x7x10	"	125 x 125 x 6,5 x 9	"
Intervalle	1,0 m	1,2 - 1,5	1,2 - 1,5	1,5 m
Soutènement de section entière	150x150x7x10	"	125 x 125 x 6,5 x 9	"
Intervalle	1,0 m	1,2 - 1,5	1,2 - 1,5	1,5 m

Pour pouvoir réduire le temps des travaux et pour le maintien de la qualité du matériel, un dépôt de ballast sera prévu tous les 20 km environ. C'est pourquoi, dès le démarrage des travaux, il faut faire une étude pour savoir si l'on peut trouver ou non du matériel de ballast de bonne qualité, des conditions d'implantation, d'extraction et organiser un plan de stockage. Les résultats de l'étude géologique laissent présager que l'on trouvera facilement, le long du trajet, des lieux d'extraction de ballast. On peut penser utiliser le ballast fabriqué à l'usine de Kiasi-Col. Il faudrait donc, lorsqu'on mènera l'étude sur place, examiner en détails les possibilités de transport à partir de cette usine. Et si on utilise aussi les déblais de bonne qualité obtenus par les opérations d'excavation des tunnels comme ballast, on peut faire des économies, ^{notables} sur les frais de construction.

La prolongation des longueurs de voie et la répartition du ballastage supplémentaire seront opérées à partir de la base de construction où les rails et les traverses seront déposés et où l'on procédera au montage de la longueur de voie avant que ces opérations soient exécutées. L'emplacement de cette base sera choisie près de la nouvelle gare de Boma qui se trouve à peu près au milieu du parcours et où le dépôt du matériel sera aisé. Cette base peut être la même que celle de construction des poutres des ponts dont on a parlé plus haut.

Les appareils de voie des gares intermédiaires seront montés à côté des endroits où ils seront placés. Mais il semble préférable que tous les équipements de toutes les gares soient montés par une seule équipe ambulante. Pour les installations des quais et des bâtiments des gares, des équipements électriques et de signalisation, les travaux seront exécutés en même temps que ceux de la voie, une fois la construction de l'assiette de la voie achevée.

De toute façon, pour tous les travaux demandant une technique spécialisée, on constituera des équipes ambulantes pour permettre une exécution de travaux facile sans perturber la durée des travaux.

6. 2. 5 ^{de} Quantité main d'œuvre nécessaire

Le tableau 6. 2. 5. 1 indique la quantité de main d'œuvre nécessaire pour la réalisation des travaux. Pour l'ensemble de la durée des travaux, il faut 2. 338 mille journées de travail. Autrement dit, il faut en moyenne 1. 500 travailleurs par journée de travail, mais à la période où les travaux seront les plus importants, il faut compter

6.000 personnes par journée. La plupart de ces travailleurs seront, bien sûr, zafrois mais pour certains travaux qui demandent une technique spéciale, l'assistance technique des ingénieurs étrangers peut s'avérer nécessaire afin d'améliorer le rendement des travaux.

Tableau 6.2.5.1 Nombre de travailleurs requis

Titres	Catégorie de travaux	Travailleurs étrangers	Travailleurs zafrois	Total
Assiette de la voie	Terrassements	29.500	215.000	244.500
	Murs de soutènement	54.500	301.300	355.800
	Autres	5.000	57.100	62.100
Ponts (pont du Zaïre inclus)	Infrastructure	54.600	491.000	545.600
	Pose des poutres	85.600	29.100	114.700
	Autres	1.500	3.000	4.500
Tunnels	Tunnels, méthode par section entière	126.400	228.800	355.200
	Autres tunnels	74.700	245.700	320.400
	Autres	6.000	19.500	25.500
Voie	Pose des rails 50 kg	29.500	123.500	153.000
	Autres	1.000	2.500	3.500
Gares	Bâtiments	6.000	16.000	22.000
	Autres	1.500	2.500	4.000
Equipement électrique	Equip. de télécommunications	2.000	5.000	7.000
	Autres	1.000	2.500	3.500
Autres		4.500	112.500	117.000
Total		483.300	1.855.000	2.338.300
Travailleurs par journée		385	1.480	1.865