



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)

08793

ORGANISATION DES NATIONS UNIES  
POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

Distr. LIMITEE

UNIDO/IOD .234  
11 août 1978

FRANCAIS

PLANIFICATION D'UN RESEAU FERROVIAIRE AU RWANDA ,

RP/RWA/78/003.  
RWANDA .

Rapport final ,

Etabli pour le Gouvernement rwandais par  
l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

D'après les travaux de M. W. J. Mosherli, ingénieur civil

14.78-5022

### Notes explicatives

L'unité monétaire du Rwanda est le franc rwandais (F Rw). Durant la période sur laquelle porte le présent rapport, la valeur du dollar des Etats-Unis d'Amérique en francs rwandais était :

1 \$ = 91 francs rwandais

La barre transversale (/) entre deux millésimes, par exemple 1970/71, indique une campagne agricole, un exercice financier ou une année scolaire.

Le trait d'union (-) entre deux millésimes, par exemple 1960-1965, indique qu'il s'agit de la période tout entière, y compris la première et la dernière année mentionnées.

Les abréviations techniques suivantes ont été utilisées dans la présente publication :

t/km      tonne kilométrique

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

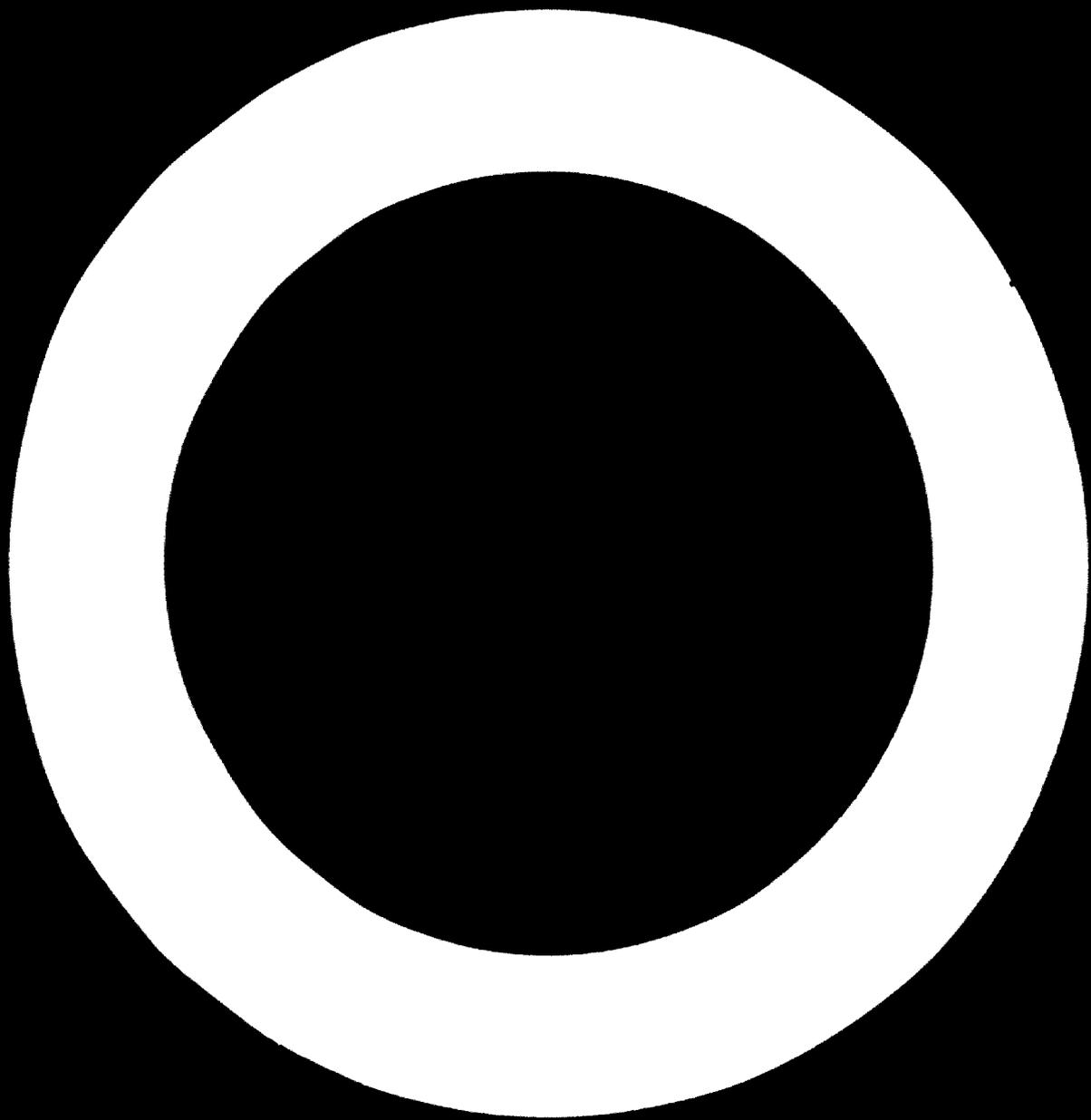
La mention dans le texte de la raison sociale ou des produits d'une société n'implique aucune prise de position en leur faveur de la part de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI).

**RESUME**

La mission relative au projet RP/RWA/78/003, intitulé "Planification d'un réseau ferroviaire" a eu lieu au Rwanda du 12 avril au 11 juin 1978. L'expert avait pour tâche d'établir un plan préliminaire général pour un réseau ferroviaire qui relierait le pays à un ou plusieurs pays voisins, d'en estimer les coûts et de déterminer les bases pour une étude de faisabilité techno-économique complète du réseau, ainsi que d'examiner les possibilités de manufacture locale de l'équipement en faisant appel aux produits et à la main-d'oeuvre du pays.

L'expert a proposé l'établissement de deux lignes ferroviaires, l'une reliant le lac Kivu au lac Victoria, l'autre le lac Kivu au lac Tanganyika, apportant ainsi une contribution essentielle au désenclavement du Rwanda en lui permettant l'accès aux océans Indien et Atlantique.

De cette étude, il ressort qu'un chemin de fer au Rwanda est techniquement faisable et économiquement compétitif à la longue, bien que les coûts soient élevés.



**TABLE DES MATIERES**

<u>Chapitres</u>	<u>Pages</u>
INTRODUCTION .....	7
I. CARACTERISTIQUES GENERALES .....	8
A. Situation géographique .....	8
B. Situation économique .....	9
II. ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET .....	11
A. La situation du pays par rapport au trafic international .....	11
B. Le réseau rwandais .....	14
C. Les connexions avec l'étranger .....	16
III. ASPECTS ECONOMIQUES DU PROJET .....	13
A. Estimation du besoin de transport ferroviaire .....	18
B. Estimation des coûts .....	28
C. Situation des prix du transport routier au Rwanda ....	29
D. Manufacture locale .....	36
IV. ASPECTS JURIDIQUES .....	38
VI. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS .....	39

Annexes

I. Liste des références et ouvrages conseillés .....	43
II. Profils de terrains (type I à VI) .....	44
III. Plans des lignes ferroviaires .....	50

Liste des tableaux

1. Distances depuis Kigali .....	13
2. Estimation du besoin de trafic ferroviaire : méthode empirique .....	22
3. Estimation du besoin de trafic ferroviaire : méthode d'estimation directe .....	25

	<u>Pages</u>
4. Comparaison des tonnages obtenus par les deux méthodes d'estimation .....	26
5. Analyse des tronçons et estimation du coût de construction .	29
6. Prévisions budgétaires pour les exercices 1988, 1998, 2008 .	31

Liste des figures

I. Développement des exportations/importations (1971-1976) et prévisions .....	19
II. Développement du nombre des véhicules (1968-1974) .....	20
III. Estimation des tonnages ferroviaires, 1978-2008 .....	26
IV. Rendement annuel du capital investi pour différents prix de vente moyens de la tonne kilométrique .....	32

## INTRODUCTION

Bien que divers projets aient été prévus dans le passé pour l'établissement d'une voie ferrée au Rwanda, aucun n'a pu, jusqu'à ce jour, être réalisé. La croissance rapide de la population, à la subsistance de laquelle les productions agricoles du pays ne sauraient à la longue subvenir, d'une part, l'enclavement du pays, d'autre part, sont deux circonstances qui font apparaître vivement la nécessité d'une voie ferrée au Rwanda, seul moyen efficace de pallier à la dépendance économique où le fait d'avoir à emprunter des voies de transport étrangères place le Rwanda. L'établissement d'un réseau ferroviaire, produit et facteur de développement industriel, est l'objet du projet RP/RW/78/003, intitulé "Planification d'un réseau ferroviaire", dont la mission qui a eu lieu du 12 avril au 11 juin 1978 avait pour but de déterminer l'opportunité en préparant un plan général préliminaire (voir annexe III), fournissant une estimation des coûts et définissant les bases pour une étude de faisabilité techno-économique complète du réseau et en examinant les possibilités locales de manufacture d'équipement et fournitures de matériaux.

Les travaux de l'expert sont basés sur les cartes topographiques à l'échelle de 1 : 200 000, avec courbes de niveaux d'équidistance de 100 m, du Rwanda. Ces cartes sont complétées avec des cartes des régions à l'est du Rwanda jusqu'au lac Victoria, à l'échelle de 1 : 250 000, courbes de niveaux d'équidistance de 305 m. Ces cartes ont été agrandies à l'échelle de 1 : 200 000 à la main par le service des Ponts et chaussées. Malheureusement, ni une carte de la région de Mwanza, ni celles du Burundi n'ont pu être obtenues à temps - ce qui aurait permis à l'expert d'étudier plus exactement les connexions au lac Victoria et au lac Tanganyika.

L'expert avait, en outre, à sa disposition des cartes touristiques régionales (Hallwag, Eastern Africa à l'échelle de 1 : 2 000 000, Michelin No 155, à l'échelle de 1 : 4 000 000) et la carte forestière du Rwanda à l'échelle de 1 : 250 000 et a pu utiliser les photos aériennes du service de cartographie à l'échelle de 1 : 50 000.

## I. CARACTERISTIQUES GENERALES

### A. Situation géographique

La République rwandaise est un pays enclavé de l'Afrique centrale. Sa superficie est de 26 338 km<sup>2</sup>, sa population compte 4,2 millions d'habitants. La capitale, Kigali, se trouve au centre du pays. L'altitude est de 1 300 à 1 450 m dans les grandes vallées, et d'environ 1 500 à 1 800 m sur le haut plateau mais, dans l'est du pays, les cimes des montagnes atteignent facilement de 2 500 à 2 900 m et les volcans au nord-ouest dépassent 4 500 m.

Du point de vue géologique, on distingue, dans les grandes lignes des plissements presque verticaux allant du nord au sud et érodés depuis l'orogénèse précambrienne (Kibungo, Byumba). Le haut plateau est formé de roches granitiques, métamorphiques et souvent décomposées (mylonitisées), datant de l'ère tertiaire et de la formation du graben est-africain. Le haut plateau et les montagnes du lac Kivu sont couverts d'une couche plus ou moins épaisse d'alluvions meubles ou bréchiformes. Des éruptions volcaniques plus récentes (cinq millions d'années) ont non seulement soulevé le pays de quelques centaines de mètres, mais aussi formé le lac Kivu et détourné les fleuves principaux (Kagera, Nyabarongo, Akanyaru). La crête séparant le bassin du Nil (Kagera) du bassin du Zaïre (lac Kivu et lac Tanganyika) passe à une vingtaine de kilomètres de la rive est du lac Kivu. La zone des volcans montre tous les signes d'un volcanisme récent (400 000 ans) : basaltes, laves, cendres, scories et terres volcaniques.

Pour la planification d'un réseau de chemin de fer, il est important de constater qu'il existe dans le haut plateau deux systèmes de vallées : les vallées des grands fleuves à fonds larges, souvent méandreux et marécageux, et les petites vallées entaillées dans les collines et les divisant avec des pentes souvent très raides, superposées au système des grands fleuves. Les talus des collines et surtout des montagnes vers l'ouest sont parfois à la limite de leur stabilité naturelle et à maints endroits soumis à l'érosion par éboulements. Les grands fleuves ont des pentes faibles (environ 1,3/00, sans tenir compte des méandres), sont assez larges et se prêtent donc bien à l'installation de voies ferrées dans leurs vallées.

Le climat du Rwanda est très agréable; la température moyenne varie entre 18 et 22°C et il y a deux saisons sèches et deux saisons des pluies. Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 1 000 à 1 500 mm, un peu plus dans les

montagnes à l'ouest et un peu moins à l'est du pays. C'est probablement grâce à ce climat sain que la densité de la population est très élevée (158 personnes par km<sup>2</sup> en moyenne dans tout le pays). La seconde particularité démographique est la forte dispersion des habitants. A part la capitale Kigali, qui compte environ 90 000 habitants, les quelques grands centres du pays ne comptent que 10 ou 15 000 habitants; les chefs-lieux des préfectures n'en comptent que quelques milliers. Les 93 % de la population vivent dans de petites fermes isolées et entourées de plantations ne dépassant pas 1 ha. L'Ouest est la partie du pays la plus peuplée.

Autre importante particularité : le taux de croissance de la population est actuellement de 2,8 % par an; on prévoit un doublement de la population dans les 25 ans à venir.

L'histoire du Rwanda reflète, d'une part, les migrations des peuples, très fréquentes en Afrique, et, d'autre part, la colonisation par des peuples européens qui, au Rwanda, débuta en 1890. Les premiers projets émanant des autorités coloniales allemandes pour un chemin de fer au Rwanda et au Burundi datent de 1912-1915. Ces projets n'ont jamais été réalisés à cause de la Première Guerre mondiale. Le retard de la colonisation est certainement dû aussi à l'isolement du pays : les distances à vol d'oiseau de Kigali à l'océan Indien sont de 1 000 km, à l'océan Atlantique de 2 000 km environ.

#### B. Situation économique

C'est l'agriculture ou plutôt l'horticulture qui domine l'économie du Rwanda : plus de 93 % de la population en vit et produit 66,5 % du revenu national.

L'industrie en est encore à ses débuts mais offre de très bonnes perspectives. Actuellement, ce sont surtout des industries alimentaires (traitement de café, thé, quinquina, huiles, céréales, fruits, pyrèthre). En outre, il existe des industries des produits d'élevage (laiterie, tanneries) et des produits de la forêt (fabriques d'allumettes, menuiseries). Une brasserie et une fabrique de limonades, des usines pour postes de radio, charpentes métalliques, savons, peintures, chaussures, complètent les maintes productions artisanales. Il y a aussi des entreprises de construction et quelques petites centrales électriques (à base d'énergie hydraulique et thermique).

Parmi les projets d'industrialisation prévus dans un proche avenir, il y a lieu de mentionner : l'usine d'engrais chimique, cimenterie, poissonneries, tourbières, usine de matériaux de construction, carrières, gravières.

Les mines jouent un grand rôle dans l'économie du Rwanda ainsi que leur production - parfois dans le cadre artisanal - de minéraux de cassitérite, wolfram, béryl. Le plus important produit du sous-sol est probablement le gaz méthane du lac Kivu qui se prête surtout à l'industrie chimique. La tourbe, très répandue dans les grandes vallées, peut aussi être comptée parmi les richesses du sous-sol.

Les transports s'effectuent par routes, généralement en mauvais état. Très peu de transports se font sur le lac Kivu. Les exportations et les importations sont effectuées en grande partie (environ 90 %) par route ou route/rail vers le port de Mombasa. Une très faible partie passe par le Burundi, la République Unie de Tanzanie, et le Zaïre. Les exportations représentent actuellement environ un tiers seulement des importations (surtout des produits pétroliers et du ciment).

Malgré les beautés naturelles et le climat idéal du pays, le tourisme en est encore à ses débuts. L'infrastructure manque, surtout en ce qui concerne le transport et les hôtels, de catégorie moyenne.

Le plus grave problème qui se pose à l'économie du Rwanda est la croissance de la population. La surface cultivable ne permet que peu d'extensions (neutralisées partiellement par l'érosion naturelle du sol) de certaines cultures pouvant être obtenues en utilisant des engrais chimiques. Mais, pour nourrir la population qui ne peut pas vivre de l'agriculture, une industrialisation modeste et adaptée aux besoins du pays est indispensable.

## II. ASPECTS TECHNIQUES DU PROJET

### A. La situation du pays par rapport au trafic international

La situation du Rwanda, pays enclavé au coeur de l'Afrique centrale et, en particulier, sa situation dans un système de trafic fluvial, lacustre et ferroviaire, est mise en évidence dans la carte (annexe III). A part un peu de navigation sur le lac Kivu, il n'y a que des routes pour relier le pays avec les pays voisins : l'Ouganda, la République-Unie de Tanzanie, le Zaïre. Les ports les plus importants sont Mombasa (Kenya) et Dar es-Salaam (République-Unie de Tanzanie) sur l'océan Indien. Vers l'ouest et l'océan Atlantique, il y a actuellement peu de trafic à l'exception de quelques échanges avec les provinces avoisinantes du Kivu (Zaïre) et de Kigezi (Ouganda).

En général, les routes du Rwanda sont mauvaises, sauf quelques routes principales bitumées. Cependant, grâce à l'effort du gouvernement, on peut s'attendre à ce que, dans quelques années, les artères principales vers l'étranger soient toutes bitumées.

La topographie n'est pas favorable aux transports. Le haut plateau entaillé par des milliers de petites vallées et des douzaines de grandes vallées, la crête du Nil/Zaïre, vallonnée, de caractère alpin, ainsi que la zone des volcans offrent des obstacles considérables aux voies du trafic terrestre. Si la nature a créé un certain isolement du pays par la topographie, cela n'est certainement pas resté sans influence sur la mentalité de la population. Dans le monde entier, les montagnards sont différents des habitants des plaines. Au sentiment de l'isolement s'ajoute celui de l'enclavement. Pour l'homme des pays enclavés, la mer signifie l'infini, le vaste espace, la liberté, l'accès au monde entier. Il s'agit là d'un peu de psychologie, certes, mais aussi d'une question économique de premier ordre : le désenclavement est partie de la liberté économique. Libre accès aux océans, transports libres par les pays de transit, voilà le problème du désenclavement à résoudre techniquement et juridiquement.

Techniquement, un chemin de fer qui fonctionne bien est certainement une contribution au désenclavement. Pour le Rwanda, la solution apparaît sur la carte (annexe III) : en menant une ligne ferroviaire du lac Victoria au lac Kivu,

en passant par les Chutes de la Rusumo-Kigali-Ruhengeri-Gisenyi, le pays aurait un accès au lac Victoria avec la possibilité de continuer par ferry-boat vers Mombasa ou Dar es-Salaam ou Kampala. En reliant le lac Kivu au lac Tanganyika, le pays aurait accès à l'océan Atlantique, soit par fleuve/rail à Matadi, soit par rail à Benguela. Cette possibilité ouvrirait de nouvelles perspectives en cas de congestion des installations portuaires sur l'océan Indien, mais pourrait aussi être envisagée pour certains transports en direction et en provenance de l'Europe et du continent américain évitant ainsi le détour par le Cap de Bonne Espérance. En outre, la ligne servirait aux transports nord-sud et est-ouest entre les pays avoisinants. Cette ligne serait aussi de grande importance pour l'exportation de l'engrais chimique provenant du gaz méthane du lac Kivu dans tous les pays de l'Afrique centrale.

Ces lignes esquissées sont en grande partie des lignes en pays montagneux, à topographie difficile, et donc coûteuses. Elles sont, cependant, de longueurs relativement courtes : Victoria-Kivu, environ 438 ou 528 km (suivant variante), dont 312 km sur le territoire rwandais; Kivu-Tanganyika, environ 170 km.

Il va sans dire que ces lignes ferroviaires seraient à compléter en tenant compte des installations existantes sur le lac Victoria et en accord avec le service de transports lacustres permettant le transbordement sans perte de temps, éventuellement en transportant des trains entiers. En tout cas, on tâchera d'utiliser pour toutes les marchandises des conteneurs standardisés, surtout pour les transports internationaux. D'une manière générale, le trafic ferroviaire doit être rendu attractif pour que les avantages qu'il offre soient utilisés. D'où, encore, l'intérêt d'une simplification du trafic transitaire international.

Sur le tableau 1 sont indiquées les distances depuis Kigali sans et avec le nouveau système ferroviaire proposé, ceci seulement en direction de l'est; vers l'ouest, il n'y aura pas de changement quant à la distance. La comparaison ne fait pas apparaître de grandes différences. Il faut, cependant, également considérer la "qualité" des trajets, soit : nombre de pays à traverser, de transbordements, état des routes. Pour juger de l'opportunité d'un trajet, il faut mettre des prix unitaires par tonne kilométrique, par transbordement, etc.

A propos de la situation ferroviaire de la région, il faut rappeler qu'il existe encore le tracé d'une voie ferrée entre Uvira (lac Tanganyika) et Kananyola dans la plaine de la Ruzizi sur le territoire zaïrois, les rails et

Tableau 1. Distances depuis Kigali

	Route	Lac	Rail	Total	Pays de transit	Nombre des transbordements
a) Sans chemin de fer rwandais						
Kigali-Kampala-Mombasa	589	-	1 149	1 738	Ouganda, Kenya	1
Kigali-Bukoba-Kisumu-Mombasa	347	361	829	1 537	Ouganda, Rép.-Unie de Tanzanie, Kenya	2
Kigali-Rulenge-Mwanza-Kisumu-Mombasa	584	388	829	1 801	Rép.-Unie de Tanzanie, Kenya	2
Kigali-Rulenge-Isaka-Dar es-Salaam	585	-	997	1 582	Rép.-Unie de Tanzanie	1
Kigali-Rulenge-Mwanza-Dar es-Salaam	584	-	1 231	1 815	Rép.-Unie de Tanzanie	1
Kigali-Bujumbura-Kigoma-Dar es-Salaam	299	170	1 245	1 714	Burundi, Rép.-Unie de Tanzanie	2
b) Avec chemin de fer rwandais						
Kigali-Rusumo-Kenondo B.-Kisumu-Mombasa	-	380	1 188	1 568	Rép.-Unie de Tanzanie, Kenya	2
Kigali-Rusumo-Kenondo B.-Mwanza-Dar es-Salaam	-	174	1 590	1 764	Rép.-Unie de Tanzanie	2
Kigali-Rusumo-Kenondo B.-Kampala	-	240	359	599	Rép.-Unie de Tanzanie, Ouganda	2
Kigali-Rusumo-Nyamirembe-Kisumu-Mombasa	-	440	1 098	1 538	Rép.-Unie de Tanzanie, Kenya	2
Kigali-Rusumo-Nyamirembe-Mwanza-Dar es-Salaam	-	150	1 500	1 650	Rép.-Unie de Tanzanie,	2
Kigali-Rusumo-Nyamirembe-Kampala	-	360	269	629	Rép.-Unie de Tanzanie, Ouganda	2

les traverses ayant été volés lors d'une guerre, il y a environ 15 ans, à ce que l'on dit. Aucune autre information technique sur ce tracé (pentes, rayons de courbes) n'a pu être obtenue. Eventuellement, si le Zaïre était intéressé, on pourrait utiliser ce tracé pour le raccord Kivu-Tanganyika, en passant par la plaine de Bugarama sur la Ruzizi. Cette solution proposée comme variante, offre cependant le désavantage de nécessiter un pont sur le fleuve assez marécageux par endroits et d'arriver au lac Tanganyika à Uvira au lieu de Bujumbura, capitale du Burundi. Une étude similaire pour le Burundi pourrait résoudre ce problème.

Il est à noter que les chemins de fer zaïrois ont adopté l'écartement des rails de 1 076 mm tandis que les chemins de fer est-africains utilisent les 1 000 mm. Pour le Rwanda, ce dernier est recommandé. On ne pourra donc pas faire rouler les compositions rwandaises sur le réseau zaïrois. Mais on étudiera à fond l'utilisation des mêmes conteneurs sur les deux réseaux pour réduire le transbordement à un minimum. L'utilisation des chariots roulants serait aussi possible si l'on reste dans le gabarit zaïrois.

Les données techniques admises pour la ligne ferroviaire sont :

Ecartement des rails : 1 m (comme au Kenya, en Ouganda et en République-Unie de Tanzanie)

Pente maximum : 35°/00

Rayon minimum des courbes : 150 m

Le matériel roulant doit s'adapter à ces données qui sont d'usage international.

### B. Le réseau rwandais

Le réseau national proposé consiste en une ligne à une voie allant des Chutes de la Rusumo par Kigali et Ruhengeri jusqu'à Gisenyi au lac Kivu. La longueur estimée de cette ligne est de 312 km. Environ 32 gares ou haltes (tous les 10 km en moyenne) avec double voie pour permettre aux trains le croisement et le chargement/déchargement ont été prévues par l'expert.

Partant des Chutes de la Rusumo, la ligne suit la rive gauche de la Kagera tout en évitant les marais étendus dans cette région et toujours 3 à 5 m au-dessus du niveau de l'eau sur terrain ferme. Près de Mutenderi, la ligne quitte la vallée de la Kagera pour s'insérer entre le lac Sake et le lac Mugesera et pour gagner finalement la vallée de la Nyabarongo. Elle laisse

la vallée dans la région de Masaka pour arriver dans la région de Kanombe (aéroport) et à Kigali, où la zone du parc industriel se prêterait aussi bien à l'installation d'une petite gare qu'à des entrepôts et ateliers de révisions. Depuis Kigali, la ligne descend dans la vallée de la Nyabarongo pour suivre ce fleuve jusqu'au confluent avec la rivière Mukungwa. De là, elle monte en suivant plus ou moins la route existante jusqu'à Ruhengeri. Là commence un trajet dans un terrain difficile jusqu'à une altitude de 2 500 m environ. La descente de ce col vers le lac Kivu (1 460 m) doit se faire en plusieurs virages et la ligne arrive à Gisenyi au bord du lac tout près de la frontière. Il faudrait examiner si on pourrait arriver au port de Gisenki sans trop déranger la tranquillité du village.

Avec cette ligne, une zone d'attraction de deux fois 15 km des deux côtés rassemble environ 35 % de la population rwandaise. Les 90 % des concessions de gisements miniers sont touchés par une zone de deux fois 30 km des deux côtés de la voie ferrée. Avec la région de Ruhengeri et Gisenyi, on atteint non seulement une région agricole, minière et industrielle, mais on s'approche des zones frontalières du nord du Kivu (Zaire) et de Kigezi qui pourraient aussi profiter de la voie ferrée et lui fournir des tonnages. Il en a été tenu compte par l'expert dans les calculs. A Gisenyi, il faut prévoir la construction des installations pour débarquement.

La traction des trains est prévue par électricité. Cette forme d'énergie n'est pas seulement la plus propre, elle est aussi produite dans le pays même. Toutes les autres formes d'énergie, comme le charbon et le pétrole, doivent être importées. Du reste, la tendance à l'électrification se manifeste également auprès des chemins de fer est-africains et des chemins de fer du Zaire.

Les traverses devraient être préfabriquées en béton précontraint : le bois n'existe guère au Rwanda et il faudrait importer l'acier tandis que les traverses en béton précontraint pourraient être fabriquées au Rwanda et même former le début d'une industrie nouvelle.

Pour le matériel roulant, en 1988 on aura besoin de 18 trains journaliers à 10 wagons roulant dans les deux directions. Les wagons chargés à 50 % seulement avec 90 heures de durée de circulation et en comptant des réserves, on arrive à un parc de 80 locomotives, 800 wagons, 80 voitures, pour passagers/bagages, et 10 véhicules spéciaux.

D'une manière générale; il semble que, techniquement, la construction d'un chemin de fer au Rwanda sera faisable. Il y aura certainement quelques problèmes techniques par suite de la topographie (marais, paysages accidentés) mais il seront surmontables et ne peuvent être comparés aux problèmes qui se posent dans les Hautes-Alpes, par exemple.

### C. Les connexions avec l'étranger

Les lignes adjacentes au réseau rwandais sont :

Rusumo-Lac Victoria (Dukoba ou Ruiga Bay ou Nyamirembe);

Cyangugu-Lac Tanganyika (Dujumbura ou Uvira).

Les cartes des régions intéressées au Burundi et en République-Unie de Tanzanie n'étaient pas arrivées à temps pour permettre à l'expert d'étudier ces lignes dont il n'a fait qu'une étude sommaire et seulement quelque peu en dehors des frontières rwandaises. Pour une étude économique analogue à la présente, l'expert n'avait pas de données statistiques à sa disposition. Une étude plus détaillée sur les transports lacustres serait, en cet état de planification, encore prématurée.

Pour ces raisons, seules des propositions de variantes peuvent être faites pour le moment.

#### 1. Rusumo-Lac Victoria

Le terrain semble être d'abord assez similaire à celui du Rwanda dans la région de la Rusumo. Plus loin, il est assez plat, mais des marais étendus rendent le passage difficile. Au bord du lac, il y a des installations de chargement sur bateaux à Kemondo Bay. La variante Nyamirembe est plus favorable par suite d'un raccourcissement considérable des voies ferrées, tout en allongeant le trajet de navigation sur le lac, mais il faudrait construire de nouvelles installations de débarquement pour ferry-boats. Eventuellement, il faudrait même approfondir le lac autour du quai de débarquement. C'est un problème qu'il faudrait étudier au même titre que le réseau rwandais.

#### 2. Cyangugu-Lac Tanganyika

Techniquement, c'est le terrain le plus difficile de la partie rwandaise. Après la visite des lieux, l'expert a abandonné l'idée de faire passer la ligne le long de la Ruzizi. La vallée est trop étroite. Il faudrait un bon nombre de tunnels (coûtant cher dans ce pays) et, en outre, il y a un barrage au début de la vallée.

Pour la ligne, il ne reste qu'à grimper depuis Cyanguu vers l'aérodrome puis tourner vers le sud et gagner peu à peu, dans un terrain très accidenté, le petit haut plateau. Là, la descente vers la plaine de Bugarama nécessite encore quelques virages. De la frontière au Burundi, il ne semble pas qu'il y ait des difficultés sérieuses jusqu'à Bujumbura. Il en est de même si l'on emprunte le tracé existant pour aller à Uvira mais, dans ce cas, il faudrait passer par le fleuve. Il n'est pas recommandable de chercher le passage par les montagnes du côté zairois de la Ruzizi; le terrain y est encore plus difficile.

Finalement, la question se pose d'une connexion éventuelle vers le nord. A Kasese - 200 km à vol d'oiseau depuis Ruhengeri - finit la voie ferrée ougandaise. Une ligne reliant les deux villes devrait traverser une région très difficile. Il serait probablement plus simple de construire une ligne Kigali-Kagitumba-Mbarara et de la relier avec la ligne Kasese-Kampala. Au Rwanda, une telle ligne pourrait contribuer au développement de la région de Byumba, mais à part cela, un raccord avec le chemin de fer ougandais n'offre pas d'intérêt pour les pays situés au sud, tout simplement parce que la voie en direction de Mombasa est plus favorable par le lac Victoria. Il en serait tout autrement si le réseau ougandais avait une prolongation vers le nord et en Egypte, en Jamahiriya arabe libyenne et au Soudan. Comme ce n'était pas le cas, l'expert a renoncé à faire des propositions dans ce sens.

En résultat, il semble techniquement possible de réaliser les connexions vers l'étranger, sans trop de difficultés. Pour le moment, on ne peut indiquer que des variantes dont l'opportunité doit être vérifiée par des études préliminaires comme la présente. Il semble utile d'appliquer la méthode également au Burundi et d'en faire résulter une proposition pour la région entière.

### III. ASPECTS ECONOMIQUES DU PROJET

#### A. Estimation du besoin de transport ferroviaire

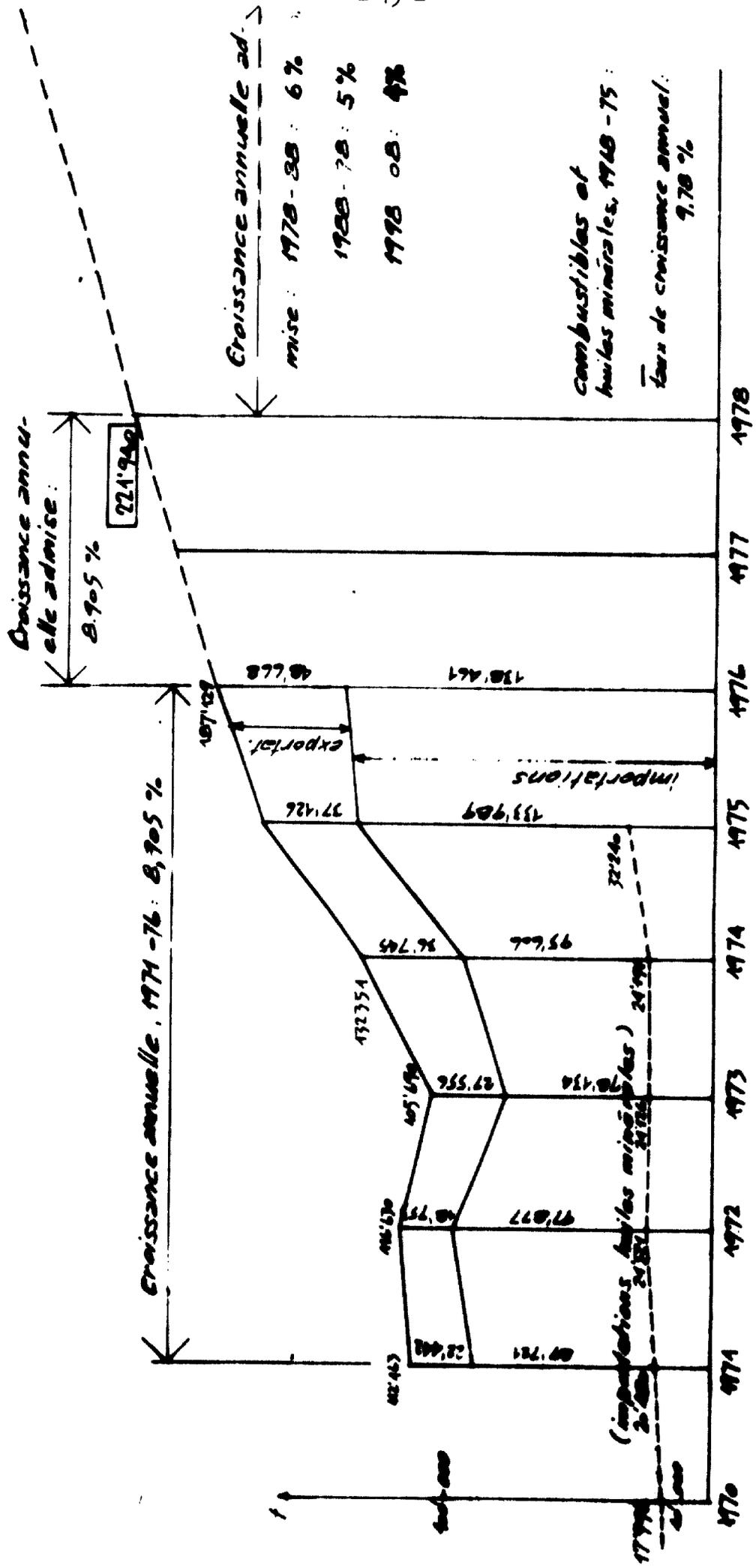
Il y a peu de statistiques dont le volume de transport ferroviaire pourrait être déduit. On connaît les tonnages de l'exportation assez exactement et on peut en déduire que 85 % utiliseront le chemin de fer. On peut calculer la croissance de cette opération jusqu'en 1978 et on peut admettre un développement futur : 6 % par an pour la décennie 1978-1988, 5 % par an pour la décennie 1988-1998 et 4 % par an pour la décennie 1998-2008 (figure I). Les quantités des importations de combustibles et huiles minérales, un chiffre qui reflète le développement des transports routiers, ont été également indiqués ainsi que le taux de croissance annuelle (9,78 %) à titre de comparaison.

Une autre indication pour le développement du trafic serait le nombre de véhicules (figure II). En particulier, le nombre de camions et de camionnettes est d'intérêt pour les transports ferroviaires. Les deux tableaux permettent de constater que le développement des exportations/importations a un taux de croissance plus faible (8,9 % par an) que celui des importations d'huiles minérales (9,8 % par an, en tenant compte de la crise du pétrole en 1973) et celui des camions et de camionnettes (10,7 % et 18,4 % par an respectivement). Les transports internes ont donc tendance à croître fortement surtout pour de courtes distances. C'est justement l'absence de statistiques sur les transports internes qui rend l'estimation des tonnages extrêmement difficile. Il serait, cependant, imprudent de vouloir appliquer ces pourcentages aux prévisions des trois décennies à venir. Avec d'autres auteurs et en contradiction avec le Plan 1977-1981 qui compte 10 % par an pour les transports, l'expert n'admet que des taux de croissance inférieurs à 6 % par an.

Pour l'estimation des tonnages, deux méthodes sont appliquées :

1. Méthode empirique : comparaison avec des régions présentant des conditions similaires

Il s'agit ici de trouver dans les statistiques des différents pays les tonnages ferroviaires par tête d'habitants pour des pays ou régions semblables en structure économique, en densité et en climat. On peut en déduire que le besoin de transport spécifique (par habitant) sera similaire.



Source: Banque Mondiale: Memorandum of the economy of Rwanda; July 1976; Report no. H08-RW  
 Supplément annuel au Bulletin statistique no. 3, Janv. 1976  
 Extrait du Service de statistique (1976)

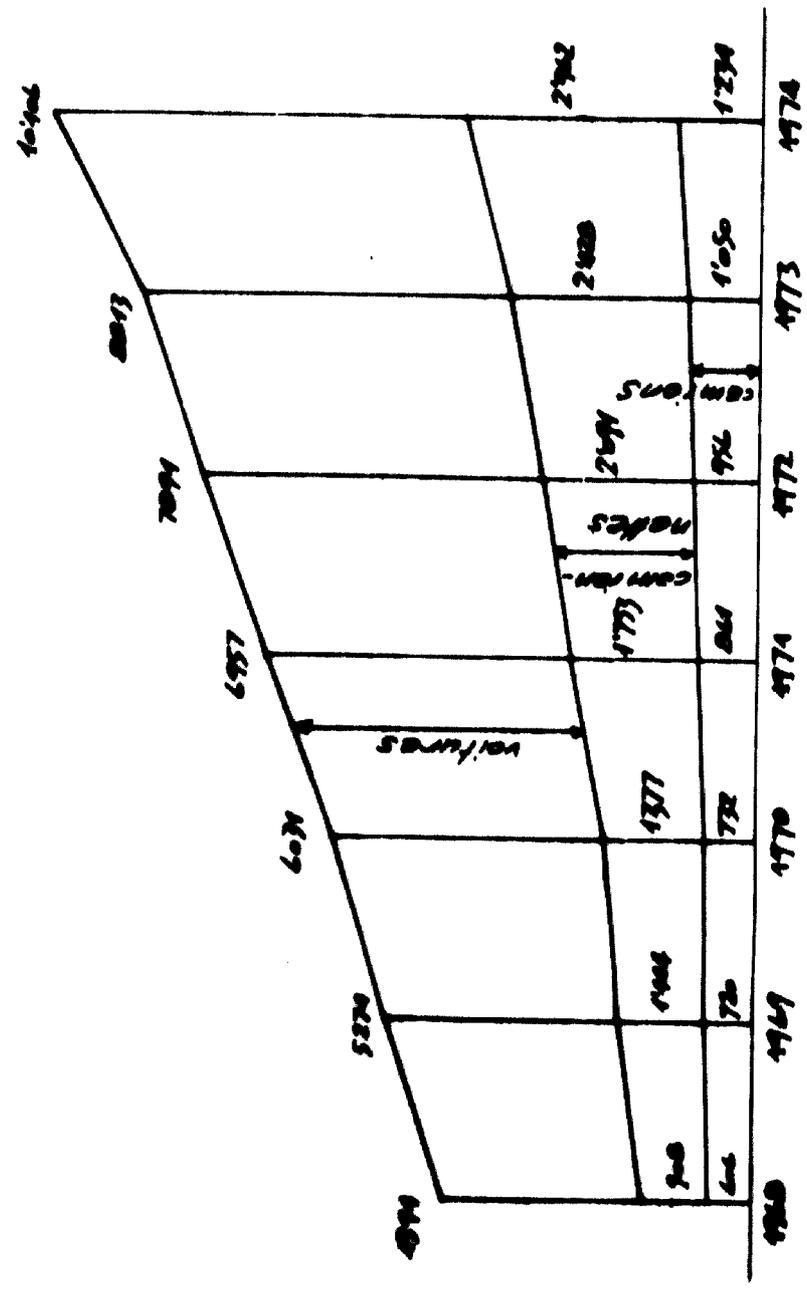
Figure I. Développement des exportations/importations (1971-1976) et prévisions (en tonnes)

Taux de croissance annuels :

	En pourcentage
Tous les véhicules	12,63
Camionnettes	18,40
Camions	10,69

Taux de croissance annuels  
admis pour les tonnages  
du chemin de fer :

	En pourcentage
1978-1988	7,33
1988-1998	5,55
1998-2008	4,93
1978-2008	5,93



Source : FNUD : Aménagement du Bassin du Kagera; Vol. 8 : Transports (Morconsult/Elektrowatt)  
 Bull. de statistique, extrait annuel no 2, janvier 1975.

a/ Certaines personnes compétentes doutent de l'exactitude de ces chiffres; certaines tendances indiquées, cependant, ne sauraient être mises en doute.

Figure II. Développement du nombre des véhicules (1968-1974) a/

Dans l'île de Java, pays de petite agriculture tropicale, avec une densité de 314,5 habitants au km<sup>2</sup>, très peu d'industries, on comptait avant la guerre 0,25 t de marchandises transportées par train, par an et par habitant.

Dans les Grisons (Suisse), région desservie par les chemins de fer rhétiques, d'agriculture alpine, avec une densité de 24 habitants par km<sup>2</sup>, légèrement industrialisée, beaucoup de tourisme, on compte 3,63 t/an par habitant.

En Suisse, pays touristique, très industrialisé, enclavé mais avec beaucoup de trafic transitaire, peu d'agriculture (environ 7 % de la population), et une densité de 154 habitants par km<sup>2</sup>, le besoin de trafic ferroviaire spécifique est de 7,5 t/an par habitant.

Ces chiffres montrent que c'est surtout le degré de l'industrialisation de l'économie nationale qui fait monter le besoin de trafic spécifique, où dans le terme "industrie" on inclura aussi bien l'agriculture industrialisée produisant au-delà de la subsistance pour le marché et l'exportation, l'artisanat et les petites et moyennes entreprises.

D'autre part, une telle industrialisation a comme condition un système de transport efficace et économique. C'est une influence mutuelle entre industrialisation et chemins de fer qu'on peut observer partout dans l'histoire de l'industrialisation.

Pour le Rwanda, on adoptera pour le trafic ferroviaire spécifique le plus bas des chiffres mentionnés, soit 0,25 t/an pour 1978, et on admettra une croissance annuelle de 6 % pour les trois décennies suivantes, soit : pour l'année 1988, 0,448 t/an; pour 1998 : 0,802 t/an; pour 2008 : 1,436 t/an. Ce taux de croissance ne semble d'ailleurs pas exagéré, vu que le taux de croissance annuelle de la population est déjà de 2,8 % par an actuellement.

En calculant avec une zone d'attraction de 2 x 15 km de largeur, le long de la ligne, et en multipliant cette surface par la densité de la population et les besoins de trafic ferroviaire spécifique des années respectives, on obtient les résultats figurant au tableau 4. A la zone d'attraction rwandaise, on peut ajouter certaines régions au-delà des frontières au Zaïre (Kivu) et en Ouganda (Kigezi) qui sont du même genre d'économie et de densité de la population. On admet que cette région d'attraction supplémentaire mesure 3 000 km<sup>2</sup> (voir tableau 2 et plan 2, annexe III).

Tableau 2. Estimation du besoin de trafic ferroviaire : méthode empirique

Préfecture	Zone d'attraction (2 x 15 km): surfaces, habitants et tonnages annuels.	Longueur ligne (km)	Zone d'attraction (km <sup>2</sup> )	Habitants (n)	Tonnages annuels		
					(0,25 t/an) 1978	(0,446 t/an) 1988	(0,802 t/an) 2008
Kibungu		97,5	2 925	197 730	49 433	88 563	158 639
Kigali (ville)		45,5	1 365	187 005	46 751	83 778	150 034
Gi tarasa/kigali (moyenne)		79,5	2 365	446 710	111 677	200 128	358 395
Ruhengeri		45,5	1 365	400 625	100 156	179 480	321 421
Gitarama		40,0 <sup>a/</sup>	1 200	217 560	54 390	97 467	174 548
(total Rwanda)		(308,0) <sup>a/</sup>	(9 240)	(1 449 630)	(362 407)	(649 434)	1 163 077
Zone Kivu/Kigali			3 000	470 670	117 667	210 860	377 618
Total				1 920 300	480 074	860 294	1 540 655
							2 758 000

a/ Virages adroits.

Il ressort du tableau 4 qu'environ 35 % de la population du Rwanda vit dans la zone d'attraction de 2 x 15 km, c'est-à-dire à moins de 15 km de la ligne ferroviaire de Rusumo à Gisenyi. Dans le secteur de Rusumo-Kigali (ville), il y en a 26,5 %, dans le secteur Kigali (ville)-Gisenyi, 73,5 %. Le "centre de gravité" de la population se situe donc plutôt vers l'ouest, à 189,48 km de Rusumo-frontière (en tenant compte de la population rwandaise seulement, sans la région Kivu/Kigezi). Les tonnages obtenus avec cette méthode empirique seront à comparer ultérieurement avec les résultats d'une autre méthode.

A part ces tonnages, les calculs ont des conséquences importantes pour la construction de la ligne, bien que, en procédant par étapes de l'est vers l'ouest, il n'y a pas lieu de s'arrêter à Kigali car, quoique les dépenses de Rusumo à Kigali soient environ 45 % de la ligne entière, les tonnages du même secteur n'atteignent que 26,5 % de la ligne entière (tonnages provenant du Kivu/Kigezi). D'autre part, les tonnages rwandais ayant leur centre de gravité à 189,48 km de la frontière feront donc un voyage moyen sur le territoire rwandais de 189,48 km à condition qu'ils soient totalement exportés ou importés. Il y aura, cependant, une certaine partie de trafic intérieur qui ne voyagera que sur une partie de la ligne. En admettant que le trafic interne représente le tiers des tonnages rwandais totaux (ce qui correspondrait à peu près aux statistiques de 1978, comme on le constatera plus loin) et ne parcourt que la moitié de la ligne entière, la distance de transport moyenne des tonnages rwandais serait de 177,65 km (trafic extérieur et intérieur). Ceci correspond à 57,7 % de la longueur totale de la ligne. Pour le calcul des tonnes kilométriques, soit le produit des tonnages annuels par la distance de transport moyenne, on adoptera pour plus de sûreté le chiffre de 176 km comme distance de transport moyenne. Si les tonnages "étrangers" (du Kivu/Kigezi) qui passent en transit par le territoire rwandais sont pris en considération, la distance moyenne de transport augmenterait à 209,6 km, donc de 18 %. Ces calculs montrent l'importance du trafic transitaire : ce trafic utilise pratiquement la ligne entière, soit 308 km, au lieu de la distance moyenne de 175 km, et est donc mieux payant que le trafic rwandais proprement dit. D'où l'intérêt de faciliter le trafic transitaire.

## 2. Méthode d'estimation directe

On choisit sur la ligne un nombre de points signifiants, de gares, haltes ou villages. Pour ces gares/haltes, on admet un certain besoin spécifique de trafic ferroviaire en général pour une concentration de population supposée (villages, villes) et un plus faible besoin spécifique de trafic en général pour

un rayon d'attraction plus étendu. A ce volume de trafic général s'ajoute le trafic spécial provenant des industries, mines, grands producteurs agricoles, etc. Dans le cas envisagé on a admis qu'il y ait tous les 10 km un point de gare/halte/village, soit 32 au total. Le rayon des "villages" (1,5 km) et le tonnage annuel par personne y habitant (1,0 t/an) sont donnés par l'auteur ainsi que le rayon de la zone d'attraction étendue (7 km), qui se superpose donc à une distance des "villages/gares/haltes" de 10 km, et le tonnage spécifique de cette zone (0,167 t/an). En calculant les surfaces de ces deux zones (6,78 km<sup>2</sup>, et 120,74 km<sup>2</sup> respectivement) et en les multipliant avec leurs tonnages spécifiques (1,0 t/an, et 0,167 t/an respectivement), il faut encore multiplier la somme des deux produits (soit environ 27 t/km<sup>2</sup>/an) avec la densité de la population à l'endroit du point "gare/halte/village" pour obtenir le tonnage annuel du trafic général à ce point. Le trafic général sera varié avec le temps pour tenir compte du développement général, ceci en admettant des taux de croissance annuels de 6 % par an pour 1978-1988, 5 % par an pour 1988-1998, 4 % par an pour 1998-2008.

Le besoin de trafic spécial sera admis selon le développement supposé d'après le plan 1977-1981, les statistiques, informations orales ou provenant d'autres sources, tant aux tonnages qu'au développement temporaire (voir tableau 3). On observe que les taux de croissance résultant de ceux-ci sont plutôt faibles. Les tonnages résultant des deux méthodes d'estimation sont sensiblement du même ordre de grandeur et diffèrent relativement peu, vu les incertitudes nombreuses des bases et de l'estimation même. Quoique la méthode directe soit plus véridique, on continuera les calculs avec les tonnages moyens du tableau 4. Jusqu'ici, il s'agit toujours de tonnages nets, c'est-à-dire chargés sur le train, avec emballages et qui sont facturés. Pour les estimations ultérieures on aura besoin d'autres bases de calcul encore :

Les tonnages bruts, c'est-à-dire les tonnages sur rail, y compris le poids propre du train, sont nécessaires pour évaluer le nombre de trains nécessaires. On admettra les poids suivants :

Train vide : 1 locomotive (80 t) + 10 wagons (60 t) = 140 t

Train chargé à 100 % : (10 wagons) 30 t + train vide = 440 t

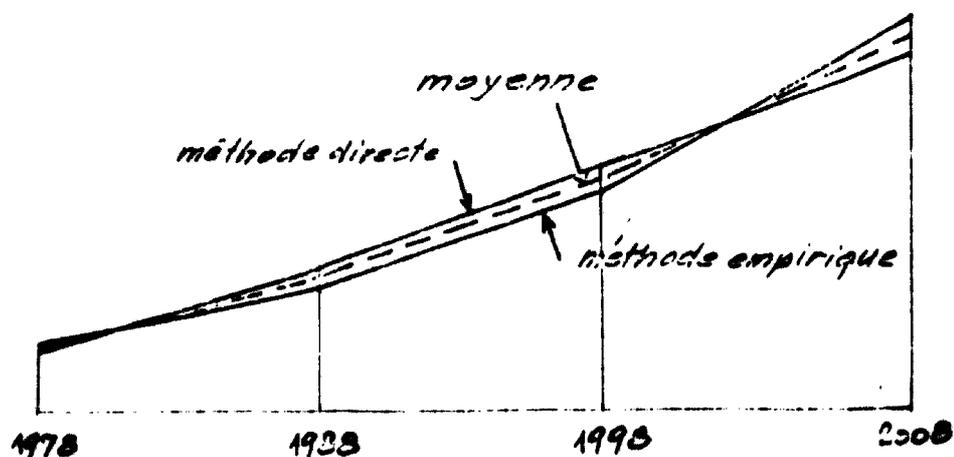
Train chargé à 50 % (cas normal) : 10 wagons à 15 t + train vide = 290 t

Tableau 3. Estimation du besoin de trafic ferroviaire : méthode d'estimation directe

	Nombre de "gares"	Densité de la population	Tonnage spécifique par "gare"	Total du besoin de trafic général (en t/a)			
				1978	1988	1998	2008
<b>Trafic général</b>							
Kibungu	10	67,6	27 233	18 410	32 970	53 905	79 496
Kigali	5	137,0	27 233	18 655	33 408	54 418	80 552
Gitaruma/Kigali	8	187,3	27 233	40 806	73 077	119 034	176 199
Ruhongi	5	293,5	27 233	39 964	71 569	116 578	172 564
Gisomyi	4	181,3	27 233	19 749	35 367	57 609	85 275
<b>Total</b>				<b>137 504</b>	<b>246 391</b>	<b>401 344</b>	<b>594 086</b>
<b>Majoration pour la zone Kivu/Kigali (30 %)</b>							
				41 275	73 917	120 403	178 226
<b>Total</b>				<b>178 859</b>	<b>320 309</b>	<b>521 747</b>	<b>772 312</b>
<b>Trafic spécial</b>							
		Estimation tonnage initial en 1978	Part sur total	Tonnages trafic spécial (en t/a)			
			En %	1978	1988	1998	2008
<b>Trafic spécial</b>							
Exportations/importations (industries existantes)		221 940	85	188 649	337 842	550 303	814 592
Brasseries		31 000	60	18 600	25 000	33 600	45 100
Linonaderies		6 000	60	3 600	4 800	6 400	8 600
Graviers et carrières (industries nouvelles)		200 000	30	60 000	107 500	175 100	259 500
Cimenteries (fig. IV)		30 000	60	-	18 000	36 000	54 000
Usine d'engrais chimiques (fig. IV)		200 000	60	-	120 000	240 000	260 000
Tourberies		150 000	40	-	60 000	73 100	80 800
Éléments de construction		50 000	40	-	20 000	40 000	60 000
Poissons		30 000	40	-	12 000	20 000	26 000
<b>Total</b>				<b>270 949</b>	<b>705 142</b>	<b>1 174 509</b>	<b>1 708 592</b>
<b>Total (trafic général et spécial)</b>				<b>449 768</b>	<b>1 025 451</b>	<b>1 696 256</b>	<b>2 480 904</b>

Tableau 4. Comparaison des tonnages obtenus par les deux méthodes d'estimation

	<u>1978</u>	<u>1988</u>	<u>1998</u>	<u>2008</u>
Estimation empirique	480 074	860 294	1 540 655	2 759 080
Estimation directe	449 708	1 025 451	1 696 256	2 480 904
Tonnages moyens	464 891	942 872	1 618 455	2 619 992
Taux de croissance annuelle	7,33 %	5,55 %	4,93 %	
Taux de croissance annuelle : 1978-2008		5,93		



En multipliant les tonnages annuels avec la distance de transport moyenne (175 km) on obtient les tonnes kilométriques (nettes) annuelles :

81 355 925      165 002 625      283 229 620      458 498 600

Figure III. Estimation des tonnages ferroviaires 1978-2008

Pour évaluer les tonnages bruts à partir des tonnages nets, il faut donc multiplier les derniers par le facteur  $\frac{290}{150} = 1,933$

	<u>1988</u>	<u>1998</u>	<u>2008</u>
Les tonnages bruts à prévoir seraient donc	1 822 886	3 129 013	5 065 318
soit en tonnes-kilométriques (brutes)	319 005 050	547 577 270	886 430 650
Pour ces t/km (brutes), la consommation en énergie électrique sera environ 0,05 kWh//t/km (brutes)			
soit	kWh	15 950 253	27 378 863
ou, comptant 4 F Rw/kWh	F Rw	63 801 012	109 515 450
		44 321 531	177 286 120

A titre de comparaison sont donnés, ci-après, quelques chiffres tirés de publications diverses et concernant les chemins de fer des pays voisins.

Les chemins de fer de l'Afrique orientale ont transporté, en 1972, les tonnages bruts suivants :

	<u>Tonnes</u>
Ligne Kigoma-Tabora	1 029 000
Ligne Mwanza-Tabora	2 027 000
Ligne Tabora-Dodoma	2 622 000

En prenant en considération les zones d'attraction et les données différentes, comme la densité de la population, les chiffres estimés pour le chemin de fer rwandais sont du même ordre de grandeur (1988 : 1 822 886 tonnes brutes).

Les chemins de fer du Zaïre ont transporté en 1972, 5 250 000 t (nettes) de marchandises ou 2 004 546 000 t/km (nettes) sur une distance moyenne de 381,82 km, la longueur du réseau étant 2 620 km.

En comparaison, les chemins de fer rwandais transporteraient, en 1988 942 872 t (nettes), 165 002 625 t/km (nettes), soit respectivement 18 % et 8,2 % des tonnages assurés par les chemins de fer du Zaïre. La distance de transport serait de 175 km (45,8 % par rapport au Zaïre) et le réseau 312 km (11,9 % du réseau du Zaïre). Ces chiffres sont difficilement comparables parce qu'au Zaïre, les mines fournissent les grands tonnages.

## B. Estimation des coûts

### 1. Coût total de construction

Pour l'estimation du coût de construction de la ligne Rusumo-Gisenyi, l'expert a d'abord esquissé six profils typiques (voir annexe II) et calculé leur coût par mètre. Ceci a permis, d'une part, d'évaluer en traçant la ligne si un trajet court mais probablement en profil coûteux serait à remplacer par un trajet plus long en profil moins cher, donc d'optimiser le tracé du point de vue économique, et, d'autre part, de calculer le coût d'un tronçon selon les pourcentages des différents profils admis dans ce tronçon. Il résulte aussi des prix que le béton et la ferraille coûtent très cher dans le pays par suite des longues distances de transport. Il y aura donc lieu d'éviter autant que possible les tunnels et les travaux d'art comme murs de soutien ou ponts. Le tableau 5 montre l'analyse des tronçons en profils typiques et donne l'estimation du coût de la ligne, ainsi que des installations, bâtiments et du matériel roulant.

Le coût total est donc estimé comme suit

	<u>En milliards de F Rw</u>
Construction de la ligne	25
Installations et bâtiments	7
Matériel roulant	6
	<hr/>
	38

Le coût est basé sur des prix courants en mai 1978. Il s'agit là certainement d'une somme très élevée, d'autant plus que la partie rwandaise de la ligne Kivu-Tanganyika n'est pas incluse. D'autre part, l'investissement se répartit sur environ huit ans et la durée de vie est très longue. On compte 80 ans pour les constructions et les installations et 40 ans pour le matériel roulant.

### 2. Frais d'exploitation

Il ne peut s'agir ici que d'une évaluation très sommaire. Une estimation plus détaillée et plus exacte serait à faire lors d'une étude de faisabilité par un spécialiste d'exploitation ferroviaire. Pour le moment, il s'agit seulement de connaître l'importance du rendement de l'investissement et des prix du transport ferroviaire comparés aux prix des transports routiers.

Tableau 5. Analyse des tronçons et estimation du coût de construction

<u>Rusumo-Kigali</u> : 143 km		
80 % type II	: 143 000 x 0,80 x 56 000	6 406 400 000
20 % type III	: 143 000 x 0,20 x 118 000	3 374 800 000
Ponts : Rusumo (150 m) + 22 x 20 m	= 590 m	} x 700 000
Marais à traverser : (prix = $\frac{1}{2}$ pont)	= 1 073 m	
		1 163 900 000
	(par m : F Rw 76 593,15)	10 945 100 000
<u>Kigali-Ruhengeri</u> : 99 km		
70 % type II	: 99 000 x 0,70 x 56 000	3 880 800 000
15 % type III	: 99 000 x 0,15 x 118 000	1 752 300 000
15 % type IV	: 99 000 x 0,15 x 108 000	1 603 800 000
29 ponts à 20 m	: 580 m à 700 000	406 000 000
	(par m = 77 201 F Rw)	7 642 900 000
<u>Ruhengeri-Gisenyi</u> : 70 km		
60 % type II	: 70 000 x 0,50 x 56 000	1 960 000 000
25 % type III	: 70 000 x 0,25 x 118 000	2 065 000 000
20 % type IV	: 70 000 x 0,20 x 108 000	1 512 000 000
5 % type V	: 70 000 x 0,05 x 210 000	735 000 000
10 ponts à 20 m	: 200 m à 700 000	110 000 000
	(par m : 90 160,10 F Rw)	6 412 000 000
Total des lignes Rusumo-Gisenyi (312 km) = 25 milliards de F Rw		
	(par m : 80 128,20 F Rw)	
<u>Installations spéciales et bâtiments</u>		
Haltes et gares, voie double incluse	: 32 x 16 000 000	512 000 000
Atelier mécanique central et bureaux centraux		320 000 000
Installation de débarquement et manutention, L. Kivu		300 000 000
Electrification	: 312 000 x 8 000	2 500 000 000
Signalisation et sécurité		2 500 000 000
Indemnité terrains et bâtiments		300 000 000
Divers		568 000 000
	Total installations et bâtiments	7 000 000 000
<u>Matériel roulant</u>		
Tonnages (1988) : 942 872 t/an (nettes) = 165 002 625 t/km (nettes)		
1 822 886 t/an (brutes) = 319 005 050 t/km (brutes)		
par jour : 1 822 886 : 360 = 5 063,57 t/jour; 1 train (50 %) = 290 t		
5 063,57 t/jour : 290 = 17,46 trains par jour = 18 trains par jour		
Durée de circulation : 90 h = 3,75 jours		
Parc nécessaire : 18 x 3,75 x 1,20 = 80 trains (réserve incluse : 20 %)		
80 locomotives	à 30 000 000	2 400 000 000
800 wagons, citernes incluses, etc.	à 3 000 000	2 400 000 000
conteneurs inclus		
80 voitures passagers/bagages	à 5 000 000	100 000 000
10 véhicules spéciaux	à 10 000 000	100 000 000
pièces de rechange, divers		700 000 000
	Total matériel roulant	6 000 000 000
Total investissement : lignes, installations, matériel roulant = 38 milliards de F Rw		

Pour essayer de chiffrer l'exploitation d'un futur chemin de fer rwandais, l'expert s'est basé sur le rapport sur l'exercice de l'année 1976 des chemins de fer rhétiques. Cette société exploite un réseau semblable (390 km) dans une topographie alpine et dans un pays d'une économie pas trop différente. C'est pourquoi, les tonnes kilométriques (brutes) sont du même ordre de grandeur.

Le tableau 6 donne une idée générale des dépenses et des recettes pour les exercices 1988, 1998, 2008. Pour les dépenses sur le renouvellement et l'amortissement, une durée de vie moyenne de 80 ans des constructions et des installations et de 40 ans pour le matériel roulant a été admise, calculant un intérêt de 3 %, les sommes obtenues des investissements respectifs des années 1988-1998-2008 étaient doublées pour couvrir le renouvellement et l'amortissement. Les chiffres admis se réfèrent à l'année 1978 (mai). Sur la figure IV figurant les résultats des rendements du tableau 6, sous forme graphique, et en montrant l'influence d'une variation du prix de la tonne kilométrique vendue. On y voit aussi bien la sensibilité par rapport aux prix obtenus et par rapport au temps écoulé. Finalement, on y lit le rendement possible du capital investi pendant une exploitation de 20 ans (1988-2008). La figure IV se traduit donc comme suit : en admettant que les capitaux soient gratuits pendant la construction (ou les intérêts pendant ce temps à inclure dans le budget de construction), on peut compter dans la première année de l'exploitation un rendement de l'investissement de 0,36 % à 2,5 % selon que le prix obtenu pour une tonne kilométrique est de 7 à 12 F kw. Dans la dixième année de l'exploitation, le rendement serait entre 1,68 % et 5,06 % pour les mêmes variations de prix, et après 20 ans de service, le rendement serait de 3,88 % à 8,89 %. Ces rendements tiennent compte des augmentations successives des investissements causées par l'augmentation du volume de trafic et des augmentations des dépenses dues aux mêmes raisons.

La question décisive sera donc : à quel prix un chemin de fer peut-il vendre la tonne kilométrique sur le marché rwandais en concurrence surtout avec le trafic routier ?

### C. Situation des prix du transport routier au Rwanda

Dans un pays à économie de marché, le prix de vente d'un produit n'est pas seulement donné par le coût de sa production, mais il est fixé aussi par le marché, c'est-à-dire en concurrence avec d'autres produits offerts. Dans



le cas du chemin de fer, il est donc indispensable de regarder de plus près les prix de la concurrence pour une prestation similaire, notamment les prix des transports routiers.

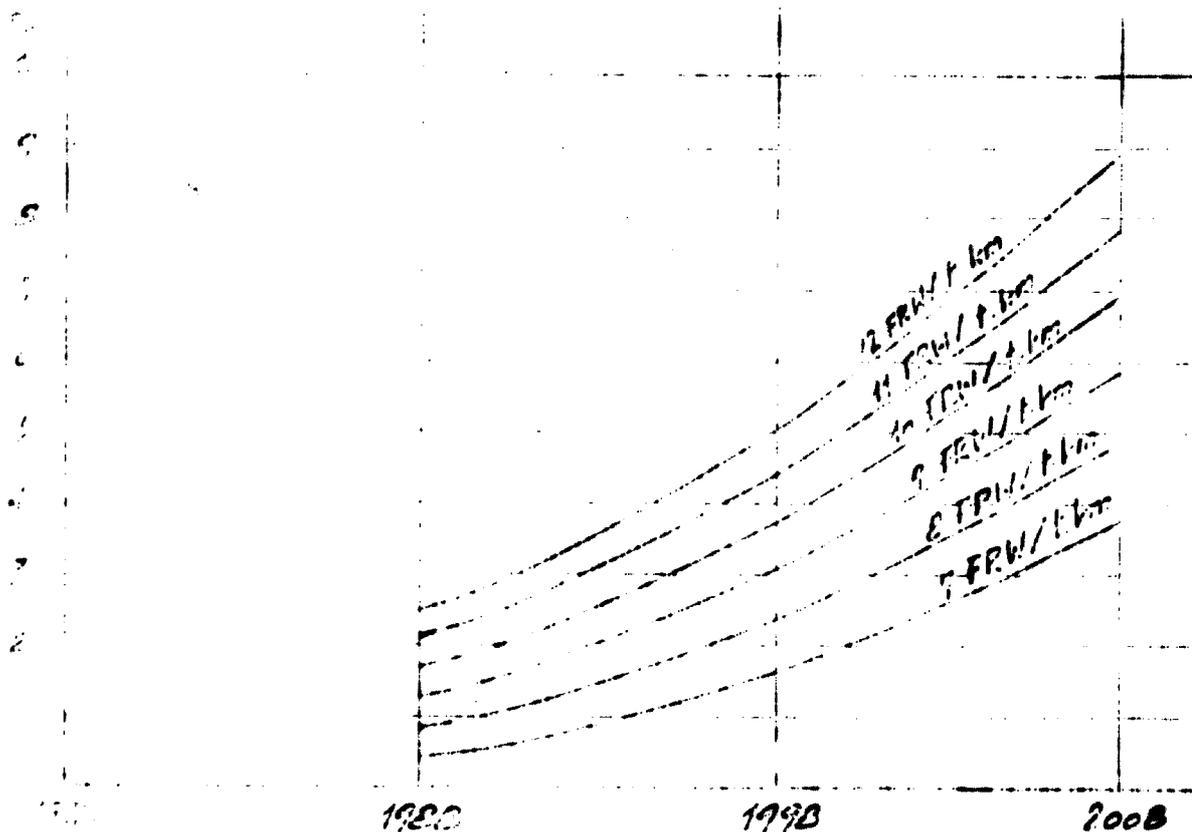


Figure IV. Rendement annuel du capital investi  
(38 milliards/42 milliards/45 milliards F Rw)  
pour différents prix de vente moyens de la tonne kilométrique

Le réseau des routes au Rwanda est très dense (environ 6 000 km de routes, soit 230 m/km<sup>2</sup>), mais, à part quelques routes principales bitumées, il s'agit généralement de routes en terre, souvent en mauvais état et à certains endroits praticables seulement par beau temps. Même si des efforts considérables sont entrepris pour améliorer ce réseau (ceux-ci ont d'ailleurs enregistré des succès ces dernières années), il ne sera guère possible, par suite du terrain accidenté du pays, d'arriver à un système routier de la capacité (autoroutes) offerte par un système ferroviaire. Le système routier servira plutôt comme

réseau de desserte du chemin de fer et pour les transports à courtes et moyennes distances (jusqu'à 30 km). Il maintiendra son importance dans les régions qui ne sont pas desservies par la voie ferrée.

Le transport des marchandises se fait actuellement à l'aide des véhicules suivants :

- Voitures, motocyclettes, bicyclettes : sur de courtes distances, probablement jusqu'à 20 km, et pour petites quantités (environ 100 à 200 kg);
- Camionnettes : sur des distances moyennes (20 à 150 km), pour des quantités moyennes (jusqu'à 2 t);
- Camions : sur de longues distances, surtout pour l'exportation/importation vers l'océan Indien.

Pour le chemin de fer, il y aurait intérêt à s'occuper surtout des transports routiers sur des distances moyennes (au-delà de 20 km) et des longues distances.

Les prix actuels de transports par route dépendent surtout de la distance (maintenance) et de l'état des routes. Par exemple :

	<u>En F Rw/t/km</u>
- Location d'une camionnette, charge utile 2 t coût : 40 F Rw/km, soit	20
- Location d'un camion, charge utile 5 t coût : 80-100 F Rw/km, soit	16 à 20
- Pour certaines routes, il y a des prix spéciaux :	
Kigali-Ruhengeri (aller simple, route mauvaise, 116 km)	17,25 à 25,86
Kigali-Butare (aller simple, route mauvaise, 136 km)	22,06 à 29,41
Kigali-Bugesera (aller simple, route mauvaise, 34 km)	29,41 à 44,12
Kigali-Gisenyi (aller simple route partiel- liement bitumée, 179 km)	16,76 à 22,35
Kigali-Kibungo (aller/retour, route bitumée, 2 x 108 km)	9,26 à 13,88

Les prix des parcours sur de grandes distances dépendent aussi de la nature des marchandises, surtout du degré d'utilisation des charges utiles à disposition et des délais (des délais d'attente jusqu'à trois mois sont à inclure dans les prix les plus bas). Par exemple :

	<u>En F Kw/t/km</u>
- Camion-remorque (28 t), chargé à 100 % : de 215 à 330 F Rw/km, soit	7,65 à 11,80
- Camion remorque (28 t), chargé à 50 % : 215 à 330 F Rw/km, soit	15,30 à 23,60

En comparant ces prix de transports routiers avec ceux du chemin de fer, il faut considérer que la qualité de transport n'est pas la même. Le transport routier offre un service porte-à-porte, tandis que les chemins de fer doivent, en général, se servir d'un camionnage entre la gare et le client. D'autre part, le transport sur rail est plus rapide et plus sûr, tandis que le transport routier s'assurera normalement d'abord d'un transport de retour avant de servir son client pour l'aller (ce qui cause parfois de grands délais). Le chemin de fer ne connaît que des transports/aller, les retours à vide sont relativement bon marché tandis que le transport routier paye son retour à vide presque aussi cher que l'aller chargé.

Dans le contexte des prix de la tonne kilométrique d'un chemin de fer, il est d'un certain intérêt de noter qu'en 1974, le produit par tonne kilométrique des chemins de fer fédéraux suisses était l'équivalent de 8,75 F Rw. Selon les calculs faits jusqu'ici, le prix de revient moyen d'une tonne kilométrique d'un chemin de fer rwandais serait aussi dans cet ordre de grandeur.

Il ressort des chiffres mentionnés que les transports ferroviaires au Rwanda peuvent être bien compétitifs avec les transports routiers, à condition, toutefois, que le chemin de fer soit bien organisé : service de conteneurs et de palettes, ferry-boats).

Dans le cadre de l'économie nationale, il est intéressant de noter qu'une réduction de seulement 2 F Rw du prix de la tonne kilométrique aurait comme conséquence une économie de 324 millions de F Rw en 1988 sur le réseau national (165 002 625 t/km - net) et environ 1 013 000 F Rw sur les lignes vers l'océan Indien (337 842 t sur 1 500 km, soit 506 763 t/km, net), donc environ 1 337 millions de F Rw dans la première année d'exploitation. Aujourd'hui même, en 1978, on arriverait à une économie d'environ 732 millions de F Rw par an, une somme qui permettrait de rembourser l'investissement initial en 32 ans seulement avec un intérêt de 3 % par an.

Etant donné les différences énormes dans les prix par tonne kilométrique des transports routiers, on trouverait peut-être par là une partie des moyens de financement du chemin de fer; une taxe de 1 F Rw par tonne kilométrique de tous les transports routiers - peut-être difficile à percevoir - rapporterait en 1978, annuellement, environ 400 millions de F Rw. Ces sommes déposées dans un fonds de financement de chemin de fer devraient former, à 3 % d'intérêt, un capital de 4 585 551 000 F Rw après 10 ans. En continuant à percevoir cette taxe, du reste faible par rapport aux fluctuations des prix de transports routiers, on pourrait même, à l'aide de crédits transitoires, financer le projet complètement et par ce moyen, diminuer le prix de revient de la tonne kilométrique ferroviaire considérablement.

Pour le transport de grandes quantités de voyageurs, il y a actuellement trois possibilités :

- Camionnettes (2 t) aménagées pour transporter environ 20 à 25 personnes (normalement debout); tarif : environ 2 F Rw/km/personne;
- Minibus VW ou Toyota, transportant environ 20 personnes assises; t tarif : environ 2,20 F Rw/km/personne;
- Autobus de petites et moyennes dimensions sur certaines lignes; tarif : environ 2,4 à 2,50 F Rw/km/personne.

Les camionnettes et les minibus (taxis) circulent selon la volonté du chauffeur, c'est-à-dire qu'ils partent lorsqu'ils sont pleins. Cependant, le véhicule fait aussi des détours pour faire descendre le voyageur à proximité du lieu de destination, ce qui peut doubler le temps minimum nécessaire pour le trajet. Les autobus desservent certaines lignes et surtout suivent un horaire approximatif. Pour les camionnettes et les minibus, il n'existe pas de statistiques. Ces véhicules sont très fréquentés et transportent probablement 10 à 15 fois la quantité des voyageurs dans les autobus.

Pour les autobus de lignes, les statistiques fournissent des chiffres exacts (4 %) : en 1975, 819 734 personnes ont payé 42 028 136 F Rw, soit 51,27 F Rw par voyage. Du prix par kilomètre, il résulte une distance de voyage moyenne de 25,6 km.

Ces chiffres indiquent que, dans l'ensemble du pays, environ 10 millions de personnes se déplacent annuellement d'environ 20 à 30 km. En admettant que 35 % de la population vive dans la zone d'attraction du chemin de fer et que

20 % des personnes y habitant utilise la voie ferrée, 700 000 personnes se déplaceraient sur environ 25 km en chemin de fer, soit 17 500 000 personnes par km, en 1978. En ajoutant encore la moitié des touristes actuels (8 000) cela ferait 170 km, donc 680 000 personnes par km, au total 18 180 000 personnes par km. Le tarif au km pourrait être un peu plus élevé que le tarif routier, soit 2,50 F Rw (toutefois, il ne couvrirait pas encore le coût de revient). Ainsi, le chemin de fer aurait aujourd'hui des recettes annuelles provenant des voyageurs de 45 450 000 F Rw, ou, en 1988, à un taux de croissance annuel de 2,8 %), environ 60 millions de F Rw de recettes. Ces recettes supplémentaires représenteraient seulement 3 à 4 % du produit des marchandises et ne vaudraient certainement pas toute l'administration nécessaire à un service de voyageurs normal. On se contentera donc d'ajouter aux trains de marchandises une voiture pour passagers et on encaissera un tarif correspondant aux kilomètres à parcourir en remettant au passager des timbres-quittances. Avec ce système, on ne devra pas renoncer à des recettes supplémentaires tout en évitant un appareil administratif coûteux.

Pour les estimations économiques, l'expert n'a pas tenu compte du trafic des voyageurs, créant ainsi une petite réserve.

Le prix moyen de la tonne kilométrique ferroviaire devra tenir compte de son propre prix de revient (y compris le service du capital) et du prix de tonne kilométrique routière.

Des prix de transports routiers, on peut déduire que, pour les distances courtes, un prix de 18 F Rw par t/km et pour les distances longues, un prix de 9 F Rw par t/km, seraient les tarifs routiers moyens. Les chemins de fer, n'offrant pas le service "porte-à-porte", vendre la tonne kilométrique à un prix plus bas, par exemple 14 F Rw et 7 F Rw respectivement en moyenne, également. En admettant 50 % pour les fractions longues distances et 50 % pour les moyennes distances, on arriverait à un prix moyen de 10,5 F Rw par t/km. Ce prix permettrait, selon le tableau 16, un rapport d'intérêt sur le capital investi d'environ 2 % en 1988, 4 % en 1998, et 7,3 % en 2008. Par rapport aux tarifs routiers, la réduction serait de 3 F Rw par t/km.

Sur ces bases, très hypothétiques, quelques comparaisons ont été faites :

1. Transport de ciment (Mombasa-Kigali-Gitarama)

- a) Route : ciment, 28 t, Mombasa-Kigali-Gitarama :  
camions, 1 753 km x 28 t x 9 = 441 756 (9 par t/km)
- b) Rail : ciment, 28 t, Mombasa-Kigali-Gitarama :  
rail, 1 700 km x 28 x 7 = 330 200  
camion, 53 km x 28 x 20 = 29 680  
transbordement 5 000 = 364 880 (7 433 par t/km)

---

Différence : 76 876 F Rw ou 2 745,60 F Rw/t

2. Transport de bananes (Kigali-Kibungo) - charge totale

- a) Route : bananes, 5 t, Kigali-Kibungo, 108 km :  
camions 5 t x 108 km x 18 = 9 720 (18 par t/km)
- b) Rail : bananes, 5 t, Kigali-Kibungo, 70 + 26 km :  
rail 5 t x 70 km x 14 = 4 900  
camions 5 t x 26 km x 20 = 2 600  
transbordement (conteneurs) 500 = 8 000 (16,66 par t/km)

---

Différence : 1 720 F Rw ou 344 F Rw/t

3. Transport de bananes (Kigali-Kibungo) charge partielle

Les comparaisons sont encore plus favorables pour le transport par rail, si les charges utiles admissibles ne sont utilisées que partiellement :

- a) Route : bananes, 4 t, Kigali-Kibungo, 108 km :  
camions : 5 t x 108 km x 18 (tarif) = 9 720 (22,50 par t/km)
- b) Rail : bananes, 4 t, Kigali-Kibungo, 70 + 26 km  
rail, 4 t x 70 km x 14 = 3 920  
camions, 5 t x 26 km x 20 = 2 600  
transbordement (conteneurs) 500 = 7 020 (18,28 par t/km)

---

Différence : 2 700 F Rw ou 675 F Rw/t

Il résulte de ces considérations que les prix de transports routiers sont très élevés. Le chemin de fer serait à même d'être compétitif même pour des transports ferroviaires nécessitant un camionnage pour arriver à destination.

D. Manufacture locale

Un chemin de fer au Rwanda sera pour le pays une tâche d'une importance unique qui, non seulement favorisera l'industrialisation en général, mais qui, elle-même, par les sommes énormes en jeu, sera un facteur industriel. Le pays aura donc tout intérêt à ce qu'une partie aussi grande que possible des fabrications se fassent dans le pays même.

Pour la ligne Rusumo-Gisenyi, on pourrait fabriquer ou fournir les objets ou travaux suivants :

- Traverses en béton précontraint, préfabriquées en usine (environ 500 000 pièces)
- Ballast (gravier concassé) (environ 300 000 m<sup>3</sup>)
- Éléments en béton, préfabriqués (caniveaux 200 000 m)
- Conteneurs (environ 40 000 m<sup>3</sup>)
- Main-d'œuvre pour travaux de construction
- Travaux d'artisanat

Pour l'exploitation, on aura besoin d'environ 500 employés et l'entretien des lignes et du matériel nécessiteront les services des tiers. La fourniture du courant électrique viendra également du pays (environ 64 millions de F Rw/an). Un montage partiel du matériel roulant dans le pays serait à examiner aussi pour des raisons de transport.

On peut évaluer ainsi la partie rwandaise des fournitures :

	<u>En milliers de F Rw</u>	<u>Pourcentage</u>	<u>En milliers de F Rw</u>
Construction des lignes	25 000 000	30	7 500 000
Installations et bâtiments :			
Haltes et gares	512 000	20	102 400
Atelier et bureaux	320 000	20	64 000
Débarquement Kivu	300 000	20	60 000
Electrification	2 500 000	5	125 000
Signalisation et sécurité	2 500 000	5	125 000
Indemnité terrain	300 000	100	300 000
Divers	568 000	15	85 200
Matériel roulant	6 000 000	5	300 000
Estimation des fournitures rwandaises			<u>8 661 600</u>

Les fournitures et prestations rwandaises sont estimées à 22,8 % de l'investissement total, sans compter la part rwandaise à l'exploitation pouvant atteindre, peut-être, 80 à 90 % des frais annuels.

Il est à recommander d'utiliser les travaux pour former le personnel rwandais en la matière en intégrant autant que possible dans les contrats avec des firmes étrangères la collaboration des futurs employés du chemin de fer.

#### IV. ASPECTS JURIDIQUES

Jusqu'ici, il a, à plusieurs reprises, été question de l'exploitation d'un chemin de fer qui devrait être organisé en vue de garantir un service sûr et rapide des transports. La sécurité et la rapidité des transports sont mises en question par les frontières et les transbordements portuaires. Techniquement, les transbordements portuaires et autres ne posent plus de problèmes, la manutention ne causant pratiquement guère de difficultés. Très souvent, cependant, le transit des marchandises par plusieurs pays a comme effet des retards considérables dus à la bureaucratie locale, aux lois trop compliquées gênant le cours économique des trains, ou tout simplement à l'incompétence des personnes aux points neuralgiques. Les obstacles qui s'opposent aujourd'hui au libre échange des biens ne sont plus de nature technique, mais de nature juridique ou psychologique. De là découle aussi une bonne part du malaise nommé enclavement.

C'est pour cette raison qu'il faut recommander vivement d'étudier ce problème dès que les études d'une voie ferrée au Rwanda ou dans un autre pays enclavé seront entreprises. Il est nécessaire, pour arriver à des transports transitaires rapides, que des traités soient conclus entre les états intéressés. Le but est une convention qui procure dorénavant aux transports transitaires internationaux des privilèges similaires à ceux dont jouissait au moyen âge le pèlerin.

## V. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

### A. Conclusions

- Un chemin de fer au Rwanda est techniquement faisable quoique ce soit à des coûts relativement élevés; la ligne doit aller de Rusumo par Kigali à Gisenyi sur le lac Kivu.
- Le système ferroviaire rwandais doit être relié au lac Victoria, d'une part, et au lac Kivu, d'autre part, tout en permettant l'usage de ferry-boats sur les deux lacs. Avec ces connexions, le pays a à sa disposition plusieurs possibilités d'accès à l'océan Indien et vers le nord de l'Ouganda.
- En deuxième étape, mais toute aussi importante, est la liaison du lac Kivu avec le lac Tanganyika par une voie ferrée de Cyangugu à Bujumbura; cette ligne ouvrira l'accès ferroviaire - et fluvial - à l'océan Atlantique en deux variantes, et même vers l'Afrique méridionale. Les connexions entre les trois lacs forment une contribution essentielle au désenclavement du pays.
- Une voie ferrée au Rwanda semble économiquement compétitive sous condition qu'une certaine industrialisation ait lieu avant ou pendant la construction de la voie ferrée (usine d'engrais, brasseries, cimenteries, fabrique d'éléments de construction, carrières, gravières).
- Le financement de la ligne est possible avec des crédits à taux d'intérêt bas ou avec une taxe à prélever sur les transports routiers (1 F Rw par tonne kilométrique, par exemple), appuyée par des crédits transitoires, ou par une combinaison des deux possibilités.
- La construction et l'exploitation des lignes doivent se faire moyennant un traité entre les Etats touchés.

### B. Recommandations

Pour poursuivre le travail commencé, l'auteur recommande de :

- Compléter la présente étude d'une façon similaire avec l'étude des lignes de liaison au lac Victoria et au lac Tanganyika;

- Faire élaborer ensuite une étude de faisabilité pour l'ensemble du système. Cette étude devrait :

Vérifier et compléter les bases admises jusqu'ici;

Utiliser, au moins pour le Rwanda, les plans à l'échelle

1 : 25 000 actuellement en exécution;

Etudier plus profondément les conditions économiques et les conditions d'exploitation;

Formuler les conditions juridiques pour l'organisation technique et l'organisation de l'exploitation;

Donner finalement une réponse définitive sur l'opportunité du projet.

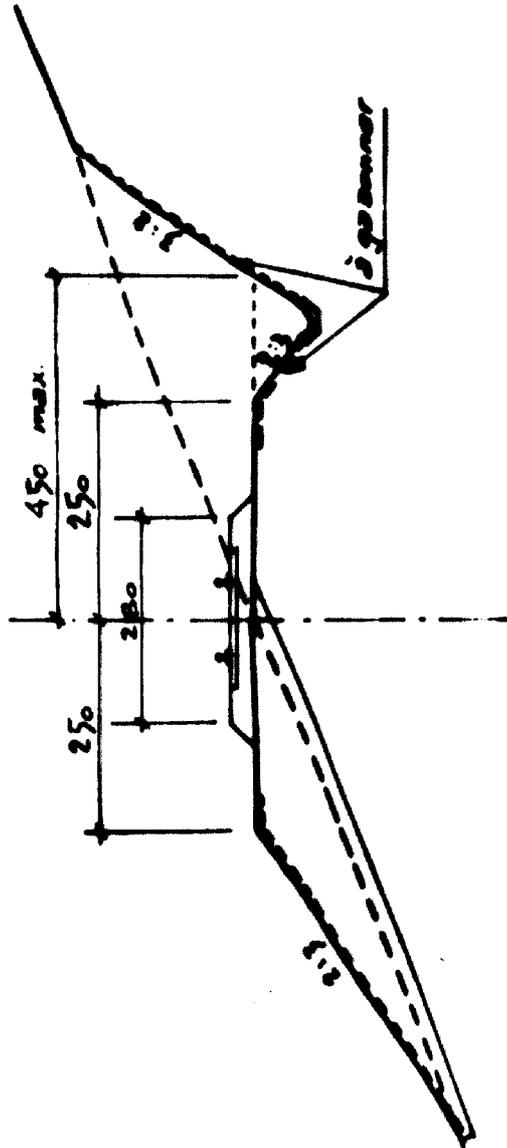
Annexe I

LISTE DES REFERENCES ET OUVRAGES CONSULTES

- Banque Mondiale. Memorandum on the Economy of Rwanda, Report No 1108-RW. July, 1976.
- Chemins de fer rhétiques. Grisons (Suisse). Rapport sur l'exercice 1976. Normes techniques.
- Commission des communautés européennes. Rwanda : les conditions d'installation d'entreprises industrielles, 2ème édition, vol. 10, juillet 1974.
- Guide touristique du Rwanda. Delroisse, 2ème édition.
- Jane's World Railways, 1973/74.
- Les chemins de fer fédéraux suisses en quelques chiffres, 1975.
- Lugan, B. Commerce de traité et projets de désenclavement de Rwanda sous le régime allemand. Etudes rwandaises, vol. 8, No 1, janvier 1977. UNR, Butare.
- Mahy, G. Contribution à la connaissance de la faune piscicole du Rwanda. Etudes rwandaises, vol. 10, No 1, UNR, Butare.
- Ministère du Plan. Bulletin de statistique, No 49, avril 1976  
Bulletin de statistique, No 50, juillet 1976  
Le Plan 1977-1981 (abrégé), novembre 1976  
Supplément annuel au Bulletin de statistiques No 3, janvier 1976.
- Pirath, C. Verkehrswirtschaft. In Schleider, Taschenbuch für Bauingenieure.
- Programme des Nations Unies pour le développement  
Planification de l'aménagement du bassin de la Kagera.  
Rapport final, vol. II. Polytechna/Hydroproject/Lotti, 1973.  
  
Aménagement du bassin de la rivière Kagera, Phase II.  
Vol. 8 : Transports (Norconsult/Electrowatt). Avril 1976.
- Union des banques suisses. La Suisse en chiffres, 1977.



# Profil type II



terrain accidenté

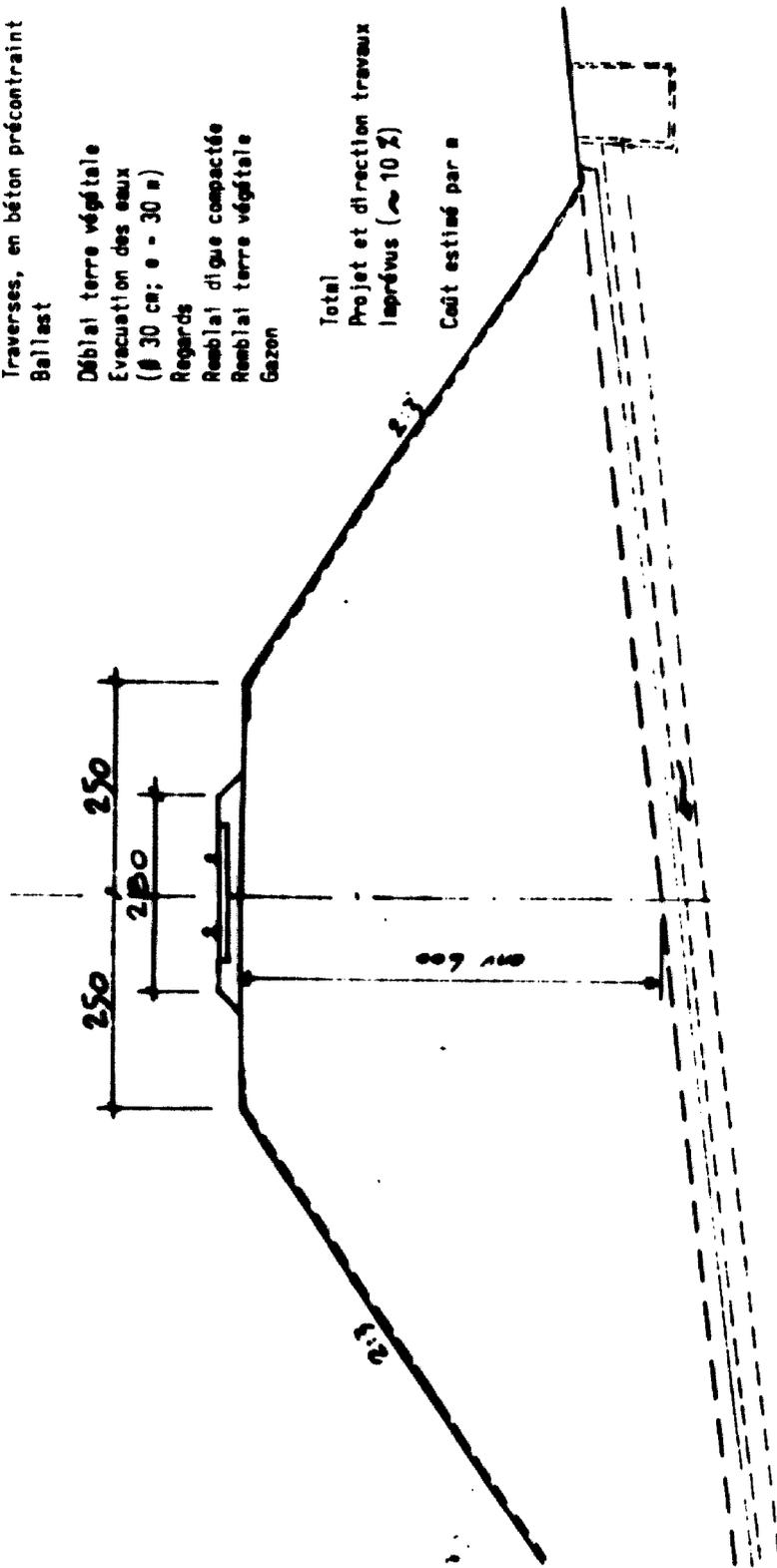
remblais et déblais moyens

matériel partiellement rocheux,  
mais déblayé à la machine

Quantités et coût estimé par m

					En F liv
Rails, pose incluse	kg 72	à	250		18 000
Fixations diverses	kg 13	à	350		4 550
Traversees, en béton précontraint	P. 1,67	à	4 500		7 515
Ballast	m <sup>3</sup> 1,00	à	2 200		2 200
Déblai terre végétale	m <sup>3</sup> 4,2	à	300		1 260
Déblai, transport 200 m inclus	m <sup>3</sup> 5,8	à	350		2 030
Fouille fossé	m <sup>3</sup> 1,00	à	400		400
Fond du fossé, béton armé	m	1,00	à	2 000	2 000
Remblai compacté, transport 200 m inclus	m <sup>3</sup> 4,90	à	500		2 450
Remblai terre végétale	m <sup>3</sup> 3,72	à	350		1 305
Gazon	m <sup>3</sup> 13,0	à	200		2 600
<b>Total</b>					<b>14 310</b>
Projet et direction travaux (15 %)					
Imprévus (~ 10 %)					
Coût estimé par m					
					<b>56 000</b>

# Profil type III



digue de 6 m de hauteur  
terrain plat ou peu incliné

[p.m.: coût d'un pont-rails par m' env. 700000]

(L = 25 m, fondations)  
(1 m de pont équivaut : 5,93 m du profil No III; 12,50 m du profil No II; 14,58 m du profil I)

Quantités et coût estimé par m

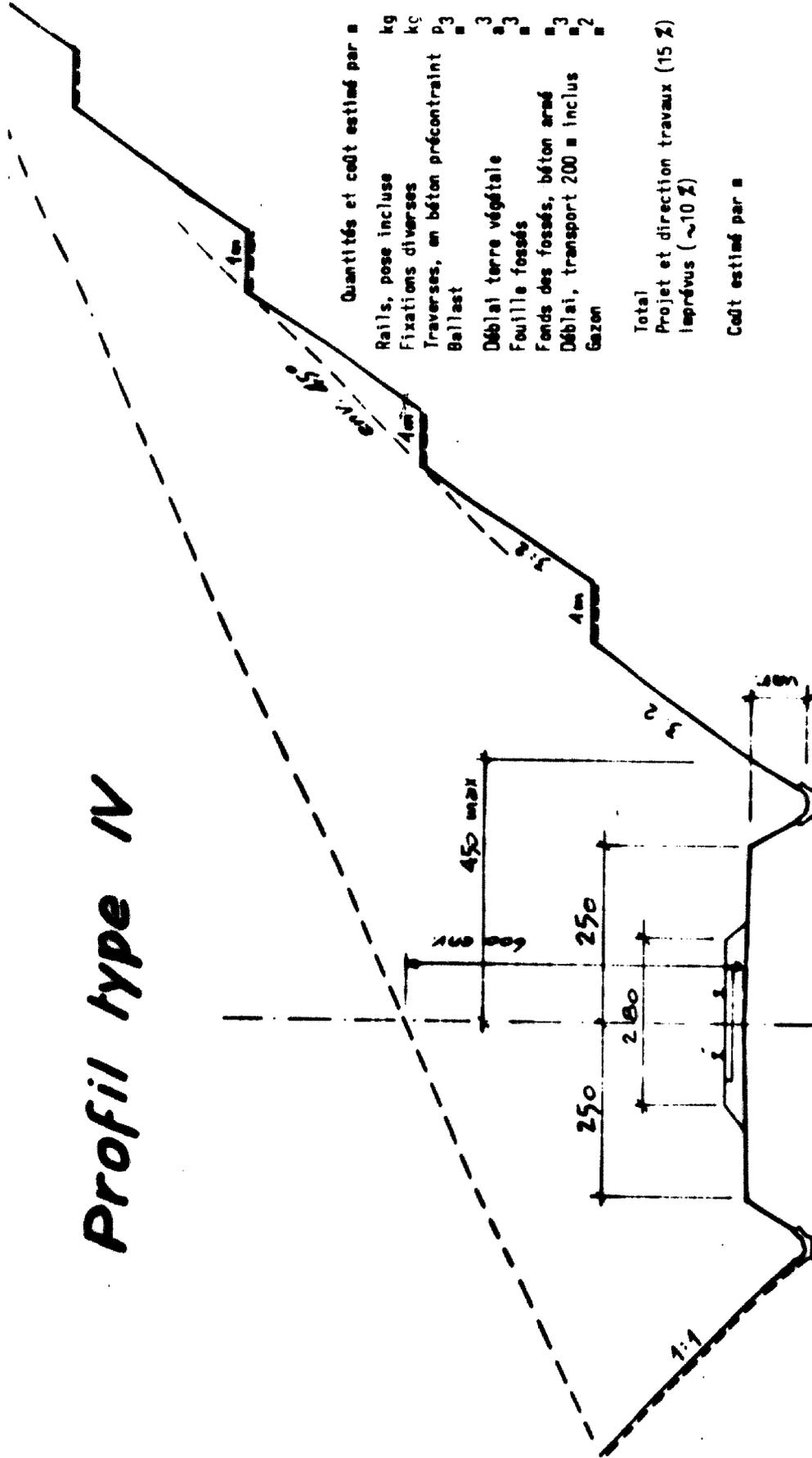
Rails, pose incluse	kg	72 à	250
Fixations diverses	kg	13 à	350
Traverses, en béton précontraint	P3	1,67 à	4 500
Ballast	m <sup>3</sup>	1,00 à	2 200
Déblai terre végétale	m <sup>3</sup>	7,20 à	300
Evacuation des eaux (ø 30 cm; e = 30 m)	m	1,00 à	6 000
Regards	P3	0,033 à	30 000
Remblai digue compactée	m <sup>3</sup>	91,35 à	500
Remblai terre végétale	m <sup>2</sup>	4,44 à	400
Gazon	m <sup>2</sup>	222 à	200

Total  
Projet et direction travaux  
Imprévus (~ 10 %)

Coût estimé par m

En F. Mv	18 000	32 265
	4 550	
	7 515	
	2 200	
	2 160	
	6 000	65
	1 000	65
	45 675	
	1 780	
	4 440	
	93 320	
	14 000	
	10 680	
	118 000	

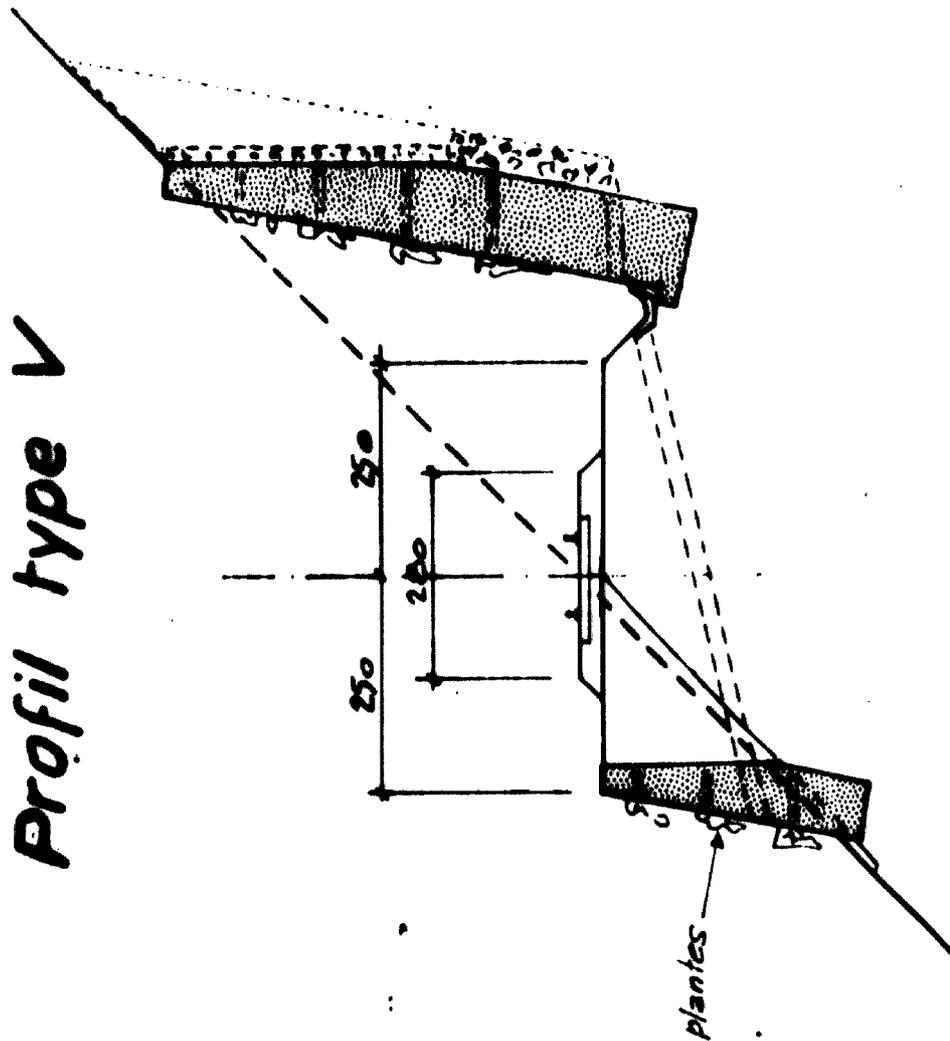
# Profil type IV



Quantités et coût estimé par m		En F. Ky	
Rails, pose incluse	kg 72 à 250	18 000	32 765
Fixations diverses	kg 13 à 350	4 550	
Traverses, en béton précontraint	m 1,67 à 4 500	7 515	
Ballast	m 1,00 à 2 200	2 200	
Déblai terre végétale	m 3 8,25 à 300	2 475	53 215
Fouille fossés	m 3 2,00 à 400	800	
Fonds des fossés, béton armé	m 3 2,00 à 2 000	4 000	
Déblai, transport 200 m inclus	m 2 110,35 à 400	44 140	
Gazon	m 2 9,00 à 200	1 800	
<b>Total</b>		<b>85 480</b>	
<b>Projet et direction travaux (15 %)</b>		<b>12 820</b>	
<b>Imprévis (≈10 %)</b>		<b>9 700</b>	
<b>Coût estimé par m</b>		<b>108 000</b>	

Déblai fort, de 6 m de profondeur environ.  
Terrain accidenté et partiellement rocheux,  
mais travail pouvant être exécuté machinement.

# Profil type V



Terrain montagneux et rocheux, mais travail réalisable à la machine.

## Quantités et coût estimé par m

Rails, pose incluse	kg	72	à	250
Fixation diverses	kg	13	à	350
Traverses, en béton précontraint	m	1,67	à	500
Ballast	m <sup>3</sup>	1,00	à	2 200
Déblai, terre végétale..	m <sup>3</sup>	2,64	à	300
Déblai, transport 400 m inclus	m <sup>3</sup>	20,18	à	450
Déblai fondations murs	m <sup>3</sup>	3,32	à	550
Evacuation des eaux, Ø 30	m	1,00	à	4 000
Murs de soutènement	m	10,04	à	10 000
(escamotée en pierre naturelle)	m	2,87	à	500
Remblai, compactage inclus	m <sup>3</sup>	7,72	à	600
Remblai derrière mur	m <sup>3</sup>	1,00	à	2 000
Rigole	m	0,60	à	400
Remblai terre végétale	m <sup>3</sup>	0,60	à	250
Gazon et plantes	m <sup>2</sup>			

## Total

Projet et direction des travaux (15 %)

Imprévus (~10 %)

Coût estimé par m

En F. Kw  
18 000  
4 550  
7 515  
2 200

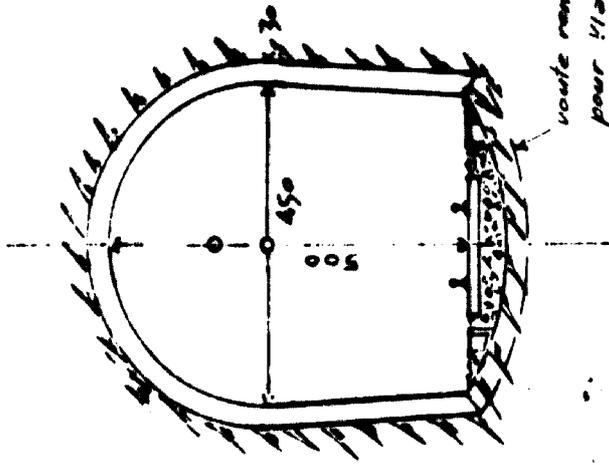
790  
9 080  
1 830  
4 000  
100 400  
1 435  
4 630  
2 000  
240  
1 500

125 865

- 48 -

158 530  
23 780  
18 690  
201 000

# Profil type VI



Tunnel

Quantités et coût estimé par m

VI a	VI b	En F. Rv
Déblai, boisage inclus	3 26,10 à 6 000 = 156 600	220 860
Béton, coffrage compris	3 5,47 à 30 000 = 104 100	117 300
Caniveaux	2 à 3 000 = 6 000	6 000
Ballast	3 1,54 à 2 200 = 3 390	3 390
Traverses	p. 1,67 à 4 500 = 7 520	7 520
Rails, pose incluse	kg 72 à 250 = 18 000	18 000
Fixation	kg 13 à 350 = 4 550	4 550
<b>Total</b>		<b>377 620</b>
Projet et direction travaux		56 580
Imprévus ( ~10 % )		43 800
<b>Coût estimé par m</b>		<b>478 000</b>

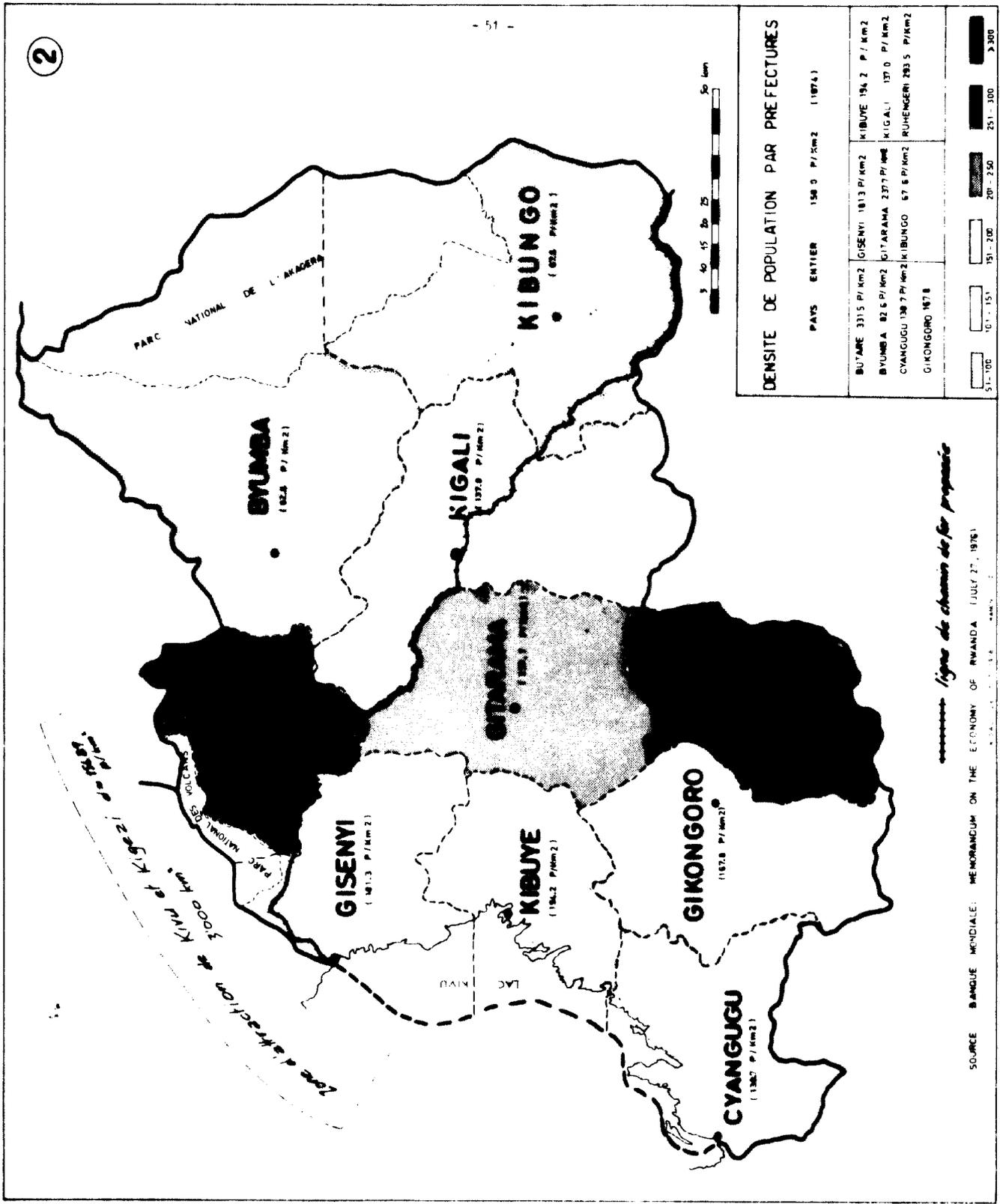
VI a : Rocher bréchiforme, plus ou moins cimenté terrain solide, partiellement friable abattable à l'explosif et à la main

VI b : Rocher compact, graniteux ou basaltique, solide, ne nécessitant pas de boisage.

(1 m du tunnel type VI a ou b (prix moyen) équivalent : 9,73 m du profil I : 8,34 m du profil II 4,32 m du profil IV : 2,32 m du profil V



2

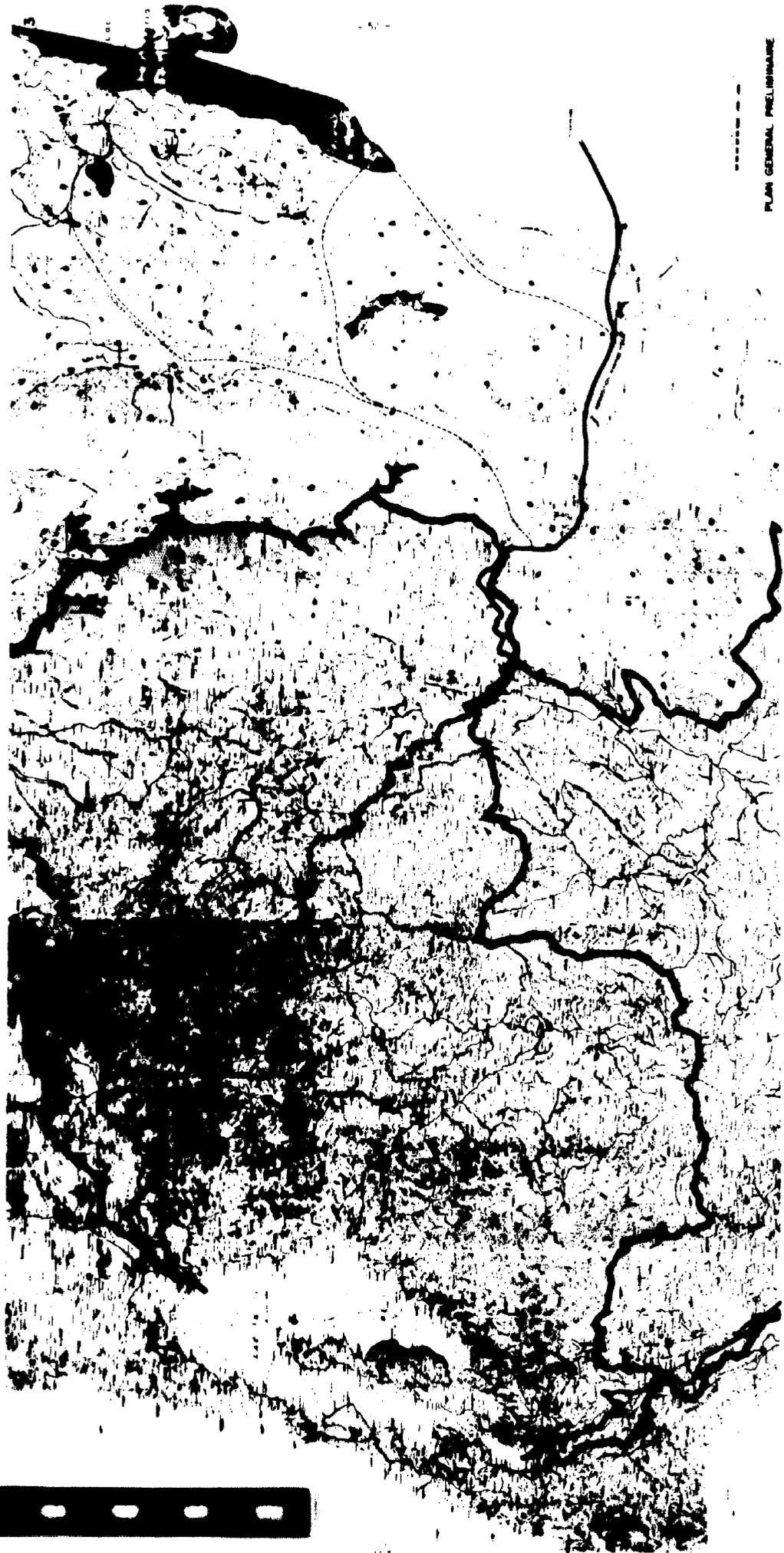


DENSITE DE POPULATION PAR PREFECTURES

PAYS ENTIER	158 5 P/Km2	(1974)
BYUMBA	825 P/Km2	(1974)
KIBUYE	1842 P/Km2	(1974)
KIGALI	1278 P/Km2	(1974)
KIBUNGA	1507 P/Km2	(1974)
GISENYI	1413 P/Km2	(1974)
KIBUNGO	625 P/Km2	(1974)
GIKONGORO	1578 P/Km2	(1974)
CYANGUGU	1380 P/Km2	(1974)

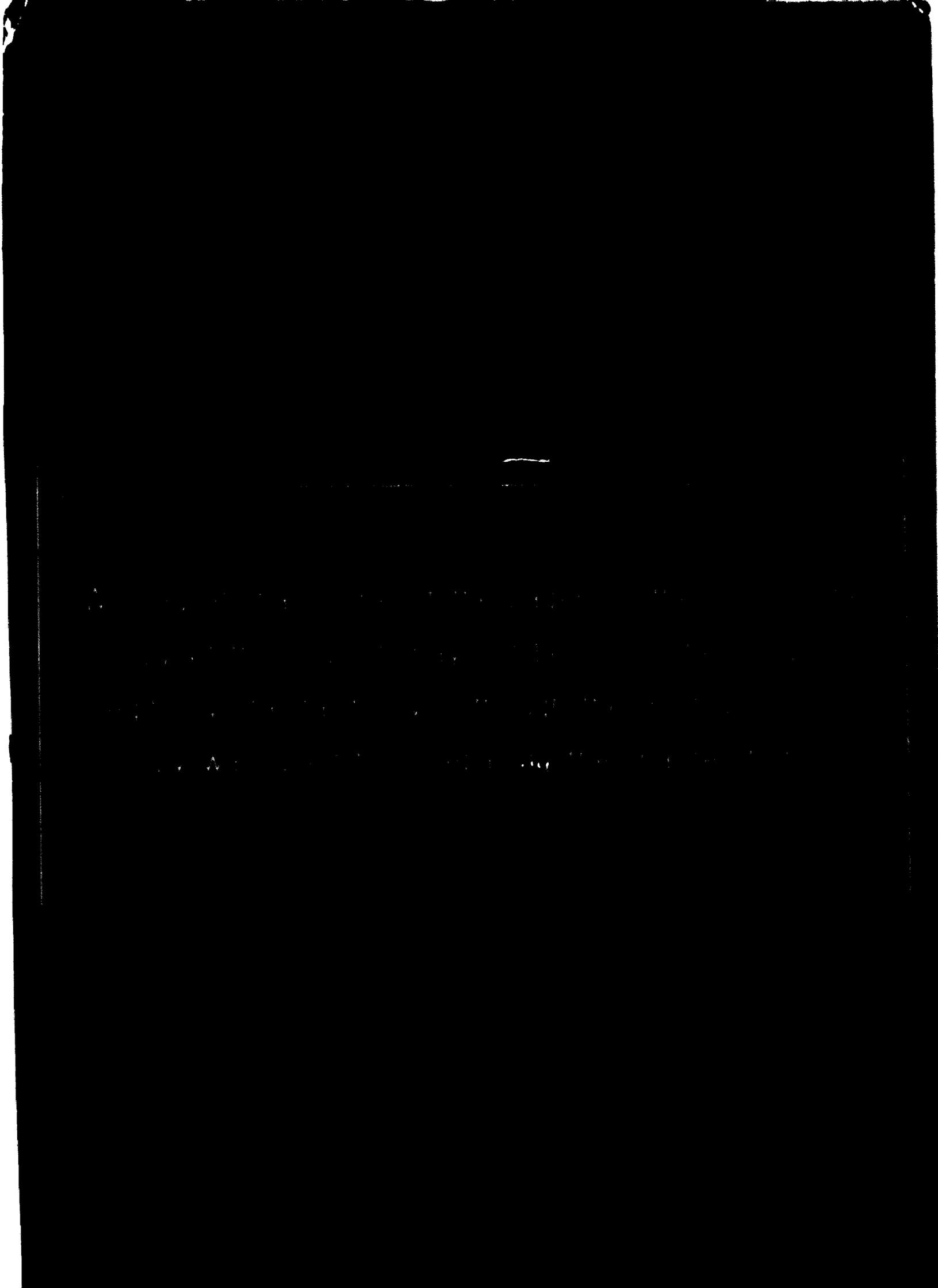
----- ligne de chemin de fer proposée

SOURCE : BANQUE MONDIALE. MEMORANDUM ON THE ECONOMY OF RWANDA (JULY 27, 1975)

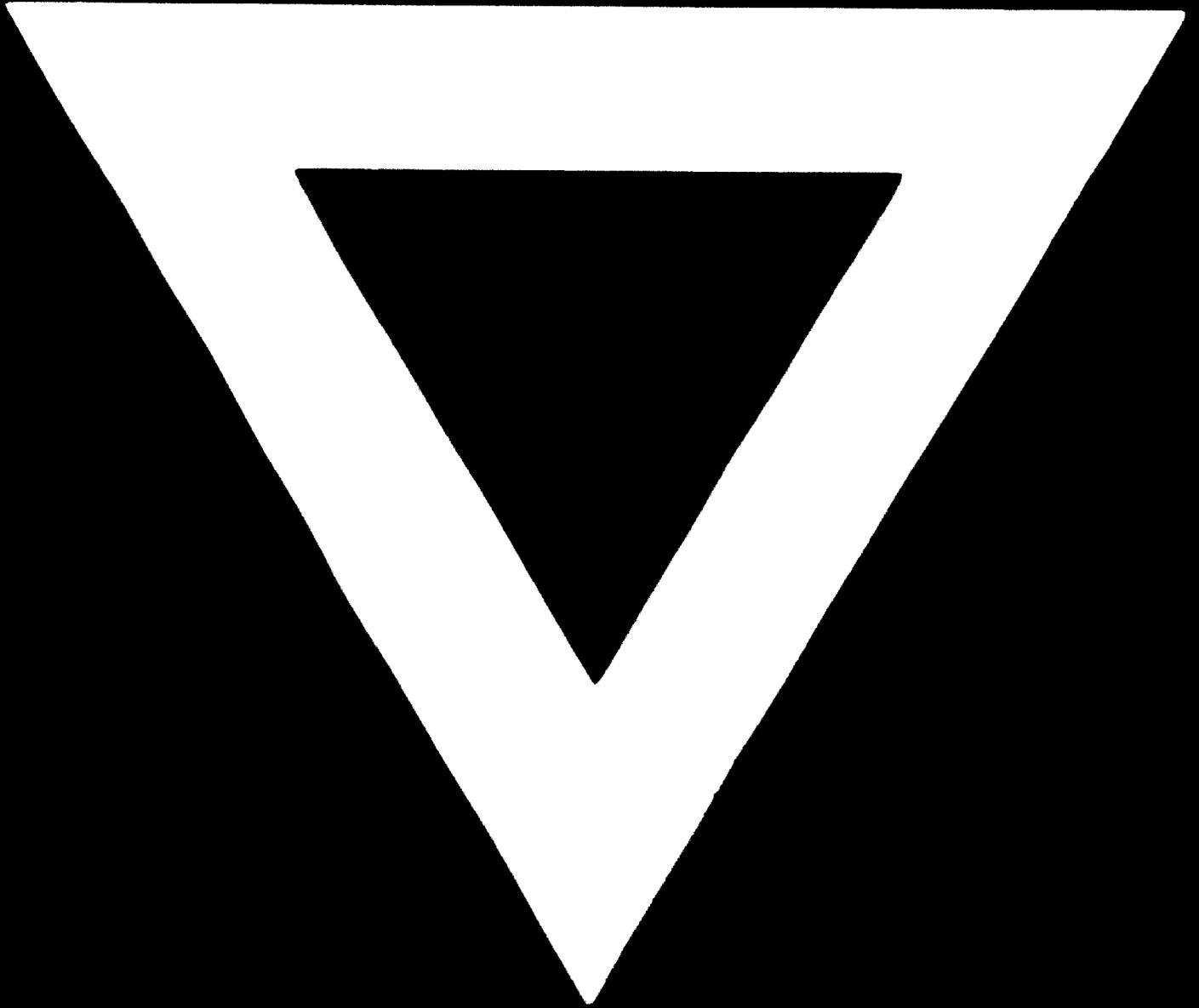


PLAN GENERAL PRELIMINAIRE





**B - 6**



**79.11.12**