

## CHAPITRE 4 Enquête sur la circulation



## CHAPITRE 4 ENQUETE SUR LA CIRCULATION

### 4.1 Enquête sur la situation actuelle de la circulation

La présente enquête, dont le but est de connaître des changements survenus dans la circulation routière depuis le Plan-Directeur JICA (1986), a comporté: l'enquête du trafic en section courante et l'enquête O-D par interview au bord des rues aux environs des points de départ et d'arrivée (à l'est et à l'ouest) d'où est prévue la construction de l'artère est-ouest. En outre, l'enquête par interview dans les entreprises d'autobus et de chemin de fer a été effectuée pour connaître l'état d'organisation du transport en commun.

#### 4.1.1 Enquête du trafic en section courante

##### (1) Enquête par comptage manuel

L'enquête a été effectuée pendant trois jours; du 29 au 31 Mai 1989 par comptage manuel en 12 heures (de 7:00 à 19:00) sur 12 points d'enquête: de A à L voir la Figure 4.1.1 montrant la localisation des points d'enquête.

Dix catégories de véhicule ont été enquêtées au total, à savoir: 1 catégorie pour voitures particulières, 4 pour transport en commun par autobus, 4 pour véhicules de transport de marchandises et 1 pour véhicules divers.

En ce qui concerne le transport en commun, il est composé de bus, minibus, fula-fula (camion aménagé) et KIMALUMALU.

Le Tableau 4.1.1 ainsi que les Figures 4.1.2 et 4.1.3 montrent les résultats du comptage manuel en 12 heures. Comme on le voit sur ce tableau, les catégories de véhicule en toute section courante d'enquête se composent de 71% de voitures particulières, 18% d'autobus et 11% de véhicules de transport de marchandises. Quant au transport en commun avec la composition des catégories de véhicule montrée en Figure 4.1.4, les minibus représentent 72,5%, alors que les autobus proprement dit n'occupent que 13,3%, voire 17,6% en incluant les fula-fulas ayant la même capacité de transport. Les véhicules de transport de marchandises tels que; les pick-ups, petit véhicules représentent 47%, comme le montre la Figure 4.1.5. S'agissant de la variation horaire du trafic, la comparaison faite entre les stations 1-2 à l'ouest et les points d'enquête 17-18 à l'est, les mêmes points

l'ouest et les points d'enquête 17-18 à l'est, les mêmes points de sondage que dans le Plan-Directeur JICA (1986), fait ressortir que l'ouest présente peu de variation horaire, mais à l'est la pointe se produit aux heures de déplacement motif "travail".

Le trafic total mesuré en 12 heures sur les stations 1-2 et aux points d'enquête 17-18 représente 47% de la totalité du trafic mesuré dans les 12 points d'enquête.

Rappelons, à titre d'information, que l'enquête en 12 heures contenue dans le Plan-Directeur JICA (1986) avait été faite également aux points d'enquête ci-dessus. De ce fait, la comparaison entre ces deux enquêtes fait ressortir que le trafic en section est multiplié par 1,43 en moyenne depuis 1985 et que le trafic d'autobus a connu une augmentation supérieure à celle du trafic automobile montré ci-dessous.

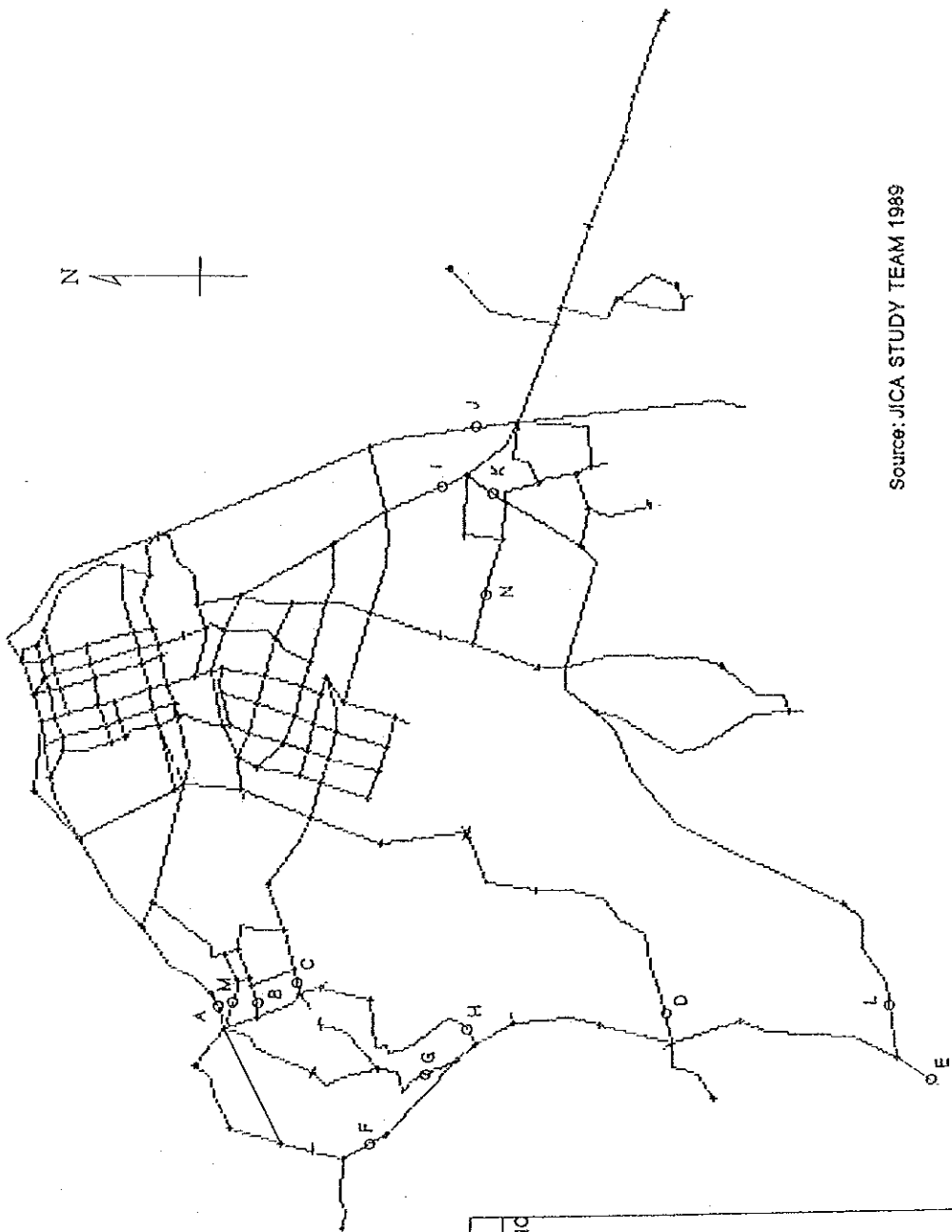
#### Comparaison du trafic automobile en 12 heures

		Unité: Véhicules/jour		
		<u>1985</u>	<u>1989</u>	<u>89/85</u>
Station 1 - 2	Avenue Monjiba	16.359	23.966	1,46
Station 17 - 18	Boulevard Lumumba	<u>25.216</u>	<u>35.399</u>	<u>1.40</u>
		41.575	59.364	1,43

#### Comparaison du trafic d'autobus en 12 heures

		Unité: Véhicules/jour		
		<u>1985</u>	<u>1989</u>	<u>89/85</u>
Station 1- 2		1.280	2.875	2,25
Station 17 - 18		<u>4.347</u>	<u>8.097</u>	<u>1,86</u>
		5.627	10.972	1,95

L'avenue Mondjiba a 2 voies dont la largeur est de 3,5 m chacune. Le trafic mélangé durant 12 heures (de 7:00 à 19:00) était de 23966 voitures. D'après les données obtenues par comptage automatique, le trafic nocturne à cette station était de 15% par rapport au trafic diurne. En tenant compte de 3,5% taux de mélange de poids lourds, le trafic journalier est de l'ordre de 28500 PCV/jour.



Source: JICA STUDY TEAM 1989

Figure 4.1.1 Carte de localisation des points d'enquête

STATION	SURVEY TYPE		
	O-D SURVEY	MANUAL	AUTOMATIC
A	X	X	X
B	X	X	X
C	X	X	X
D	X	X	X
E		X	X
F		X	X
G		X	X
H		X	X
I		X	X
J		X	X
K		X	X
L	X	X	X
M		X	X
N		X	X

(2) Observation automatique

L'enquête par observation automatique a été effectuée pour connaître le trafic journalier moyen, le taux de trafic entre le jour et la nuit, le facteur de pointe ainsi que la vérification du comptage manuel. Les points d'enquête: M, N sur la Fig. 4.1 sont ajoutés compte tenu des nouvelles routes mises en service sur la ligne écran.

Aux points d'enquête, le trafic nocturne moyen était de 22% par rapport à la circulation diurne pendant 12 heures.

Par contre, le facteur de pointe et l'heure de pointe enregistrés sont variables comme indiqué ci-dessous.

	<u>Facteur de pointe</u>	<u>Heure de pointe</u>
<u>Routes de direction nord-sud</u>		
Route des poids lourds	12,88%	7:00 - 8:00
Av. Lumomba	12,15%	7:00 - 8:00
Route Bypass	12,50%	7:00 - 8:00
Route de Matadi	9,25%	16:00 - 17:00
Av. Deviniere	10,48%	18:00 - 19:00
<u>Routes de direction est-ouest</u>		
Av. Monjiba	9,54%	13:00 - 14:00
Av. Kasavubu	9,81%	7:00 - 8:00
Av. de la Foire	10,00%	18:00 - 19:00
Av. Kianza	11,70%	17:00 - 18:00

Tableau 4.1.1 Résultat de l'enquête du trafic en section en 12 heures

Station	Voiture particulières	Total des voitures particulières	Kimalu Malu	Minibus	Autobus	Fula-Fula	Total des autobus publics	Pick-up	Camionnette	Camion poids lourd	Remorque	Total des camions	Autres	Total des véhicules
1-2	19408	19408	240	2409	41	185	2875	1052	476	75	47	1650	33	23966
3-4	5008	5008	44	299	41	28	412	337	128	11	6	482	1	6903
5-6	10049	10049	153	2068	96	181	2498	585	608	112	58	1363	47	13957
7-8	2559	2559	296	525	38	19	878	153	265	29	14	461	0	3898
23-24	2072	2072	125	361	142	20	648	213	269	44	62	588	5	3313
S-Total	39096	39096	858	5662	358	433	7311	2340	1746	271	187	4544	86	51037
%	76,70	76,60	1,68	11,09	0,70	0,85	14,32	4,58	3,42	0,53	0,37	8,90	0,17	100,00
9-10	765	765	81	280	18	7	386	267	399	83	92	841	13	2005
11-12	5085	5085	87	475	52	16	630	286	408	58	37	789	5	6509
13-14	7544	7544	140	727	12	5	884	410	323	30	8	771	26	9225
15-16	2230	2230	39	119	3	2	163	160	78	8	0	246	0	2639
S-Total	15624	15624	347	1601	85	30	2063	1123	1208	179	137	2647	44	20378
%	76,67	76,67	1,70	7,86	0,42	0,15	10,12	5,51	5,93	0,88	0,67	12,99	0,22	100,00
17-18	23666	23666	595	5495	1639	368	8097	1631	1471	137	239	3478	158	35399
19-20	3886	3886	224	1395	111	90	1820	642	774	71	94	1581	63	7350
21-22	8002	8002	200	2161	795	52	3208	588	456	68	89	1201	5	12416
S-Total	35554	35554	1019	9051	2545	510	13125	2861	2701	276	422	6260	226	55165
%	64,45	64,45	1,85	16,41	4,61	0,92	23,79	5,19	4,90	0,50	0,76	11,35	0,41	100,00
Total	90274	90274	2224	16314	2988	973	22499	6324	5655	726	746	13451	356	126580
%	71,32	71,32	1,76	12,89	2,36	0,77	17,77	5,00	4,47	0,57	0,59	10,63	0,28	100,00

Voiture particulière: Voiture particulière  
 Famille d'autobus: Kimalu-malu + Minibus + Autobus + Fula-fula  
 Camions: Pick-up + Camionnette + Camion poids lourd + Remorque

Source: Equipe d'Etude JICA 1989

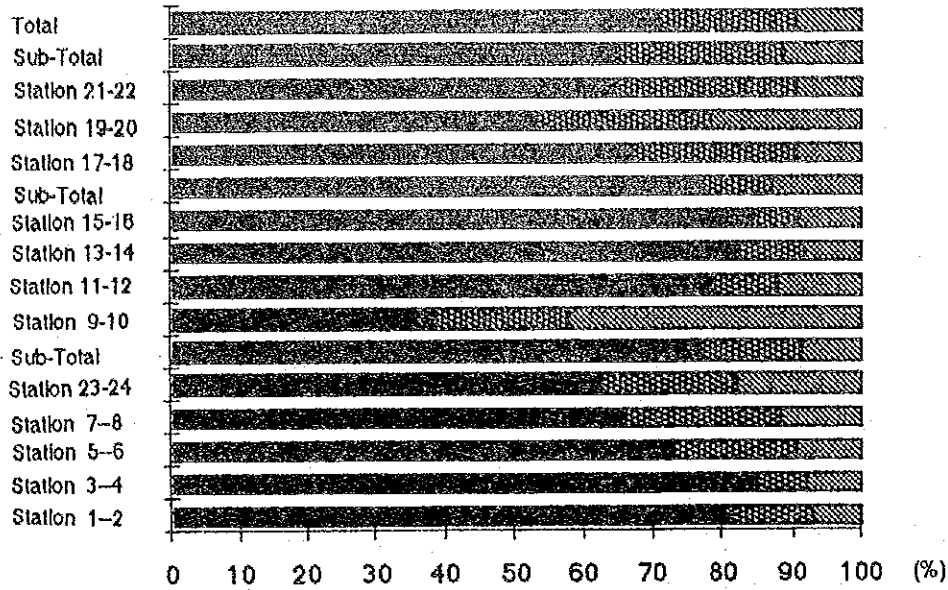


Figure 4.1.2 Composition des catégories de véhicules

Source: JICA STUDY TEAM 1989

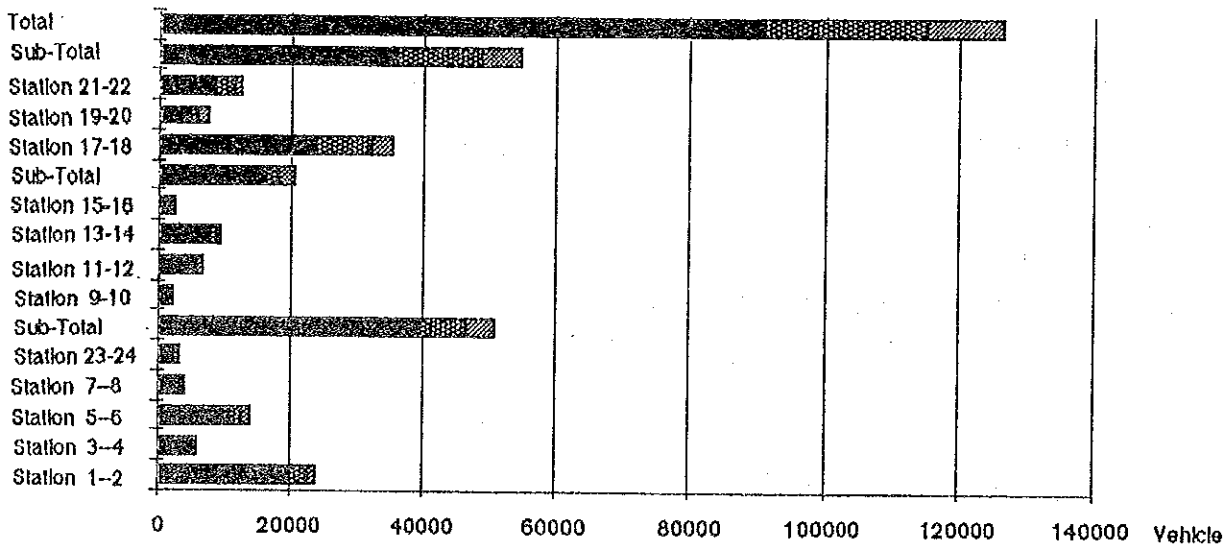





Figure 4.1.3 Trafic journalier moyen aux points d'enquête

 TRUCKTOTAL  
 PUBLICBUS TOTAL  
 PASS CAR



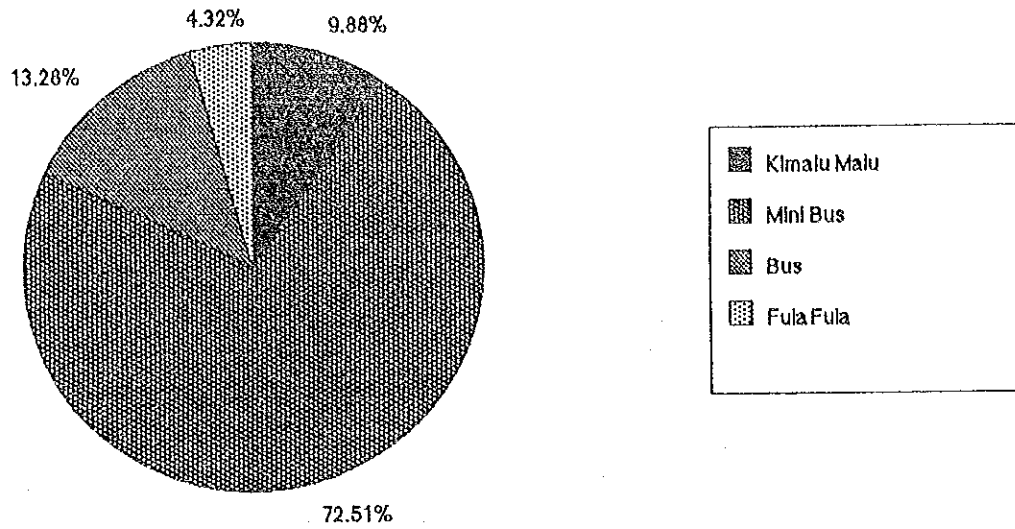


Figure 4.1.4 Catégories de véhicules de transport en commun sur la voirie

Source: JICA STUDY TEAM 1989

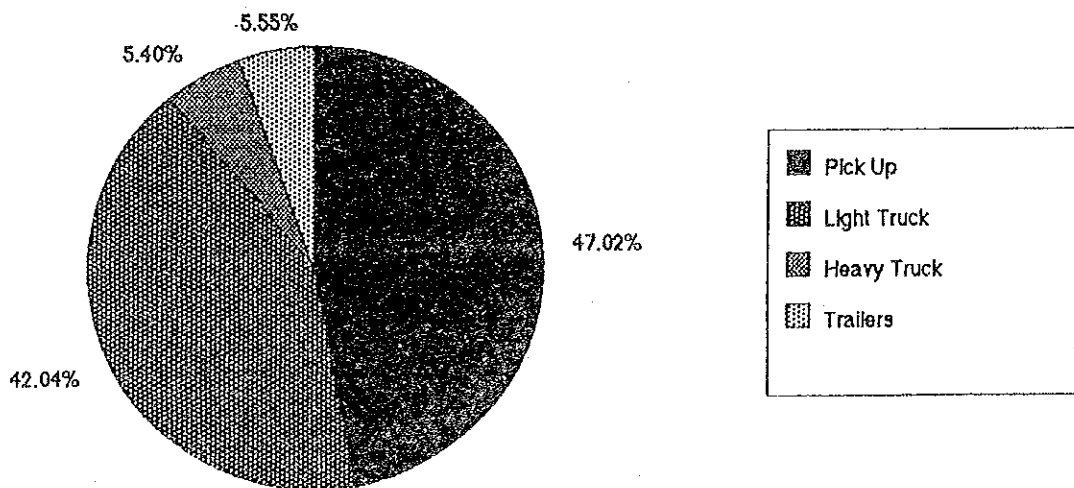
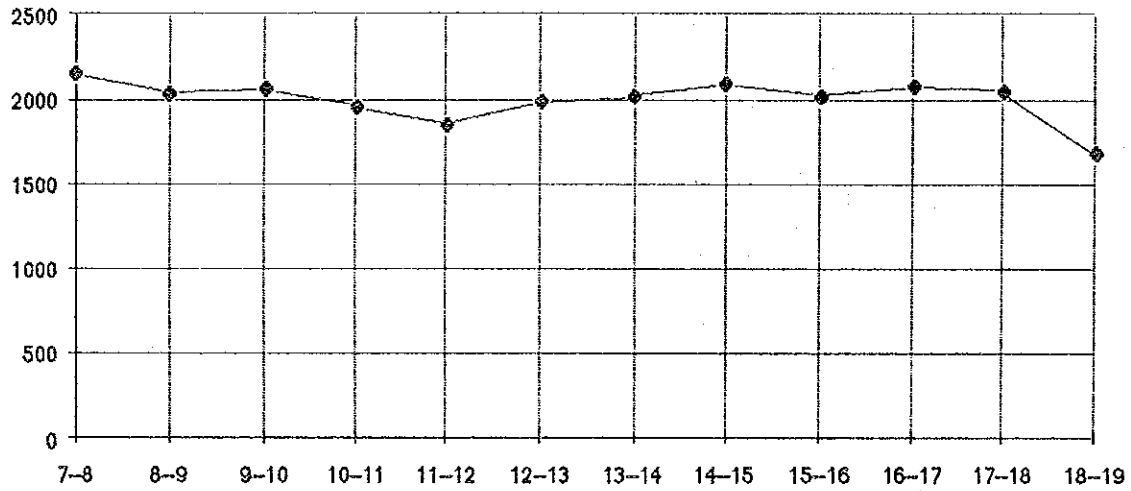


Figure 4.1.5 Catégories de véhicules de transport de marchandises sur la voirie

Source: JICA STUDY TEAM 1989

STATION 1-2



Source: JICA STUDY TEAM 1989

STA18-INBOUND STA 17-OUTBUOND

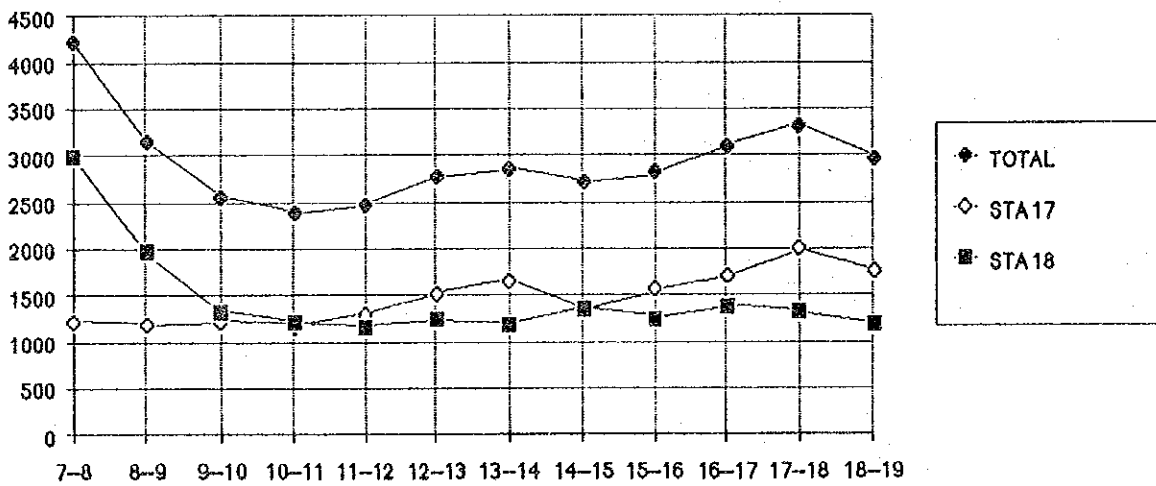


Figure 4.1.6 Variation horaire du trafic aux stations 1-2 et 17-18

Source: JICA STUDY TEAM 1989

#### 4.1.2 Enquête O-D au bord des rues

Pour étudier la direction d'accès de l'artère en projet sur le tronçon collinaire à l'ouest et la nécessité de ce tronçon, l'enquête O-D au bord des rues a été effectuée en même temps que le comptage manuel, par découpage en 11 sous-zones de la zone de Ngaliema où se situe le tronçon d'accès et à 5 points sur la ligne écran à l'ouest comme le montre la Fig. 4.1.1 "de localisation des points d'enquête". Les 2 grandes zones de Selembo et de Lemba le long de l'artère en projet ont été découpées en sous-zones préalablement à l'enquête O-D, comme le montre la Fig. 4.1.7 "zonage". Donc, au lieu de 25 zones utilisées dans le Plan-Directeur JICA (1986), 35 zones ont été retenues dans la présente enquête. Initialement, l'enquête de 10 catégories de véhicule a été prévue comme le montre la Fig. 4.1.8 "Fiche d'enquête O-D", mais les moyens de transport en commun tels que l'autobus proprement dit, le fula-fula: camions transformés en bus n'ont fait l'objet de l'enquête que partiellement, car il a été impossible de les arrêter.

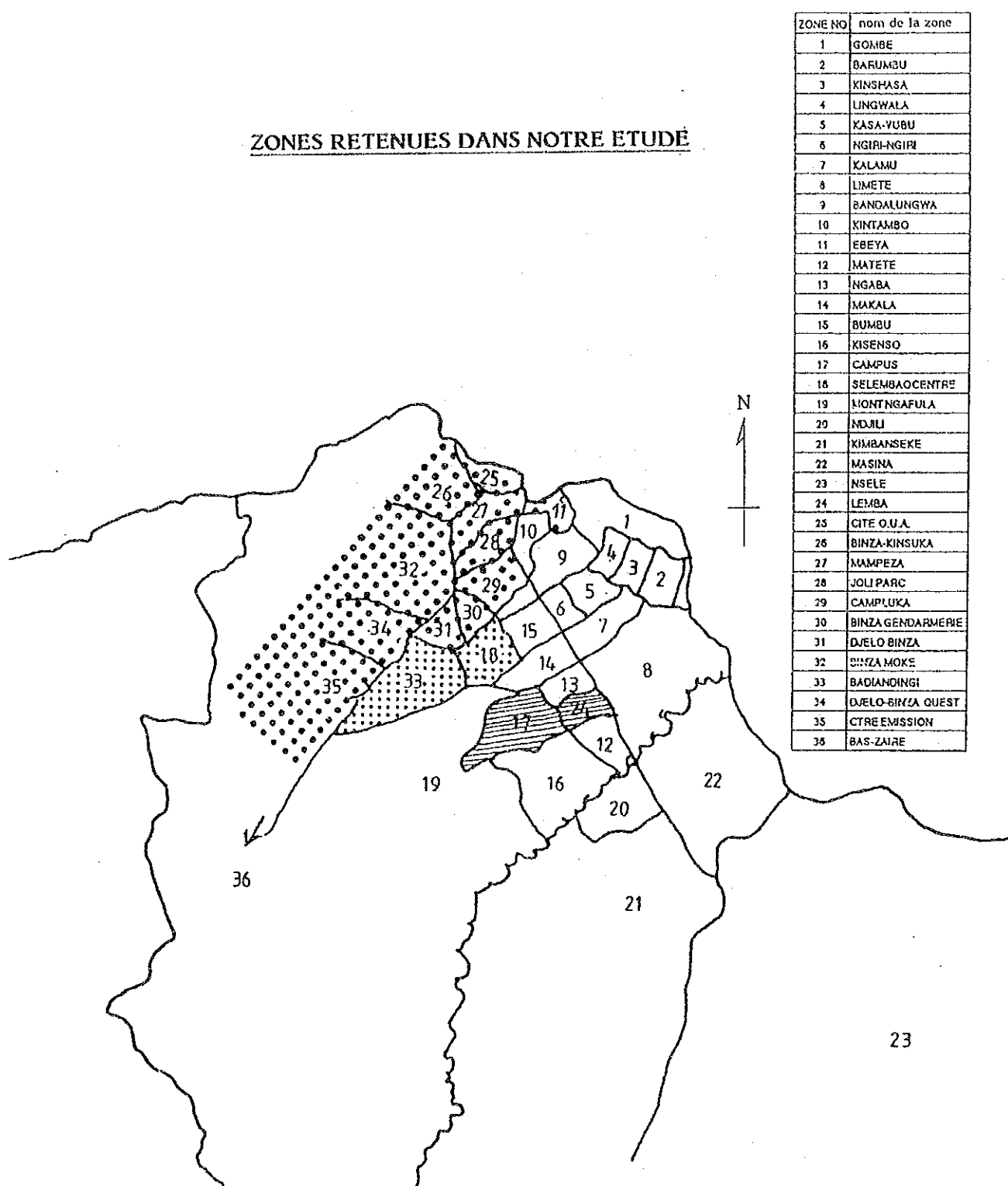
De ce fait, nous n'avons pu enquêter sur le motif de déplacement, rubrique d'interview aux usagers du transport en commun figurant sur la fiche d'enquête.

L'enquêteur a visité les entreprises d'autobus pour connaître les itinéraires d'autobus, leur nombre en exploitation, le nombre moyen de voyageurs et le plan futur de renforcement d'autobus. D'après les résultats de l'enquête, le nombre moyen de voyageurs par catégories de véhicule est le suivant.

- Voiture particulière	2,75	personnes/unité
- Famille d'autobus		
1. Kimalu-malu	9,08	personnes/unité
2. Minibus	15,0	personnes/unité
3. Autobus	133,0	personnes/unité
4. Fula-fula	100,0	personnes/unité

La Fig. 4.1.9 montre la carte de lignes idéales de tous véhicules sur la base des résultats de l'enquête O-D. Le nombre d'interviews de l'enquête O-D est de 17.594.

### ZONES RETENUES DANS NOTRE ETUDE



Source: JICA STUDY TEAM 1989

Figure 4.1.7 Zones retenues dans notre étude

**ETUDE DE FAISABILITE DE LA ROUTE EST-OUEST, KINSHASA, ZAIRE**  
**ENQUETE : ORIGINE - DESTINATION**

N° DE POSTE

DATE    JOUR MOIS

HEURE

CATEGORIE DE VEHICULES

MARQUE DU VEHICULE

 1 VOITURE	 2 CARIONNETTE	 3 MINIBUS	 4 AUTOBUS	 5 FULA-FULA
 6 CARION LEGER (2 essieux)	 7 CARION LOURD (3 essieux)	 8 SEMI-REMORQUE	 9 REMORQUE	 10 (préciser)

ORIGINE : .....

DESTINATION : .....

PASSAGERS

NOMBRE DE PLACES

NOMBRE DE PASSAGERS

NOMBRE DE PASSAGERS INTERROGES

MOTIF DU DEPLACEMENT

1. DOMICILE-TRAVAIL
2. DOMICILE-ECOLE
3. ACTIVITES PROFESSIONNELLE
4. ACHATS
5. LOISIR-TOURISME
6. AUTRE

N°	D'OU VENEZ-VOUS ? 22 , 23	OU ALLEZ-VOUS ? 24 , 25	MOTIF DU DEPLACEMENT 26	PRIX DU TRANSPORT 27 , 28 , 29
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
7	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

MARCHANDISES TRANSPORTEES

CHARGE UTILE (T)

TYPE DE TRANSPORT

1. PUBLIC
2. PRIVE

TONNAGE

COUT DU TRANSPORT - PAR TONNE

NATURE DE MARCHANDISES

1. PRODUITS AGRICOLES
2. CAFE, THE
3. PRODUITS ALIMENTAIRES ET BOISSONS
4. PRODUITS TEXTILES
5. PRODUITS MINIERES
6. MATERIAUX ET MATERIELS
7. HYDROCARBURES
8. AUTRES

**Figure 4.1.8 Fiche d'enquête O-D**

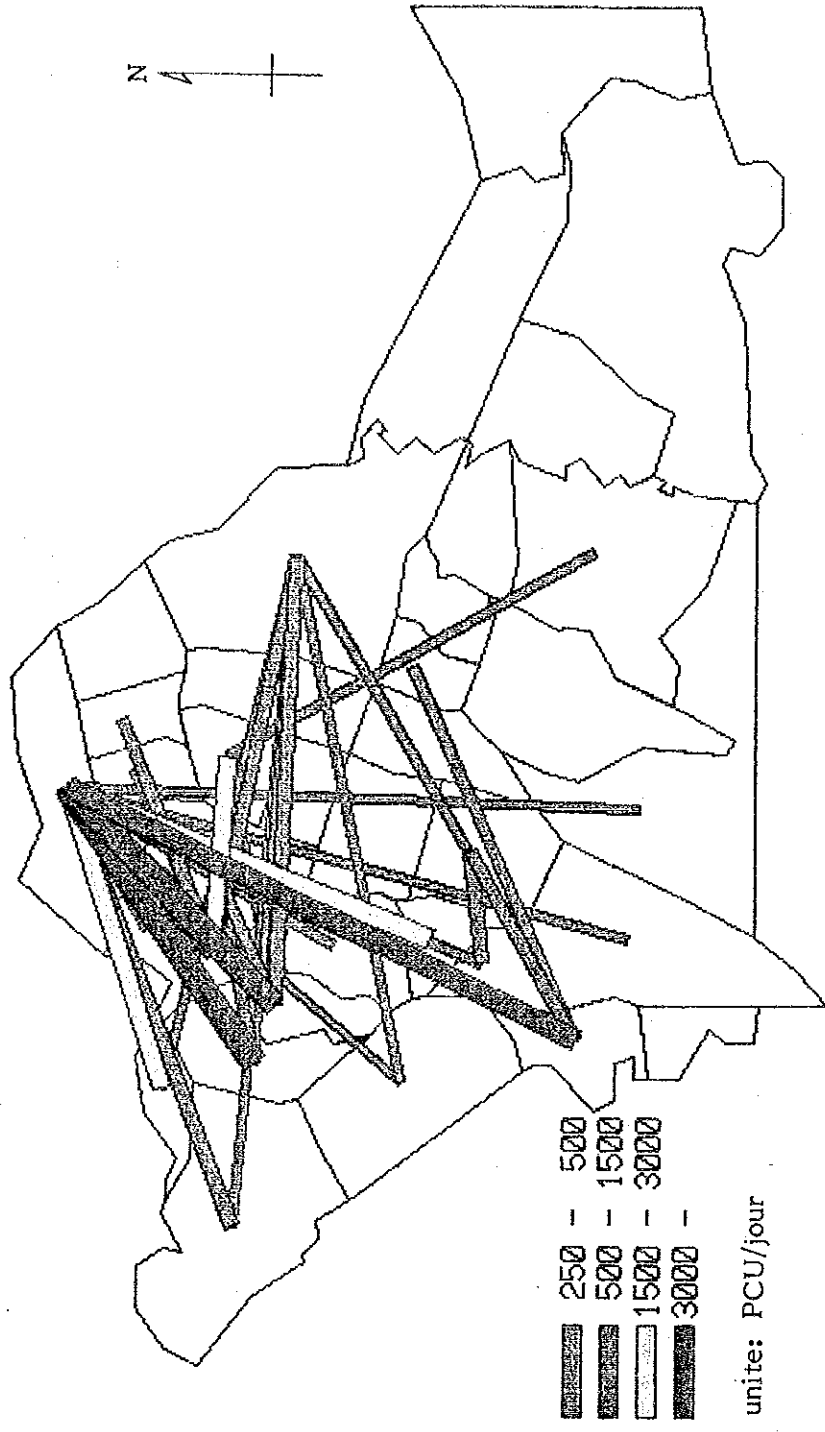


Figure 4.1.9 Lignes idéales pour l'enquête O-D (UVP/jour)

### 4.1.3 Enquête dans les entreprises d'autobus

Actuellement, il y a 5 entreprises d'autobus dans la ville de Kinshasa.

Le Tableau 4.1.2 montre le parc automobile, le nombre de véhicules en exploitation, le tarif, le nombre de lignes et le plan futur de renforcement de véhicules pour chaque entreprise. Il fait ressortir que le parc actuel de ces 5 entreprises est de 397 unités, mais avec un faible taux d'exploitation de 56%.

Le tarif de l'autobus "city Train" de 250 places récemment créé, est de 40 Zaïres, alors que celui des autres autobus est de 100 zaïres. Le plan futur de renforcement du parc d'autobus de chaque entreprise, envisage de doubler le parc actuel avant 1990, comme démontré par l'enquête du trafic en section.

Le nombre de minibus et de fula-fula actuellement exploités par les établissements privés dans la ville de Kinshasa est respectivement de 3.000 et de 150 unités. Donc, en 1990, année où le parc d'autobus doublera, il est prévisible que l'offre de transport en commun soit multipliée par 1,5. La fig. 4.1.10 montre la carte itinéraire des autobus.

Tableau 4.1.2 Parc actuel et renforcement futur de véhicules par entreprises

Entre-prise	Statut	Parc actuel	Parc en ligne	Tarif	Nbre de lignes	Capacité possible par autobus	Parc en 1990	Nbre de lignes en 1990
Sotraz	Mixte Zaire-France	261	136	100Z	10	133	250	17
Sitaz	Mixte Zaire-Portugal	53	36	100Z	4	133	135	7
City Cars	Privale (Belgian)	48	22	100Z	4	133	107	4
Tranzam	Mixte Zaire-Maroc	20	20	50Z	5	133	200	12
City Train	Mixte Zaire-U.K.	15	10	40Z	7	250	46	8
Total		397	224		30		738	48
			56,40%					

Nbre de déplacements journaliers moyens des voyageurs par autobus: 2717 déplacements

Nbre de déplacements journaliers moyens des voyageurs par City Train: 3600 déplacements

Source: Equipe D'Etude JICA 1989

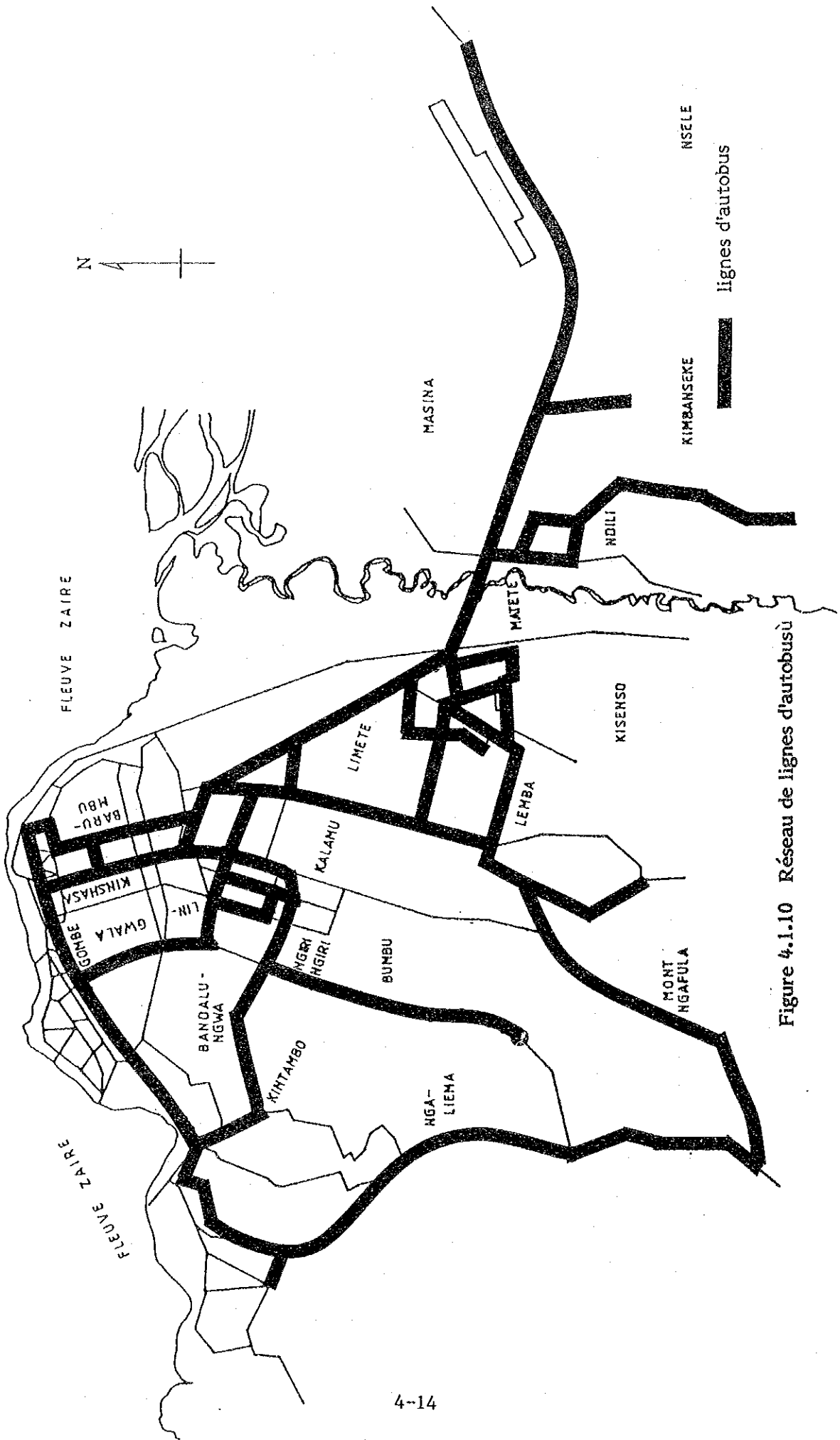


Figure 4.1.10 Réseau de lignes d'autobus

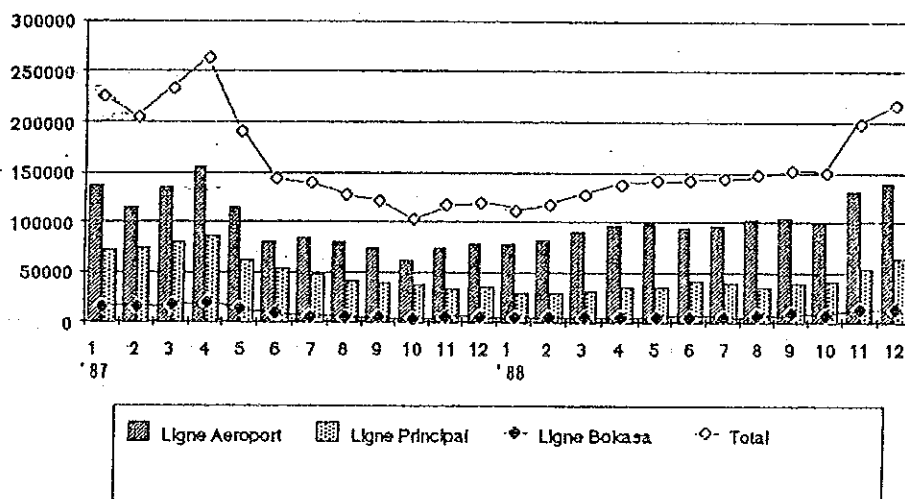


#### 4.1.4 Enquête sur l'évolution du transport ferroviaire

La Fig. 4.1.11 montre les statistiques des voyageurs transportés par le chemin de fer en 1987 et en 1988. Il ressort de celles-ci que le nombre mensuel moyen de voyageurs transportés en 1987 et 1988 dans la ville de Kinshasa a été inférieur à celui prévu en 1986, mais ces derniers temps la tendance à la reprise a été constatée sur certaines lignes.

- Ligne Principale	82.027	perssonnes/mois
- Ligne Aéroport	147.319	perssonnes/mois
- Ligne Bokasa	16.109	perssonnes/mois

Figure 4.1.11 Evolution de nombre mensuel de voyageurs transportés par les lignes de chemin de fer



S'agissant des projets d'extension du chemin de fer dans la ville de Kinshasa, la construction de la ligne Bokasa avec le concours de l'Allemagne de l'Ouest est peu certaine et le projet de transport ferroviaire sur la ligne Ndolo-Kinsuka ne peut être espéré à court terme.

Toutefois, pendant 1989, il est prévu l'amélioration des rails existants, la mise à double voie du tronçon Limete - Ndolo et l'introduction de locomotives et de 50 voitures pour voyageurs, permettant d'assurer à la ligne de l'Aéroport 12 allers-retours au lieu de 3 actuellement. Il est donc souhaitable que les voyageurs utilisent la voie ferrée dont la demande potentielle est élevée pour améliorer le service.

## 4.2 Prevision des besoins futurs en transport

### 4.2.1 Procédure de prévision

La prévision des besoins futurs en transport prend pour base les matrices O-D selon les modes de transport (2005) figurant dans le Plan-Directeur des Transports urbains de Kinshasa (JICA, 1986). Comme le montre la Fig. 4.2.1, elle a été effectuée en tenant compte des 3 points suivants:

- 1 Changement des besoins selon les modes de transport, causé par le retard dans l'aménagement des équipements de transports urbains (en particulier, le réseau ferroviaire)
- 2 Changement de cadre d'étude démographique pour la révision de la structure urbaine future
- 3 Découpage en sous-zones de la zone de Ngaliema (zone 11 dans le Plan-Directeur) et amélioration de la précision du trafic O-D dans le but d'étudier l'accès OUEST de l'artère en projet.

#### (1) Correction de besoins pour le transport ferroviaire

Dans le Plan-Directeur, la part du chemin de fer a été estimée comme suit:

Part du rail

Rail/(rail + autobus)

An	1984	1990	1995	2005
%	1,1	9,5	10,1	16,9

Les résultats de l'étude de la réalisation du projet de construction de chemin de fer et des plans de JICA étudiés en 1986 pour la transformation des voies uniques actuelles en voies doubles, ont conduit à des modifications ramenant le pourcentage d'utilisation des chemins de fer parmi la totalité des autres moyens de transport à 16,9%, chiffre prévu en fonction du plan directeur pour l'année 2005, au niveau de 1990.

(2) Changement de cadre d'étude démographique pour la révision de la structure urbaine future

Dans le plan directeur de JICA en 1986, le chiffre prévu pour la population en l'an 2005 était de 4.830.000 habitants mais d'après l'étude mentionnée ci-dessus le chiffre réel serait de 4.480.000 d'habitants.

Il est prévisible que le nombre des employés et le parc automobile, principaux éléments pour les besoins en transport, auront une même tendance. Donc, afin d'élaborer les matrices O-D futures, nous avons apporté les corrections suivantes: correction de la population par zone et celle du nombre total de déplacements en employant la valeur élastique du trafic par rapport à la croissance démographique.

(3) Examen de l'accès OUEST de l'artère en projet

Les résultats de l'enquête O-D au bord des rues, effectuée pour examiner l'accès OUEST de l'artère en projet, ont été utilisés pour le découpage en sous-zones de la zone Ngaliema (zone 11) fixée dans le Plan-Directeur ainsi que pour l'amélioration de la précision du trafic O-D.

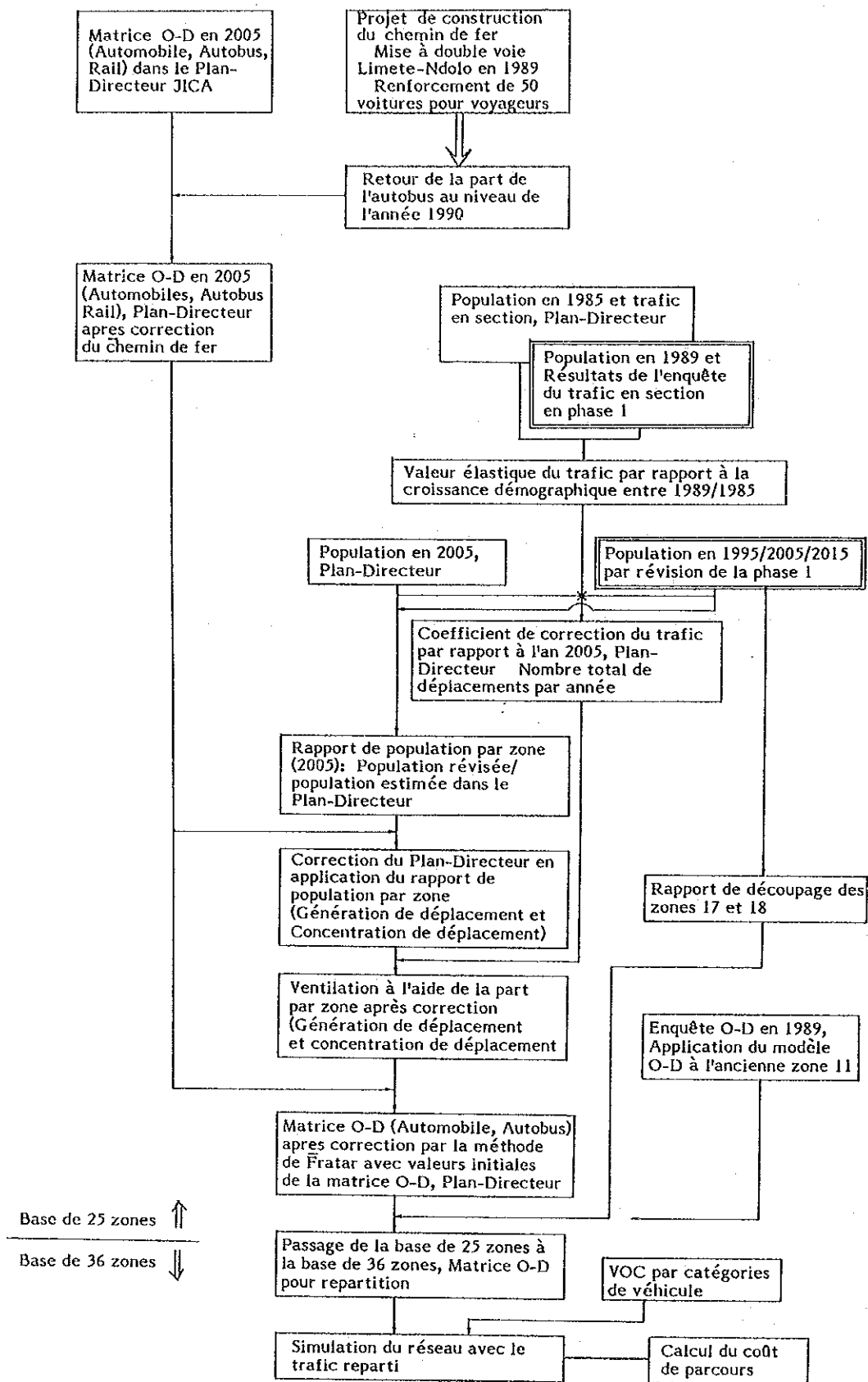


Figure 4.2.1 Prévision des besoins futurs en transport

Source: Equipe d'Etude JICA 1989

#### 4.2.2 Population future par zone

D'après les prévisions d'ensemble, la répartition a été effectuée selon l'ordre indiqué, dans le schéma de la Figure 4.2.2, en unités de 35 différentes zones calculées en fonction des prévisions de la demande vis-à-vis des moyens de transport et sur la base de la population totale présumée pour la ville de Kinshasa.

Pour ce faire, il serait souhaitable que la structure de développement futur de la ville de Kinshasa en fonction du plan SDAU passe du stade de développement actuel qui s'effectue circulairement à partir d'un seul noyau de Gombe, à une structure comportant deux noyaux de développement ayant pour centres Kinshasa Ouest et Kinshasa Est tel qu'indiqué dans la Figure 3.1.5. En d'autres termes, compte tenu du fait que Kinshasa Ouest est entouré des collines et des rivières, que la construction des habitations a poussée jusqu'aux limites des berges des rivières, que sa capacité matérielle d'absorption de la population est proche de ses limites; et par mesure de protection de l'environnement (puisque l'augmentation du nombre des habitations sur les collines au sud a provoqué des éboulements de terrain), il s'avère nécessaire de développer la construction à Kinshasa Est afin de pouvoir loger la population. BEAU partage notre opinion en ce qui concerne cette structure de développement futur de la ville de Kinshasa.

##### (1) Orientations fondamentales concernant la répartition de la population

Kinshasa Ouest possède des possibilités d'absorption de la future population dans la mesure où celle-ci n'excède pas la densité maximum de population dans chaque zone X habitable.

Afin d'éviter l'étalement des habitations sur la région des collines sud et de préserver l'environnement urbain, les espaces habitables dans les zones avoisinantes se limitent à ceux indiqués par des maisons sur les photographies aériennes prises en 1986.

La nouvelle ville de Kinshasa Est pourra absorber l'excédent de population, qui ne pourra pas être logée à Kinshasa Ouest et sera habitable à partir de 1990.

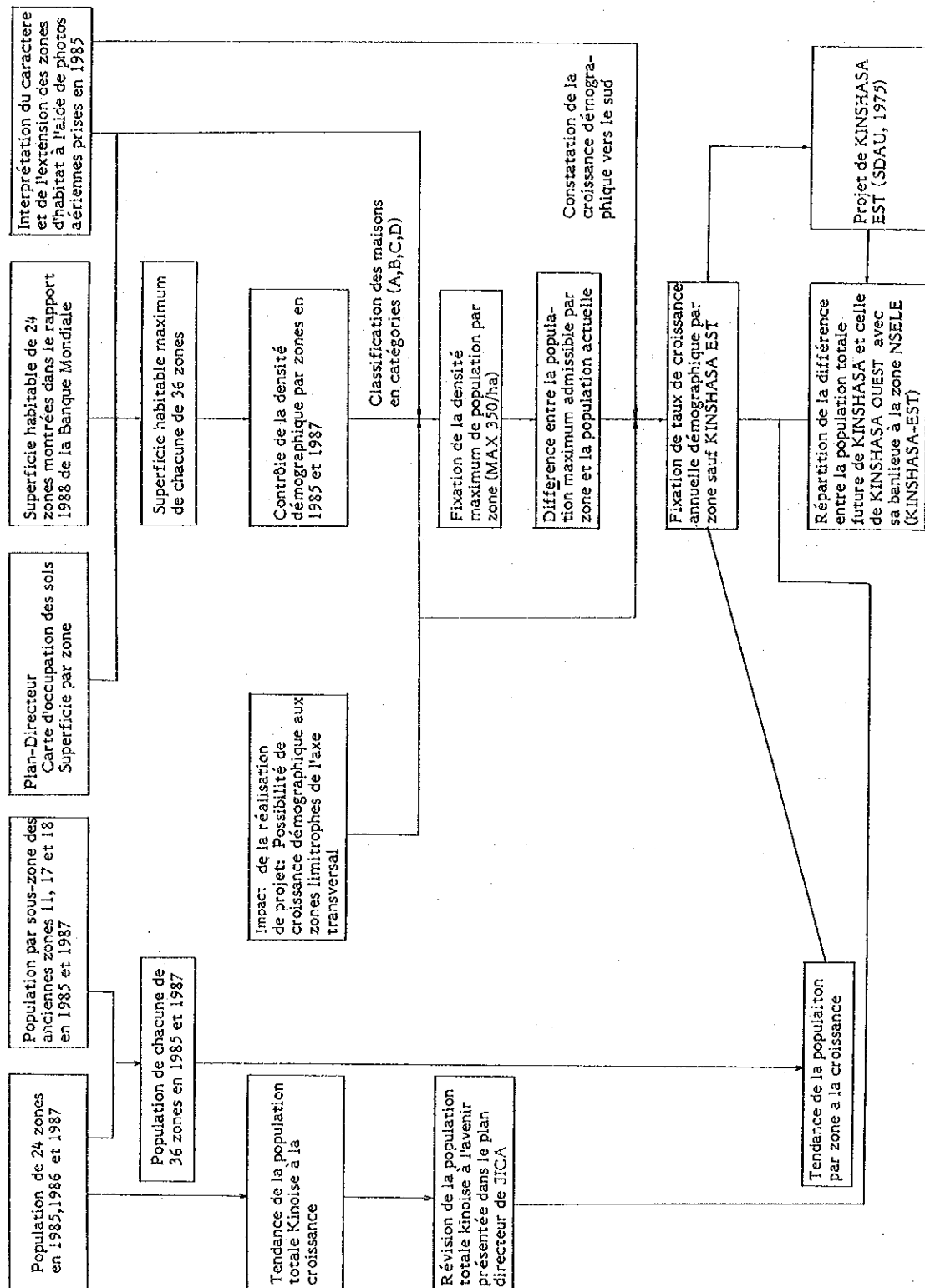


Figure 4.2.2 Prédiction de la population future par zone

## (2) Population absorbée par Kinshasa Ouest

La densité de population par zone en 1987 est indiquée dans la Figure 4.2.3. D'après celle-ci, la densité de la population, en prenant Gombe pour centre, diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne vers la banlieue. Elle est également plus importante sur terrains plats que sur les collines et cette tendance confirme les constatations effectuées en 1984. D'autre part, la densité de population de la zone résidentielle située dans le quartier de N'Galiema à l'ouest conserve un environnement habitable satisfaisant avec 100 habitants par hectare.

On peut également supposer que le projet de construction des routes aura une influence non négligeable sur la densité de la population dans les régions situées le long de ces routes.

La densité maximum de population par zone dans le futur, indiquée dans le Tableau 4.2.1, a été déterminée en prenant en considération l'influence des travaux de construction et d'aménagement des routes prévus dans le plan décennal de l'O.V.D. avec la Banque Mondiale ainsi que celle du présent plan de construction de l'axe transversal EST-OUEST sur la densité de la population, en supposant que le phénomène de réduction de population du centre vers les banlieues et que la densité de population dans les zones résidentielles indiquées ci-dessus, demeurent au niveau actuel.

En ce qui concerne la zone 9 au nord de l'axe transversal, la densité maximum de population, à l'exception du quartier de Gombe, a été estimée à 350 habitants par hectare en fonction de la forte augmentation future de la densité des routes par rapport à la situation actuelle. Cela est due à la réalisation du présent projet actuel ainsi que du plan de la Banque Mondiale. Dans cette zone, Bandalungwa possédait déjà en 1987 une densité de population de 358 habitants par hectare dans les terrains habitables.

Dans les zones bordant les deux côtés de l'axe transversal EST-OUEST, et spécialement dans les zones prises entre cet axe et les routes à aménager à l'avenir par la Banque mondiale, la densité maximum de population a été supposée égale à 350 habitants par hectare.

Pour la zone résidentielle de N'Galiema, on a supposé que la densité maximum de population actuelle de 100 habitants par hectare demeurerait identique à l'avenir. Quant aux autres zones, la densité de population actuelle ainsi que le phénomène de réduction de population du centre vers

les banlieues et les routes d'accès à l'axe EST-OUEST ont conduit à estimer une densité maximum de population de 300 à 150 habitants par hectare.

La population qui pourrait être absorbée à l'avenir par Kinshasa Ouest sera calculée en tenant compte des densités maximum de population par zone mentionnées ci-dessus, des terrains habitables par zone indiqué dans le rapport 1987 de la Banque Mondiale ainsi que des terrains habitables dans les zones avoisinantes découvertes sur les récentes photographies aériennes.

La population qui pourra être absorbée à l'avenir par Kinshasa ouest sera de 3.730.000 habitants en 2005 et de 3.950.000 habitants en 2015. Ce dernier chiffre dépasse légèrement les 3.780.000 habitants prévus par le plan directeur de JICA en 1986.

### (3) Population par région

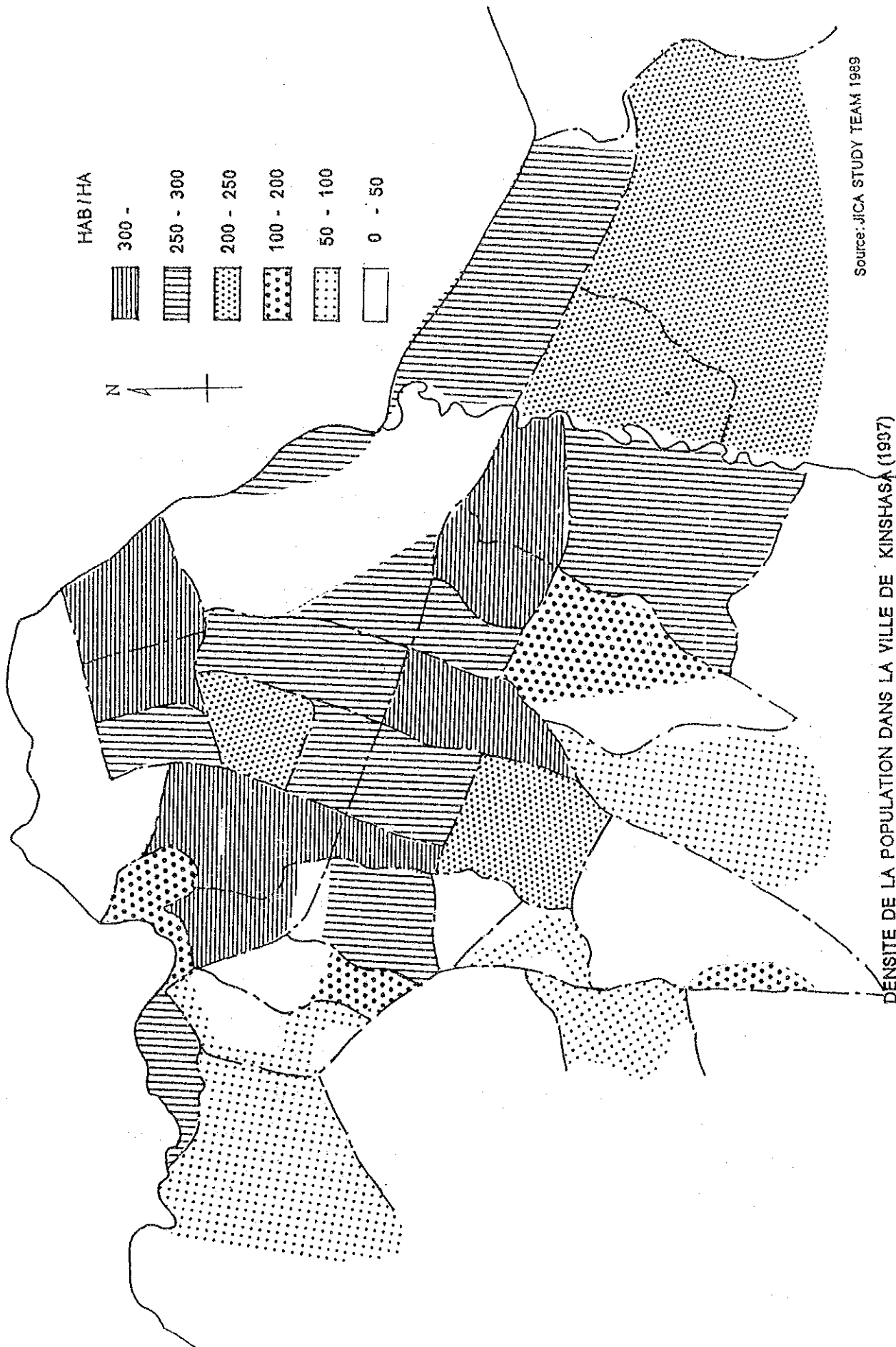
La population des 36 zones a donc été déterminée en recherchant la capacité d'absorption de la population à l'avenir (superficie des terrains habitables x densité maximum de population - population actuelle) ainsi que la population actuelle dans chaque zone en prenant en considération l'augmentation de la population dans chacune de ces zones. En ce qui concerne la population future par zone de n'Giri et de Kinbanseke, l'étude effectuée en 1987 par JICA dans le cadre du plan de construction des chemins de fer a été utilisée pour référence. La population par zone prévue pour l'an 2005 dans le plan directeur de JICA ainsi que la population par zone déterminée par la présente étude sont indiquées dans le schéma comparatif 4.2.4.

### (4) Population absorbée par Kinshasa Est

La population de Kinshasa Est à l'avenir sera déterminée en soustrayant la population de Kinshasa Ouest et celle de la banlieue précédemment calculée, à la population totale future de la ville de Kinshasa indiquée au Chapitre 3.

La population de Kinshasa Est en l'an 2005 sera donc de 650.000 habitants, à savoir environ 60% des 1.160.000 habitants prévus par le plan directeur de JICA en 1986. D'autre part, la population absorbée par Kinshasa Est en l'an 2015 sera de 1.400.000 habitants.



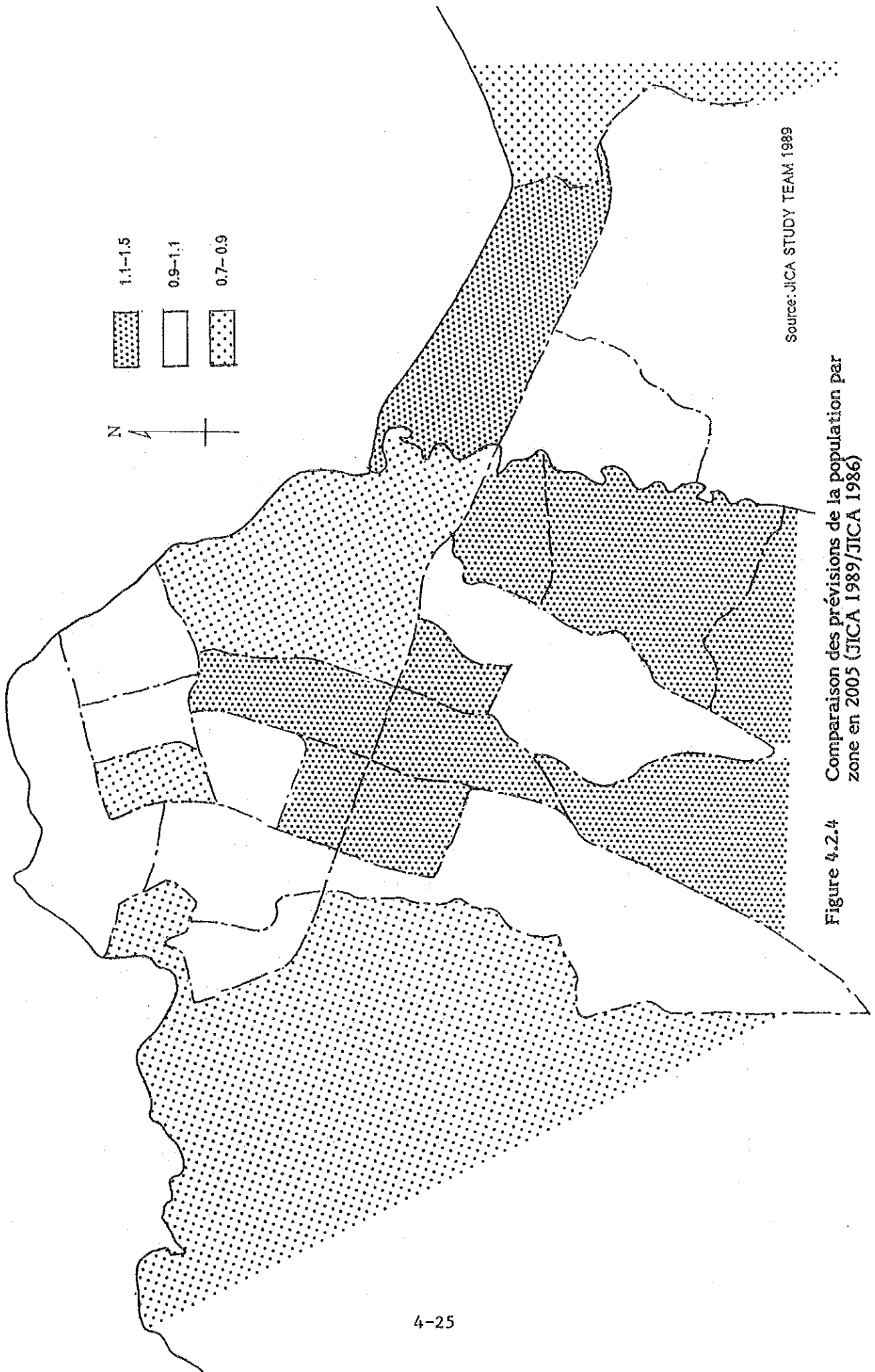


Source: JICA STUDY TEAM 1989

Figure 4.2.3 Densité démographique par zones en 1987

Tableau 4.2.1 Prévision de la population future par zone

'86JICA MIP	EST-QUEST	ZONE NAME	SURFACE (Ha)	POP 1987	DENS 1987	MAX DEN	MAX POP	MAX BALANCE	1990 Forecast	1995 Forecast	2000 Forecast	2005 Forecast	1986JICA MIP	2005E-Q/J 2005JICAM/P	E-Q Forecast 2010	E-Q Forecast 2015	
1	1	GOMBE	443	13318	30	75	33225	15417	19677	25114	32045	33000	33000	0.97	33225	33225	
2	2	BARUMBU	219	68198	311	350	76550	8452	70350	71800	73250	69874	69874	1.05	75018	76650	
3	3	KINSHASA	244	78828	323	350	85400	6574	80800	82000	83200	83339	83339	0.85	84422	85400	
4	4	LINGWALA	164	48953	286	350	57400	10447	53095	55000	56000	53287	53287	1.05	57000	57400	
5	5	KASA-YUBU	290	68484	238	350	101500	33016	85000	95038	101000	104747	104747	0.96	101500	101500	
6	6	NGIRI-NGIRI	285	70768	248	350	99750	25982	82302	95388	99750	82276	82276	1.21	99750	99750	
7	7	KALAM	516	147942	287	350	180600	32658	160600	180600	180600	148698	148698	1.23	180600	180600	
8	8	LINETE	542	135508	250	350	189700	54792	148000	167388	184800	218871	218871	0.87	189700	189700	
9	9	BANDALUNGWA	287	102765	358	358	102765	102765	102765	102765	102765	102765	113099	113099	0.91	102765	102765
10	10	KINTAMBO	197	68645	348	350	68950	305	68950	68950	68950	68950	68950	0.72	68950	68950	
11	11	EBEYA	26	3020	116	150	3900	880	3730	3900	3900	3900	3900		3900	3900	
12	12	CITE OAU	73	17807	244	250	18250	443	18250	18250	18250	18250	18250		18250	18250	
26	26	BINZAKINSUKA	1330	96692	73	150	199500	102808	105588	123376	141834	164385	164385		190523	199500	
27	27	MAMPEZA	226	12856	56	100	22600	9944	13820	16016	18565	21516	21516		22600	22600	
28	28	JOLI PARC	170	16816	99	100	17000	184	17000	17000	17000	17000	17000		17000	17000	
29	29	CAMP LUKA	300	74703	249	350	105000	30297	86581	100347	105000	105000	105000		105000	105000	
30	30	BINZA GEND-ARMERIE	206	5730	28	100	20600	14870	6257	7252	8405	9741	9741		11290	13086	
31	31	DJELO BINZA	216	13369	62	100	21600	8231	14599	16920	21127	21127	21127		21600	21600	
32	32	BINZAMOKE	910	22783	25	75	68250	45467	24879	28835	33420	38734	38734		44852	52030	
34	34	DJELO-BINZA QUEST	436	22278	51	100	43600	21322	24328	28196	32679	37875	37875		43697	43600	
35	35	CITREMISSION	107	4377	41	100	10700	6323	4780	5540	7442	7442	7442		8625	9996	
SUB-TOTAL																	
12	12	MATETE	351	123990	353	353	123990		123990	123990	123990	123990	524632	0.85	123990	123990	
13	13	NGABA	290	78696	271	350	101500	22804	85936	99600	101500	101500	105946	1.17	123990	123990	
14	14	MAKALA	354	114318	323	350	123900	9582	123900	123900	123900	123900	75552	1.34	101500	101500	
15	15	BUMBU	450	119559	266	350	157500	37941	130500	151250	157500	157500	110228	1.12	123900	123900	
16	16	KINSENSO	560	165004	295	350	196000	30996	170449	179999	190079	196000	115005	1.37	157500	157500	
17	17	CAMPUS	379	54165	143	300	113700	59535	59148	68553	92086	134446	134446	1.46	196000	196000	
24	24	LEMBA	273	104005	381	380	104005		104005	104005	104005	104005	214834		106727	113700	
UB-TOTAL																	
17	17	SELEMBO NORD	115	38036	331	350	40250	2214	40250	40250	40250	196091	214834	0.91	104005	104005	
18	18	SELEMBO CENTR	406	26075	212	300	121800	35725	108939	121800	121800	121800			40250	40250	
33	33	BADIANDINGI	140	17996	129	150	21000	3004	19682	21000	21000	21000			121800	121800	
SUB-TOTAL																	
19	19	MONT NGAFULA	700	57587	82	200	140000	82413	66973	77622	86964	171358	171358	0.83	21000	21000	
20	20	NDJILI	705	162956	231	350	246750	83794	198821	222732	249519	69800	69800	1.49	120845	140060	
21	21	KIMBANSEKE	1900	412424	217	350	665000	252578	452225	503155	556131	814885	249519	1.00	279527	279527	
22	22	MASINA	1000	245310	246	250	250000	4490	250000	250000	250000	201996	201996	1.00	679404	679404	
23	23	NSELE	38163				1500000	1463837	93968	245411	407771	1158000	1158000	1.24	250000	250000	
24	24	MALUKU	650	65930	101	150	97500	31570	78500	91000	97500	66500	66500	0.56	941544	1407362	
TOTAL																	
				2974052			5529835	2658548	3249000	3676000	4058000	4480000	4823002	0.93	4946000	5460000	



Source: JICA STUDY TEAM 1989

Figure 4.2.4 Comparaison des prévisions de la population par zone en 2005 (JICA 1989/JICA 1986)

#### 4.2.3 Elaboration des futures matrices O-D

Les corrections suivantes ont été apportées aux matrices O-D (2005) dans le Plan-directeur pour élaborer par année les futures matrices O-D.

(1) Correction du nombre de voyageurs utilisant le chemin de fer

Le nombre de voyageurs par chemin de fer estimé pour l'an 2005 est ramené ensuite à 1990 dans le plan directeur 1986. Ce chiffre rectifié a été considéré pour le calcul d'utilisateurs d'autobus.

(2) Correction du nombre total de déplacements

L'observation macroscopique de la croissance de la population et du trafic fait ressortir que la population et le trafic sont multipliés respectivement par 1,12 et 1,43 pendant la période 1985-1989. Donc, la valeur élastique du trafic par rapport à la croissance de la population est de 1,28 (1,43 ÷ 1,12).

Au fur et à mesure de l'intégration urbaine, la valeur élastique du trafic par rapport à la croissance de la population a tendance à diminuer graduellement. De ce fait, le nombre total de déplacements a été corrigé en prévision d'un taux de diminution graduelle de 5% tous les 5 ans après 1990.

	1985	1989	1989/1985
Population totale de la ville de Kinshasa (Unité: dix mille habitants)	278	312	1,12
Trafic en section			
(1) Boulevard Lumumba	25.216	35.389	
(2) Avenue Monjiba	16.359	23.975	
Total	41.575	59.364	1,43

	1995	2000	2005	2010	2015
Population totale (Unité: dix mille habitants)	367,6	405,8	448	494,6	546
Population estimée dans le Plan-Directeur (unité: dix mille habitants)			483		
Valeur élastique du trafic	1,20	1,15	1,10	1,05	1,00
Coefficient de correction (Nota)	0,634	0,731	0,843	1,075	1,130

(Nota) Correction du nombre total de déplacements sur les matrices O-D (2005) dans le Plan-Directeur

(3) Ventilation du nombre total de déplacements par zone.

D'abord, la génération et la concentration des déplacements ont été corrigées à l'aide du rapport de population corrigé (population révisée/population estimée dans le Plan-Directeu) par zones. Ensuite la part par zones a été alors obtenue pour partager le nombre total de déplacements de façon proportionnelle.

$$TG_i = T \times \frac{G_i}{\sum G_i} \quad \text{ou} \quad TA_i = T \times \frac{A_i}{\sum A_i}$$

Dans laquelle,

T: Nombre total de déplacements après correction

G: Génération de déplacement par zone après correction

A: Concentration de déplacement par zone après correction

i: Zones (24 zones)

Il est à noter, toutefois, que pour la zone 25 (bas-Zaire) située à l'extérieur de la ville de Kinshasa, la correction en fonction de la population n'a pas été effectuée et le coefficient de correction du nombre total de déplacements a été appliqué.

(4) Matrice O-D 25 zones

La matrice a été élaborée par la méthode de Fratar en utilisant la génération et la concentration de déplacement évaluées par zone et en prenant pour valeurs initiales celles de la matrice O-D (2005) dans le Plan-Directeur.

(5) Matrice O-D 36 zones

Les 25 zones qui sont conformes au Plan-Directeur ont été ventilées en 36 zones utilisées pour la répartition du trafic.

1 Les sous-zones de Ngaliema (ancienne zone 11) ont été divisées en 2 à l'aide du modèle de déplacement obtenu par l'enquête O-D.

2 Les anciennes zones 17 et 18 ont été découpées en utilisant le rapport de population.

Les résultats d'évaluation sont montrés dans la Fig. 4.2.5 "Lignes idéales" ainsi que dans les Tableaux 4.2.2, 4.2.3 et 4.2.4 "Génération et concentration de déplacement par zone".

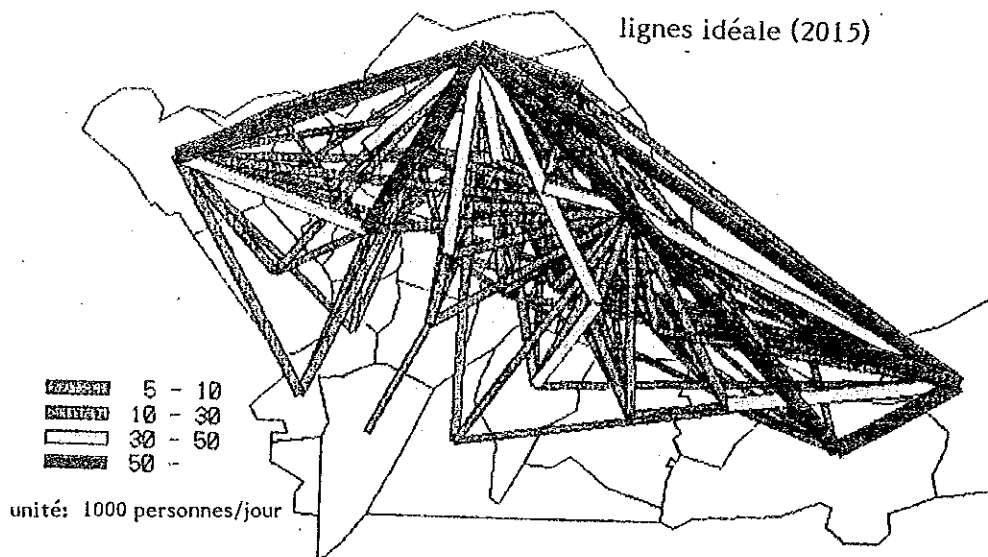
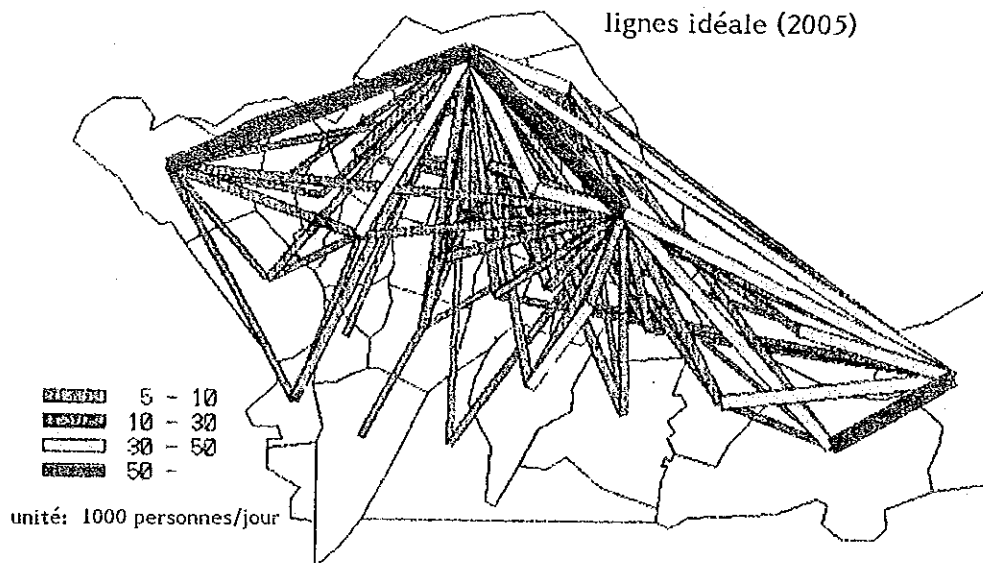
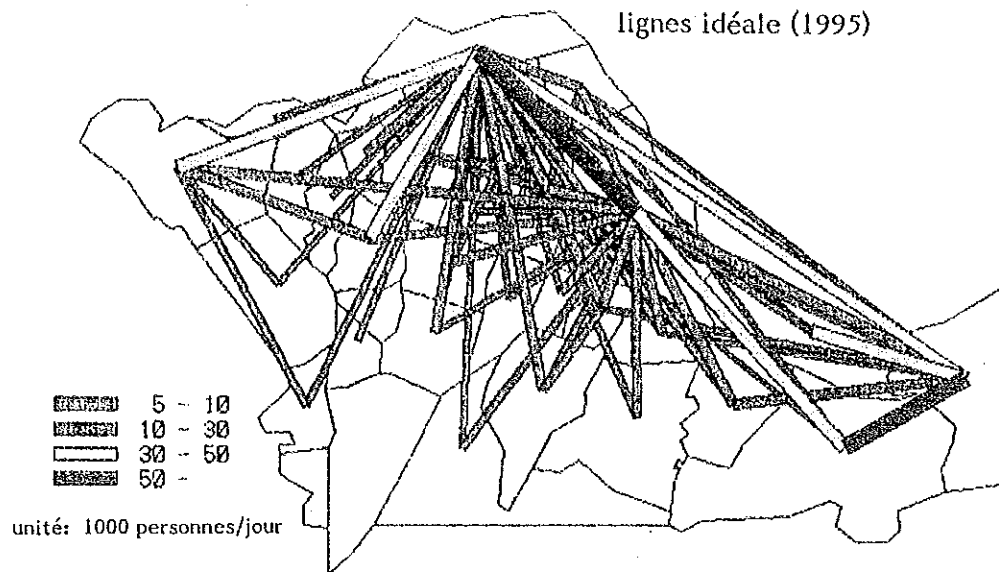


Figure 4.2.5 Lignes idéales (1,000 personnes/jour)

Tableau 4.2.2 Trip-end par zone pour les voitures de tourisme  
(unité: personnes/jour)

	I	P a s s e n g e r C a r				I
		1 9 9 5	2 0 0 5	2 0 1 0	2 0 1 5	
1. Gombe	I	378920	503830	589616	675362	I
2. Barumbu	I	92406	122872	143808	164704	I
3. Kinshasa	I	57459	76403	89427	102416	I
4. Lingwala	I	46398	61695	72215	82703	I
5. Kasa-vubu	I	68262	90762	106229	121662	I
6. Ngiri-ngiri	I	47778	63530	74363	85158	I
7. Kalamu	I	127502	169533	198413	227256	I
8. Limete	I	273567	363746	425679	487579	I
9. Bandalungwa	I	56360	74939	87710	100451	I
10. Kintambo	I	62195	82699	96795	110854	I
11. Ebeya	I	3357	4463	5241	5987	I
12. Matete	I	71809	95482	111755	127993	I
13. Ngaba	I	24308	32322	37841	43325	I
14. Makala	I	5172	6877	8067	9219	I
15. Bumbu	I	45835	60954	71348	81698	I
16. Kintambo	I	2143	2853	3353	3814	I
17. Campus	I	44996	59827	70030	80202	I
18. Selembaocentre	I	24103	32030	37497	42935	I
19. Montngafula	I	67085	89196	104399	119568	I
20. Ndjili	I	97928	130214	152395	174545	I
21. Kimbanseke	I	35386	47046	55069	63058	I
22. Masina	I	53771	71497	83686	95833	I
23. Nsele	I	221848	294972	345201	395396	I
24. Lemba	I	81043	107763	126118	144440	I
25. Cite O.U.A	I	18015	23955	28045	32104	I
26. Binza-kinsuka	I	102319	136016	159182	182316	I
27. Mampeza	I	13428	17869	20923	23944	I
28. Joliparc	I	16790	22327	26145	29935	I
29. Campluka	I	79083	105160	123076	140954	I
30. Binza-gendarme	I	6101	8122	9524	10884	I
31. Djelo-binza	I	14045	18674	21872	25039	I
32. Binza-moke	I	24120	32065	37544	42993	I
33. Badiandingi	I	4160	5538	6500	7426	I
34. Djelo-binzaQST	I	23509	31260	36599	41904	I
35. Ctreemission	I	4575	6088	7138	8159	I
36. Bas-zaire	I	3248	4313	5065	5780	I
Total	I	2299024	3056892	3577868	4097596	I

Tableau 4.2.3 Trip-end par zone pour les autobus  
(unité: personnes/jour)

	B u s			
	1 9 9 5	2 0 0 5	2 0 1 0	2 0 1 5
1. Gombe	213250	283550	331838	380082
2. Barumbu	109332	145370	170134	194860
3. Kinshasa	60052	79848	93458	107028
4. Lingwala	42106	55986	65538	75052
5. Kasa-vubu	110202	146522	171486	196414
6. Ngiri-ngiri	95460	126932	148556	170146
7. Kalamu	142510	189490	221764	254000
8. Limete	285344	379404	444004	508578
9. Bandalungwa	72262	96086	112458	128792
10. Kintambo	36254	48214	56432	64614
11. Ebeya	2404	3202	3756	4282
12. Matete	71408	94942	111126	127270
13. Ngaba	93026	123688	144762	165800
14. Makala	107946	143536	167986	192402
15. Bumbu	136162	181048	211880	242676
16. Kintambo	131164	174408	204106	233774
17. Campus	38168	50744	59398	68014
18. Selembaocentre	63848	84898	99374	113808
19. Montngafula	77970	103672	121340	138972
20. Ndjili	152744	203102	237690	272242
21. Kimbanseke	374124	497460	582158	666824
22. Masina	156938	208682	244228	279730
23. Nsele	523780	696452	815016	933550
24. Lemba	68728	91388	106962	122504
25. Cite O.U.A	12900	17148	20084	22986
26. Binza-kinsuka	73236	97362	113962	130524
27. Mampeza	9618	12786	14984	17144
28. Joliparc	12018	15986	18726	21436
29. Campluka	56614	75292	88118	100912
30. Binza-gendarme	4374	5816	6818	7794
31. Djelo-binza	10058	13370	15668	17926
32. Binza-moke	17270	22970	26896	30782
33. Badiandingi	11046	14682	17202	19680
34. Djelo-binzaQST	16832	22378	26202	30002
35. Ctreemission	3282	4364	5118	5842
36. Bas-zaire	7454	9914	11620	13290
<b>Total</b>	<b>3399884</b>	<b>4520692</b>	<b>5290848</b>	<b>6059732</b>



Tableau 4.2.4 Trip-end par zone pour les voitures de tourisme et les autobus (unité: personnes/jour)

	I	Passager Voiture et Bus				I
		1 9 9 5	2 0 0 5	2 0 1 0	2 0 1 5	
1. Gombe	I	592170	787380	921454	1055444	I
2. Barumbu	I	201738	268242	313942	359564	I
3. Kinshasa	I	117511	156251	182885	209444	I
4. Lingwala	I	88504	117681	137753	157755	I
5. Kasa-vubu	I	178464	237284	277715	318076	I
6. Ngiri-ngiri	I	143238	190462	222919	255304	I
7. Kalamu	I	270012	359023	420177	481256	I
8. Limete	I	558911	743150	869683	996157	I
9. Bandalungwa	I	128622	171025	200168	229243	I
10. Kintambo	I	98449	130913	153227	175468	I
11. Ebeya	I	5761	7665	8997	10269	I
12. Matete	I	143217	190424	222881	255263	I
13. Ngaba	I	117334	156010	182603	209125	I
14. Makala	I	113118	150413	176053	201621	I
15. Bumbu	I	181997	242002	283228	324374	I
16. Kintambo	I	133307	177261	207459	237588	I
17. Campus	I	83164	110571	129428	148216	I
18. Selembaocentre	I	87951	116928	136871	156743	I
19. Montngafula	I	145055	192868	225739	258540	I
20. Ndjili	I	250672	333316	390085	446787	I
21. Kimbanseke	I	409510	544506	637227	729882	I
22. Masina	I	210709	280179	327914	375563	I
23. Nsele	I	745628	991424	1160217	1328946	I
24. Lemba	I	149771	199151	233080	266944	I
25. Cite O.U.A	I	30915	41103	48129	55090	I
26. Binza-kinsuka	I	175555	233378	273144	312840	I
27. Mampeza	I	23046	30655	35907	41088	I
28. Joliparc	I	28808	38313	44871	51371	I
29. Campluka	I	135697	180452	211194	241866	I
30. Binza-gendarme	I	10475	13938	16342	18678	I
31. Djelo-binza	I	24103	32044	37540	42965	I
32. Binza-moke	I	41390	55035	64440	73775	I
33. Badiandingi	I	15206	20220	23702	27106	I
34. Djelo-binzaQST	I	40341	53638	62801	71906	I
35. Ctreemission	I	7857	10452	12256	14001	I
36. Bas-zaire	I	10702	14227	16685	19070	I
Total	I	5698908	7577584	8868716	10157328	I

#### 4.2.4 Procédé de la repartition du trafic

Le trafic O-D en autobus et automobiles est reparti sur le réseau routier de la manière suivante: d'abord, le trafic d'autobus a été réparti, dans l'hypothèse où tous les autobus circuleraient sur leurs lignes prédéterminées.

En ce qui concerne la répartition du trafic automobile, il a été fait application de la méthode de limitation de la capacité. Selon cette méthode le trafic O-D est réparti à plusieurs reprises (5 fois x 20% pour la présente étude). Dans ce cas, la vitesse de circulation est fonction du trafic. Plus le trafic augmente sur un tronçon concerné, plus la vitesse de circulation diminue et arrive finalement près de 0. Le rapport entre ces deux éléments est représenté sous forme de courbe Q-V (Q: Trafic, V: Vitesse de circulation) (Fig. 4.2.6). Dans la présente étude, 34 courbes ont été préparées pour rendre facile l'adaptation des conditions du réseau à chaque tronçon routier, comme le montre le Tableau 4.2.5. Les principes de base concernant le trafic ont été empruntés à l'AASHTO. Quant au trafic à répartir, le trafic de toutes catégories de véhicule a été affecté sur la base de l'unité de voitures particulières. (PCU).

Ceci résulte du fait que l'on suppose une augmentation de l'utilisation des autobus de grandes dimensions pour les transports en commun allant des 20% actuels à 50% en l'an 2015. On a également supposé que le nombre moyen de passagers des voitures de tourisme se rapprocherait des 2,0 passagers.

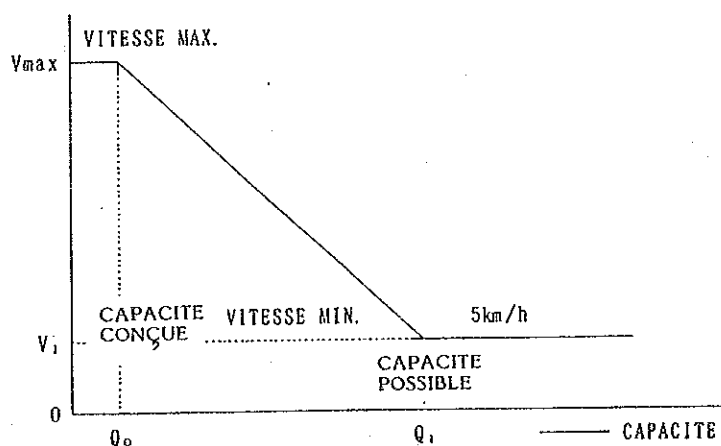


Fig. 4.2.6 Courbe Q-V

La Fig. 4.2.7 montre le schéma du réseau faisant l'objet de la répartition du trafic.

### Méthode de répartition du trafic par division avec la limitation de la capacité routière

Selon cette méthode, comme son nom l'indique, on divise, d'abord, les routes concernées en n tronçons (par exemple, 5 tronçons) puis, on cherche l'itinéraire le plus court, en considération de cette division; d'autre part on effectue n fois la rectification de la vitesse de parcours pour chaque tronçon au moyen de la formule de limitation de la capacité (la courbe Q-V) ainsi que de la répartition du trafic.

Cette méthode peut être schématisée comme le montre l'organigramme suivant.

Il existe plusieurs formules de limitation de la capacité. Elles sont toutes représentées par la combinaison de formules linéaires comme le montre la Figure 4.2.6, et sont déterminées par tronçons et normes routières.

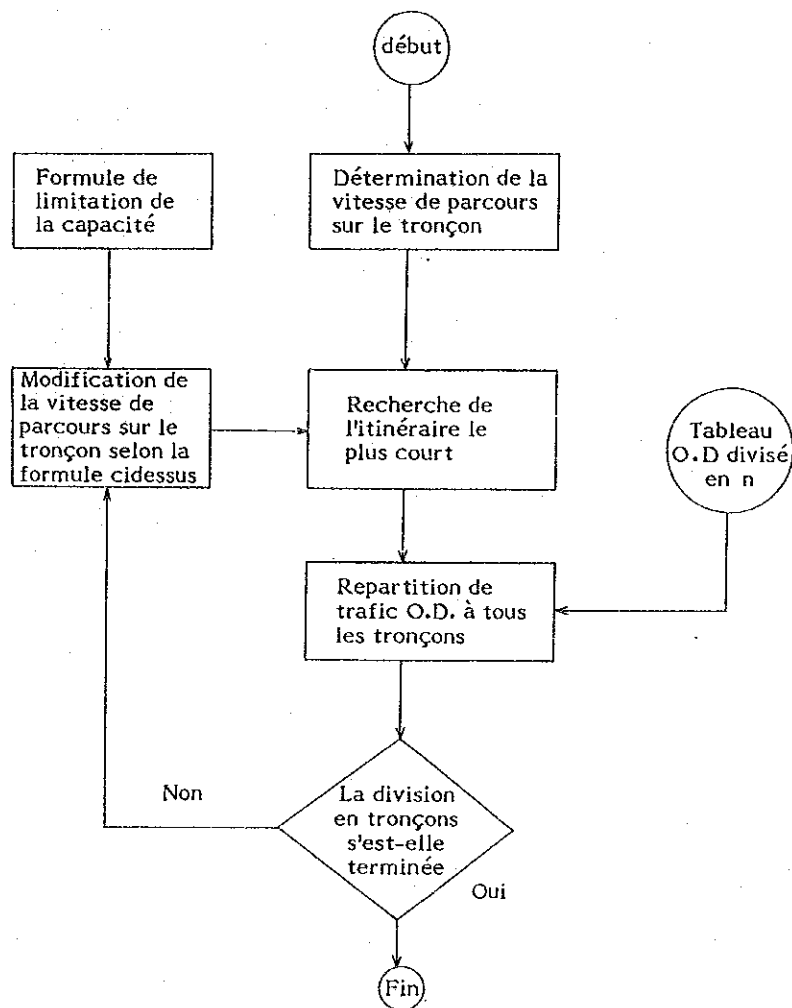


Tableau 4.2.5 Conditions Q-V (sur un seul côté)

No.	QO	V max	Q1
1	900	60	4350
2	1200		5700
3	1600		7700
4	1750		8250
5	1850		8850
6	2100		10000
7	2850		13450
8	1250	50	5750
9	1350		6400
10	1600		7400
11	1650		7800
12	1850		8750
13	2100		9850
14	2500		11800
15	1050	40	4800
16	1300		5950
17	1550		7000
18	1750		7950
19	2050		9450
20	2500		11500
21	3100		14000
22	6550	80	31750
23	8400		40550
24	3850	60	18200
25	7450		35400
26	8400		39850
27	3850	50	17940
28	4950		23100
29	7600		35650
30	10050		47100
31	7450	40	34100
32	12495	60	59150
33			
34	4100	60	19350
35	18475		88725

No. 1 - No.21 -- Route à 2 voies  
 No.22 - No.32 -- Route à 4 voies  
 No.34 -- Route à 3 voies  
 No.35 -- Route à 6 voies

Source: Equipe d'Etude JICA 1989

Tableau 4.2.6 Composition des catégories des véhicules et nombre moyen de voyageurs dans le futur

Nombre moyen supposé de voyageurs par voiture particulière dans le futur

An	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Voiture particulière	2,75	2,65	2,55	2,45	2,35	2,25
Famille d'autobus	41,51	62,63	62,45	62	61,52	61,17

Part supposée de la famille d'autobus dans le futur

An	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Autobus (%)	20	40	42,5	45	57,5	50
Autres (%)	80	60	57,5	55	52,5	50

Part supposée des autres types de famille d'autobus dans le futur

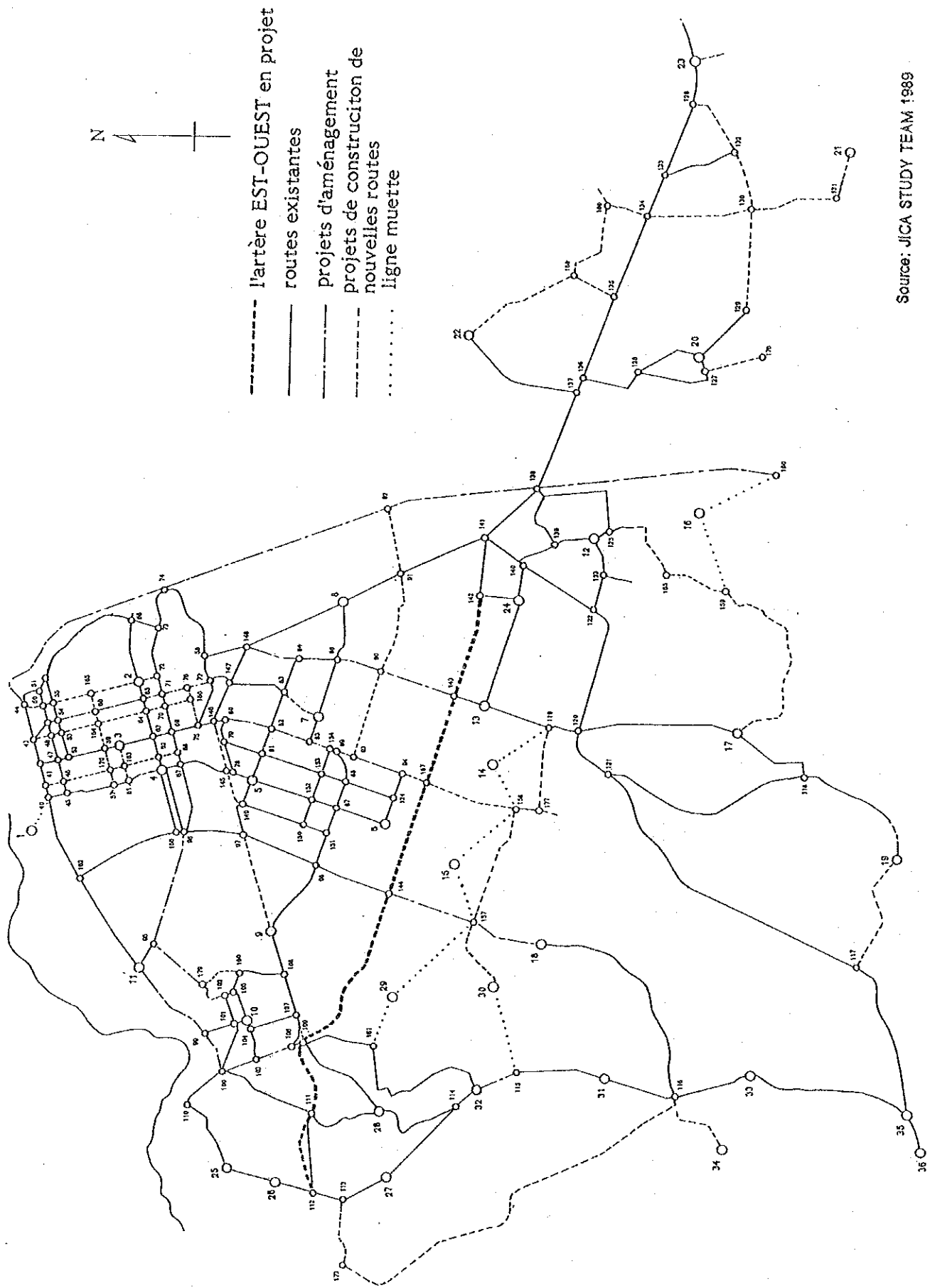
An	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Kimalu Malu (%)	11	10	9	8	7	5
Minibus (%)	83	84	85	87	88	90
Fula Fula (%)	6	6	6	5	5	5
Total (%)	100	100	100	100	100	100

Changement en nombre moyen de voyageurs par véhicules de transport public dans le futur

An	1989	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Kimalu Malu	9,08	9	8	7	6	5	6
Minibus	15	14	13	12	11	10	9
Fula Fula	100	100	100	90	90	80	80
Autobus	133	133	130	125	120	115	110

Changement en unité UVP de famille d'autobus dans le futur

An	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Unité UVP d'autobus	1,45	1,84	1,88	1,92	1,97	2,02



Source: JICA STUDY TEAM 1989

Figure 4.2.7 Réseau routier faisant l'objet de la répartition du trafic

#### 4.2.5 Principale orientation d'aménagement de l'artère en projet

Pour étudier l'envergure de base de l'artère et la période convenable d'aménagement, le réseau routier de l'an 2015 illustré dans le plan décennal d'aménagement des routes dans la ville de KINSHASA établi par l'O.V.D. avec la Banque Mondiale a été considéré comme un réseau routier de base.

En répartissant la circulation entre O-D à l'horizon 2015, 2005 et 1995 sur la base de l'artère à 6 voies, des prévisions de la demande de circulation de cette route principale ont été effectuées pour ces trois périodes.

Elles sont indiqués sur la figure 4.2.8.

En tenant compte de l'équilibre entre la demande de circulation de l'artère en projet indiquée à la figure 4.2.8 et le trafic de base calculé en se basant sur un niveau de service et des conditions à bord de route, montrés périodiquement sur le tableau 4.2.7, les points suivants sont à considérer:

- 1 l'an 2015: Il est nécessaire d'aménager l'artère en 6 voies aller-retour sur toute la route, du fait que la demande atteindrait 54000 - 82600 PCU/jour qui dépasse sur tous les tronçons 51000 PCU/jour correspondant à la capacité routière de base idéale pour 4 voies aller-retour.
- 2 l'an 2005: Il y a lieu de l'aménager en 4 voies aller-retour sur toute la route, étant donné que la demande arriverait à 28000 - 60600 PCU/jour.
- 3 l'an 1995: Par le fait que l'artère à 6 voies aller-retour a été prise en compte pour la répartition du trafic, la demande de circulation atteindrait 17000 - 45600 PCU/jour qui dépasse sur toute la route 14500 PCU/jour, capacité routière de base idéale pour 2 voies aller-retour. Il est souhaitable que la partie Est depuis le boulevard du 24 novembre soit aménagée en 4 voies, vu l'encombrement dans la ville de KINSHASA et le fait que la demande de cette tranche EST dépasserait 25000 PCU/jour, capacité routière de base pour 2 voies calculée en se basant sur un niveau de service réalisable et des conditions à bord de route.

- 4 Eu égard au tableau 4.2.8 établi diachroniquement en se basant sur la demande de circulation de l'an 2015, il est souhaitable que la partie EST (Tranches 2 - 4) depuis l'intersection avec le boulevard du 24 novembre soit aménagée en 6 voies à l'an 2005, tandis que la partie OUEST (Tranches 5 - 7) en 6 voies vers l'an 2013 qui est proche de l'an 2015, l'année visée pour l'achèvement de l'artère. De ce fait, l'aménagement de l'artère en 6 voies à l'horizon 2015 est considéré comme une principale orientation. Ce processus d'aménagement est étroitement lié avec la réalisation du plan décennal des routes établi par la BANQUE Mondiale.

Par conséquent, en tenant compte du fait que des projets d'aménagement des routes se réaliseraient comme prévu, il est nécessaire d'étudier plus en détail des alternatives incluant le nombre des voies à divers points de vue: équilibre entre la demande et l'offre, économie nationale etc.



Figure O-D 1995 avec un réseau routier prévu pour 2015 (6 voies sur toute la route)

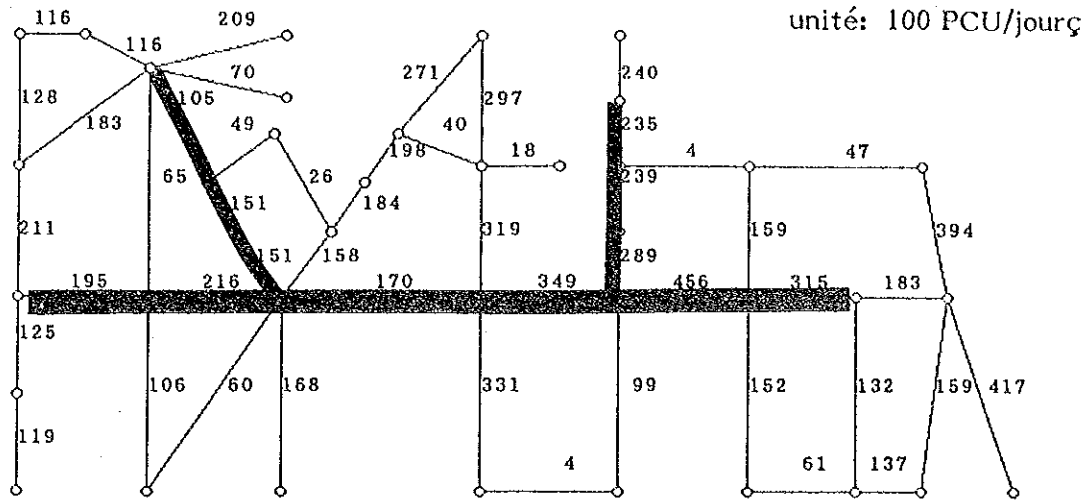


Figure O-D 2005 avec un réseau routier prévu pour 2015 (6 voies sur toute la route)

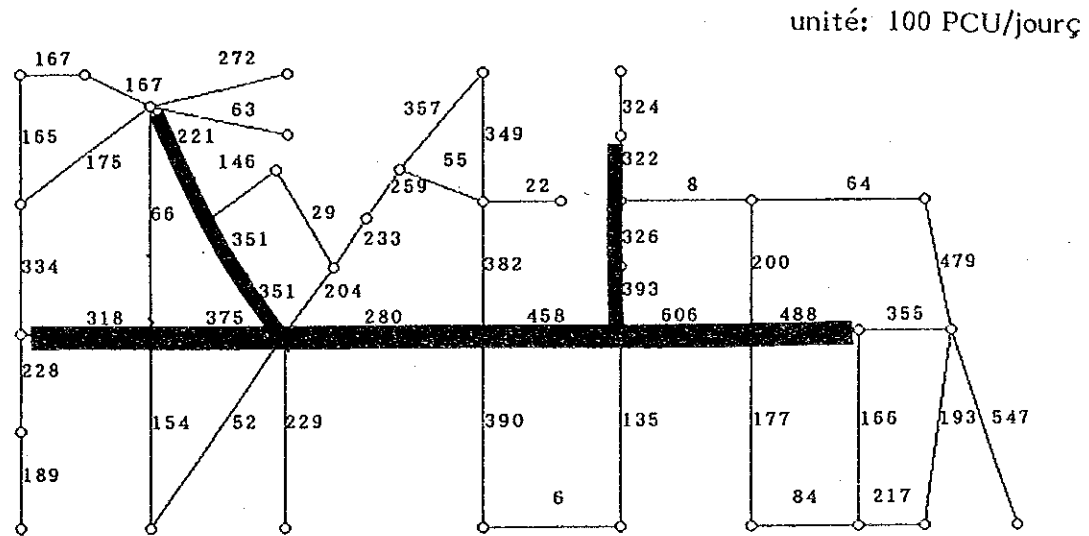
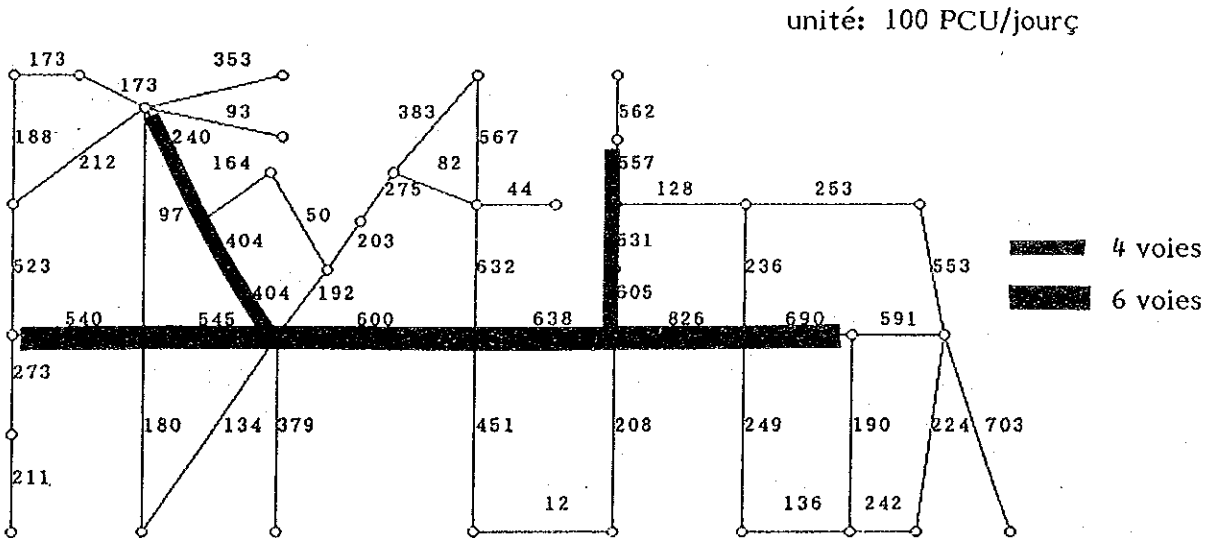


Figure O-D 2015 avec un réseau routier prévu pour 2015 (6 voies sur toute la route)



Source ; JICA STUDY TEAM

Figure 4.2.8 Répartition du trafic futur sur le réseau routier en 2015 (1995, 2005, 2015)

Tableau 4.2.7 Trafic journalier de base

unité: 100 PCV/jour

Année	Nombre de voies	Capacité possible	Conditions à bord de route	Niveau de service	Impact par véhicules à deux roues	Facteur de pointe (%)	Trafic journalier de base (PCU)	Trafic journalier de base (PCU)
1995	2 voies	2500	0.90	1.00	1.00	9.00	24,975	25,000
1996	4 voies	8800	0.90	1.00	1.00	9.00	87,912	88,000
2005	2 voies	2500	0.85	0.90	0.98	9.00	20,713	20,500
2005	4 voies	8800	0.85	0.90	0.98	9.00	72,910	73,000
2015	2 voies	2500	0.70	0.80	0.94	9.00	14,572	14,500
2015	4 voies	8800	0.70	0.80	0.94	9.00	51,295	51,000
2015	6 voies	13200	0.70	0.80	0.94	9.00	76,942	77,000

1 Valeur moyenne d'une voie = 2200 PCU/jour/3.5m

2. Il n'y a pas lieu de considérer l'arrêt

Secteur un peu urbanisé = 0.9

Il y a impact de l'arrêt

Secteur un peu urbanisé = 0.85

Secteur urbanisé = 0.70

3. Niveau de service 3(E) = 1.00

Niveau de service 2(D) = 0.90

Niveau de service 1(C-D) = 0.80

4. Taux de mélange des véhicules à deux roues

1995 0%

2005 3%

2015 8%

Tableau 4.2.8 Demande de circulation de l'artère en projet  
(répartition du trafic en six voies de l'artère)

unité: 100 PCV/jour

N° limitant la section	112-111	111-109	109-144	144-167	167-143	143-142	142-141
N° tranche	7	6	5	4	3	2	1
1995	195	216	170	349	456	315	183
96	207	232	181	360	471	332	200
97	220	248	192	371	486	350	217
98	232	264	203	382	501	367	235
99	244	280	214	393	(516)	384	252
2000	257	296	225	404	531	402	269
1	269	311	236	414	546	419	286
2	281	327	247	425	561	436	303
3	293	343	258	436	576	453	321
4	305	359	269	447	591	571	338
2005	318	375	280	458	606	488	355
6	340	392	312	476	628	508	379
7	362	409	344	494	650	(528)	402
8	385	426	376	(512)	672	549	426
9	407	443	408	530	694	569	449
2010	429	460	440	548	716	589	473
11	451	477	472	566	738	609	497
12	473	494	504	584	760	629	(520)
13	496	(511)	(536)	602	782	650	544
14	(518)	528	568	620	804	670	567
2015	540	545	600	638	826	690	591

( ) indique le point où le trafic dépasse 51000 PCV/jour,  
ce chiffre correspondant à la capacité de circulation pour 4 voies.

#### 4.2.6 Calcul provisoire du trafic développé

L'aménagement de l'artère en projet accélèrera le développement des zones riveraines, donnant naissance aux nouveaux besoins en transport.

De façon générale, le trafic développé varie en fonction de l'avancement du développement des zones riveraines et se produit au bout d'une certaine période, ce qui fait que le plus souvent il est difficile de distinguer le trafic développé avec la croissance naturelle et sociale. Dans la présente étude, le trafic développé a été calculé sur une zone de 39 ha où est prévu le projet de développement d'une zone à vocation commerciale prévue par le plan local d'urbanisme du SDAU (Fig. 4.2.9). L'extension urbaine prise en considération lors de la révision du cadre d'étude démographique chevauche vraisemblablement la croissance possible de la population des zones riveraines de l'artère en projet.

On peut penser que le projet de développement va conférer à cette zone un caractère semblable à la zone de Gombe (zone 1) assumant la fonction de centre des affaires et commercial.

Donc, le trafic développé a été évalué en application du ratio de génération de déplacement par surface de zone commerciale de la zone de Gombe.

D'après les résultats du calcul, le trafic automobile généré est de 1.100 unités/jour en 1995, 1.600 unités/jour en 2005 et 2.400 unités/jour en 2015.

	An	Voiture particulière	Autobus	Total
Trafic généré (déplacements/jour)	1995	189.460	106.625	296.085
	2000	202.688	124.200	326.888
	2005	251.915	141.775	393.690
	2010	294.808	165.919	460.727
	2015	337.681	190.041	527.722
Trafic généré (déplacements/jour) surface de zone commerciale 2487 ha	1995	76	43	119
	2000	81	50	131
	2005	101	57	158
	2010	119	67	185
	2015	136	76	212
Trafic généré (déplacements/jour) 39 ha	1995	2.964	1.677	4.641
	2000	3.159	1.950	5.109
	2005	3.939	2.223	6.162
	2010	4.641	2.613	7.254
	2015	5.304	2.964	8.268
Trafic généré (déplacements/jour)	1995	1.118	27	1.145
	2000	1.239	31	1.270
	2005	1.608	36	1.644
	2010	1.975	42	2.017
	2015	2.357	48	2.405





## **CHAPITRE 5 Etudes géologiques et hydrologiques**





## 5.1 Reconnaissance du sol

### 5.1.1 Aperçu géologique

La structure géologique de Kinshasa a été formée par une activité envahissante du fleuve Zaïre. Le soubassement est constitué en grès du crétacé de l'ère mésozoïque et la couche de surface est composée du sable contenant du silt et du grès, dont la projection horizontale géologique est présentée sur la figure 5.1.1.

Les généralités des couches géologiques concernant la zone du projet sont les suivantes.

#### (1) Couche alluviale

Elle se trouve dans le terrain humide des rives du fleuve Zaïre ou dans le bassin versant des rivières se jetant dans le fleuve Zaïre. Elle est composée principalement du sable et de l'argile.

#### (2) Couche du sable Lemba

Elle est constituée de sable granulométriquement moyen et fin, et les strates argileuses et kaolineuses peuvent y être observés de temps en temps. Elle s'étend entre NDJILI - N'SELE et dans la zone de Lemba se trouvant au sud de la zone urbaine. Sa couleur blanche ou jaune devient brune ou noire, lorsqu'elle se charge de débris des plantes. L'épaisseur de cette couche est inférieure à 10 m.

#### (3) Sable contenant le silt

Sa sédimentation composée du sable brun ou orange se trouve sur les couches de kaolin, de sable grossier et de grès tendre. Il s'étend sur une surface importante dans la ville de Kinshasa, et son épaisseur est inférieure à 30 m.

#### (4) Grès

Il est tendre et s'étend aux collines onduleuses formant également les rives du fleuve Zaïre. Sa couleur est blanche ou rougeâtre.

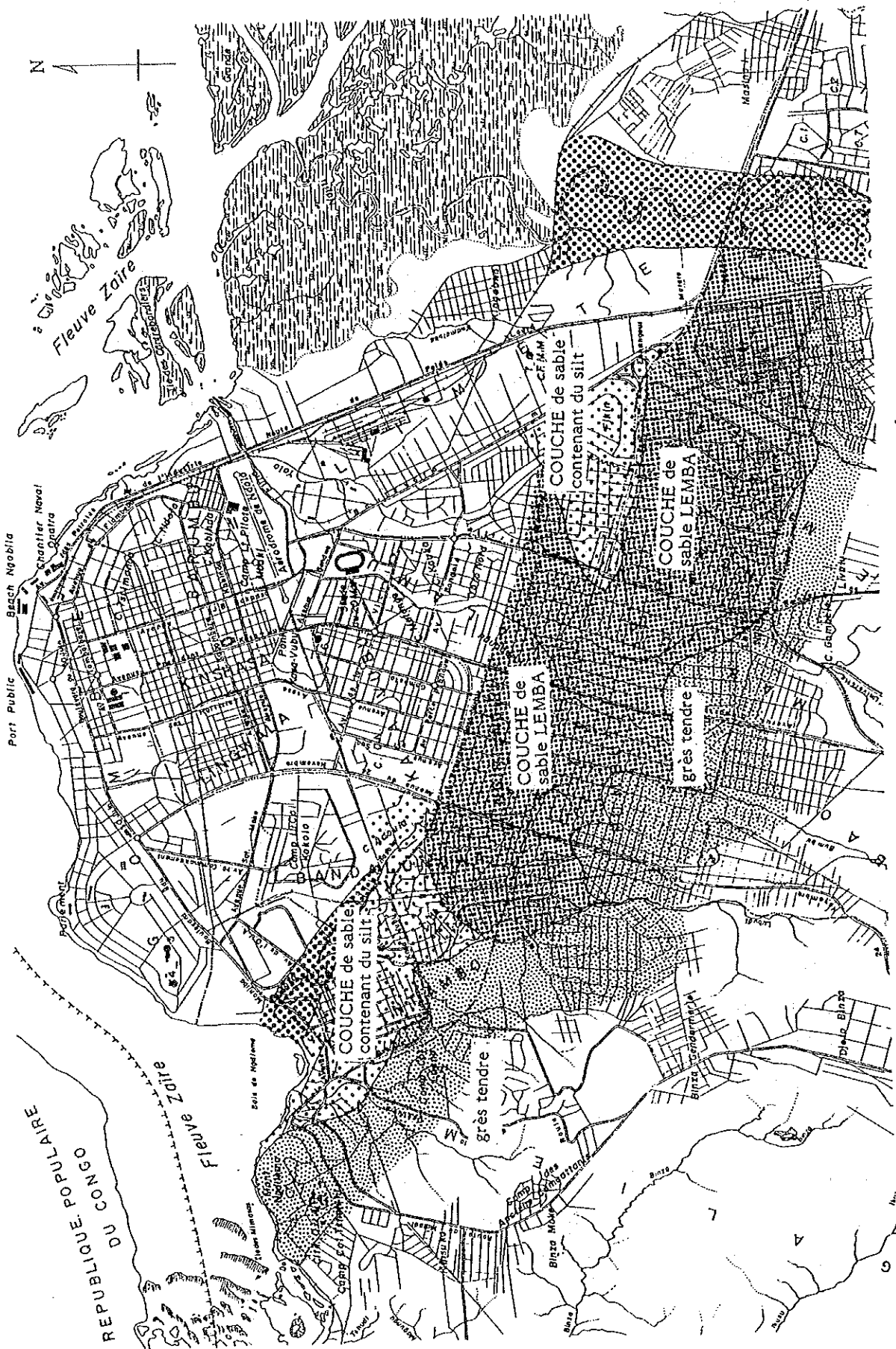


Figure 5.1.1 Carte géologique dans les zones concernées par le projet S = 1 : 40.000

## 5.1.2 Reconnaissance du sol

### (1) Généralités

Les essais de sol ont été exécutés par échantillonnage en 20 points le long de la route en projet comme le montre la figure 5.1.2 pour le sous-sol et à 1 point dans la zone d'emprunt pour le remblai.

La zone d'emprunt est utilisée pour les matériaux de remblai destinés aux travaux routiers avoisinant de la zone du projet. Son emplacement est indiqué sur la figure 5.1.3.

### (2) Essais de sol

Les essais de sol suivants ont été exécutés sur les échantillons du sol de fondation.

- Essai de poids spécifique
- Essai d'analyse granulométrique
- Essai de limites de liquidité et de plasticité
- Essai de compactage
- Essai C.B.R.

### (3) Résultats de la reconnaissance et observation

Le résultat des essais de sol sont indiqués sur les tableaux 5.1.1, 5.1.2 et 5.1.3. En résumé, les caractéristiques du sol, sous-sol et remblai sont les suivantes.

#### 1) Sol de fondation

- La nature du sol étant du sable fin à granulométrie monodispersée et mauvaise (D'après la classification de Casagrande, il est de SP, c'est-à-dire que sa teneur en particule fine n'existe presque pas.)
- D'après la catégorie du sol par AASHTO, la plupart des échantillons entrent dans A-3 ou A-2-4 et une partie dans A-2-6.
- A-3 et A-2-4 conviennent au sol de fondation. A-2-6 est médiocre par rapport à A-3 et à A-2-4, mais utilisable en tant que sol de fondation.
- Le résultat d'essai C.B.R. est entre 9 et 25, sa répartition se concentre autour de 12 et 18, et il est raisonnable d'en prendre 12 en tenant compte de la marge de sécurité.



Figure 5.1.2 Plan des emplacements de sondage du sol de fondation

S=1:50.000

## 2) Matériaux de remblai

- La nature du sol étant du sable fin à granulométrie monodispersée, et mauvaise (D'après la classification de Casagrande, il est de SP, c'est-à-dire que sa teneur en particule fine n'existe presque pas.)
- D'après la catégorie du sol par AASHTO, ils entrent dans A-2-4.
- Ils conviennent aux matériaux de remblai. 1:1, 8 à 1:2,0 sont requis pour les pentes du talus.
- Le résultat d'essai C.B.R. est de 19.
- Pour les matériaux de remblai du présent projet, cette zone en offre une carrière de bonne qualité et une quantité suffisante.

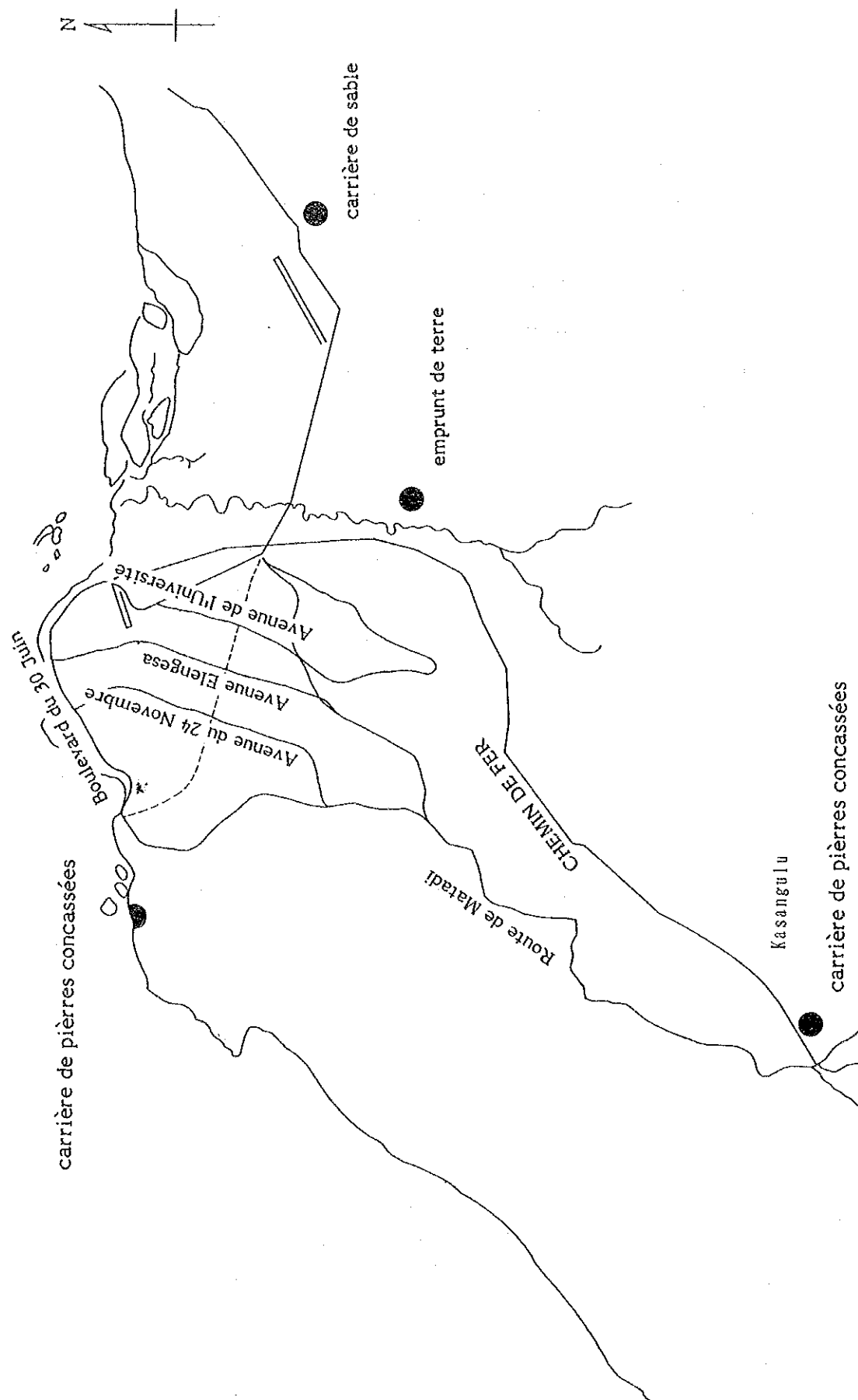


Figure 5.1.3 Plan des carrières pour des pierres concassées, des matières de remblai et du sable de montagne

Tableau 5.1.1 Le sommaire sur le test de laboratoire (1)

Sous fondation

No des échantillons			P - 1	P - 2	P - 3	P - 4	P - 5	P - 6	P - 7	
Poids spécifique			2,65	2,65	2,65	2,64	2,65	2,56	2,64	
Analyse granulo métrique	Sable	%	90	90	93	92	91	87	78	
	Silt	%	10	10	7	8	9	13	22	
	Argile	%								
Limites d'Atterberg	Limite de liquidité	%	14,0	16,3	17,9	18,9	13,3	12,7	17,1	
	Limite de plasticité	%	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	
Classifi- cation	AASHTO		A-3	A-3	A-3	A-3	A-3	A-2-4	A-2-4	
	Casagrande		SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	
Compactage	O.M.C.	%	8,2	7,8	10,6	8,6	9,8	9,0	9,3	
	M.D.D.	t/m <sup>3</sup>	2,00	2,01	1,95	1,98	2,02	1,83	1,88	
C.B.R.			%	16	18	20	24	9	12	17
Remarques										

Tableau 5.1.2 Le sommaire sur le test de laboratoire (2)

Sous fondation

No des échantillons			P - 8	P - 9	P - 10	P - 11	P - 12	P - 13	P - 14	
Poids spécifique			2,64	2,22	2,67	2,64	2,66	2,65	2,64	
Analyse granulo métrique	Sable	%	91	67	90	80	80	80	72	
	Silt	%	9	33	10	20	20	20	28	
	Argile	%								
Limites d'Atterberg	Limite de liquidité	%	12,9	19,6	13,2	17,4	19,0	18,1	16,5	
	Limite de plasticité	%	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	11,1	12,9	10,0	
Classifi- cation	AASHTO		A-3	A-2-4	A-3	A-2-4	A-2-6	A-2-6	A-2-4	
	Casagrande		SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	
Compactage	O.M.C.	%	8,3	9,0	8,3	9,0	8,0	8,6	8,3	
	M.D.D.	t/m <sup>3</sup>	1,94	2,00	2,02	2,03	2,00	2,01	2,05	
C.B.R.			%	18	12	11	18	17	15	15
Remarques										

Tableau 5.1.3 Le sommaire sur le test de laboratoire  
(Matériaux de sous-sol et de remblai)

Sous fondation et matériels

No des échantillons		P - 15	P - 16	P - 17	P - 18	P - 19	P - 20	M - 2
Poids spécifique		2,65	2,65	2,64	2,63	2,65	2,64	2,64
Analyse granulo- metricque	Sable %	84	82	75	84	88	87	100
	Silt %	16	18	25	16	12	13	
	Argile %							
Limites d'Atterberg	Limite de liquidité %	12,8	13,4	15,2	14,3	14,3	13,5	17,3
	Limite de plasticité %	10,9	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Classifi- cation	AASHTO	A-2-6	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-2-4	A-3
	Casagrande	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP
Compactage	O.M.C. %	7,7	8,8	9,9	8,2	9,1	8,7	8,4
	M.D.D. t/m <sup>3</sup>	2,03	1,96	1,97	2,01	2,05	1,99	2,00
C.B.R. %		12	13	18	22	25	25	19
Remarques								Matériaux de remblai

Tableau 5.1.4 Le sommaire sur le test de laboratoire

Pierres concassées et sable

No des échantillons		M - 1	M - 2	M - 4	M - 5	M - 6	M - 7
Poids spécifique		2,65	2,67	2,63	2,65	2,65	2,66
Los Angeles Test %		...	14	14	...	26	30
Com- pactage	O.M.C. %	...	6,5	6,8	...	5,8	8,0
	M.D.D. t/m <sup>3</sup>	...	2,10	2,18	...	2,09	2,08
C.B.R. %		...	29	202	...	66	96
Remarques		Sable	Pierres Concassées	Pierres Concassées	Sable	Pierres Concassées	Pierres Concassées



### 5.1.3 Etudes sur granulats

#### (1) Généralités

Dans la zone environnante du projet, les concassés sont utilisés comme gros granulats pour les travaux routiers en béton. La carrière se trouve à 2 endroits dans la ville de Kinshasa et à 1 endroit à Kasangulu comme le montre la figure 5.1.3. Tous ces endroits produisent chacun mensuellement 10 à 20 mille tonnes de grès. Leur réserve pour le présent projet est suffisante.

D'autre part, le sable de montagne et de rivière est utilisé comme granulats fins. La carrière est montrée sur la figure.

L'échantillonnage de ces endroits a été exécuté pour servir aux essais de granulats.

#### (2) Essais de granulats

Les essais de granulats suivants ont été exécutés sur des échantillons pris.

- Essai de poids spécifique
- Essai d'analyse granulométrique (Uniquement pour granulats fins)
- Essai d'abrasion Los Angeles (Uniquement pour gros granulats)
- Essai de compactage (Uniquement pour gros granulats)
- Essai C.B.R. (Uniquement pour gros granulats)

#### (3) Résultats de la reconnaissance et observation

Le tableau 5.1.4 montre les résultats des essais de granulats. Les caractéristiques des granulats sont les suivantes:

##### 1) Gros granulats

- Les poids spécifiques sont de 2,65 à 2,67.
- L'essai d'abrasion Los Angeles donne 14 à 30%.
- L'essai C.B.R. donne 29 à 93.
- Les caractéristiques pour les gros granulats sont indiqués sur le tableau 5.1.5, d'où il résulte qu'ils sont bons pour les travaux routiers en béton. Toutefois, en cas d'utilisation comme matériaux pour couche de base le contrôle de la granulométrie sera requis.

**Tableau 5.1.5 Caractéristiques pour gros granulats**

	Couche de fondation	Couche de base	Couche de base/couche de surface (couche revêtue)	Granulats pour béton
Abrasion Los Angeles (%)	Inférieure à 30	Inférieure à 40	Inférieure à 30	Inférieure à 50
C.B.R. rectifié (%)	Supérieur à 20	Supérieur à 80	--	---

2) Granulats fins

- Le poids spécifique est de 2,65.
- La granulométrie est monodispersée composée de sable intermédiaire et fin.
- Ils ne contiennent pas de matières organiques, ni masse d'argile, etc.

**5.1.4 Etudes sur les ouvrages d'art**

(1) Généralités

Dans le but de saisir la couche-support et la portance du soubassement sur lequel est prévue la construction des ouvrages d'art dans le cadre du projet, tels que ponts, sauts-de-mouton, etc., le forage mécanique rotatif, l'essai de pénétration et l'échantillonnage des carottes ont été exécutés en 20 points présentés sur la figure 5.1.4.

(2) Essais de sol

Les essais de sol suivants ont été exécutés sur les échantillons non-perturbés et perturbés recueillis.

- Essai de poids spécifique
- Essai d'analyse granulométrique
- Essai de limites de liquidité et de plasticité
- Essai de compression triaxiale (non-consolidation, non-draine)

(3) Résultats de la reconnaissance et observation

Le résumé des profils en colonne (Voir document 5.1.1) et des résultats des études (tableau 5.1.6) sont les suivants.

- Les couches sont en général composées de strates à sable fin, mais une intrusion d'argile partiellement sablonneuse peut être observée dans certains endroits. L'épaisseur de l'argile sableuse est de l'ordre de 0,5 m à 3 m. Concernant sa résistance, la valeur de N est inférieure à 5 correspondant à une couche molle lorsque sa strate se trouve près de la surface du sol. Cependant en cas de sédimentation au niveau plus profond, la valeur de N est supérieure à 50, et la cohésion  $C = 3$  à  $7$  t/m représente un état consolidé, par conséquent le tassement dû à la consolidation, la portance, etc. est satisfaisant pour la couche-support.
- La partie roche est observée entre 7 et 12 m au-dessous de la surface du sol à un endroit comme le fond du lit, etc.
- Une certaine intrusion de roche entre les couches de sable peut être observée.
- D'une façon générale, la couche-support, d'une valeur de N supérieure à 30 se trouve approximativement à 5 m, également en certains endroits à 10 m au-dessous de la surface du sol.
- La nappe phréatique se trouve à une profondeur de 1 à 3 m.

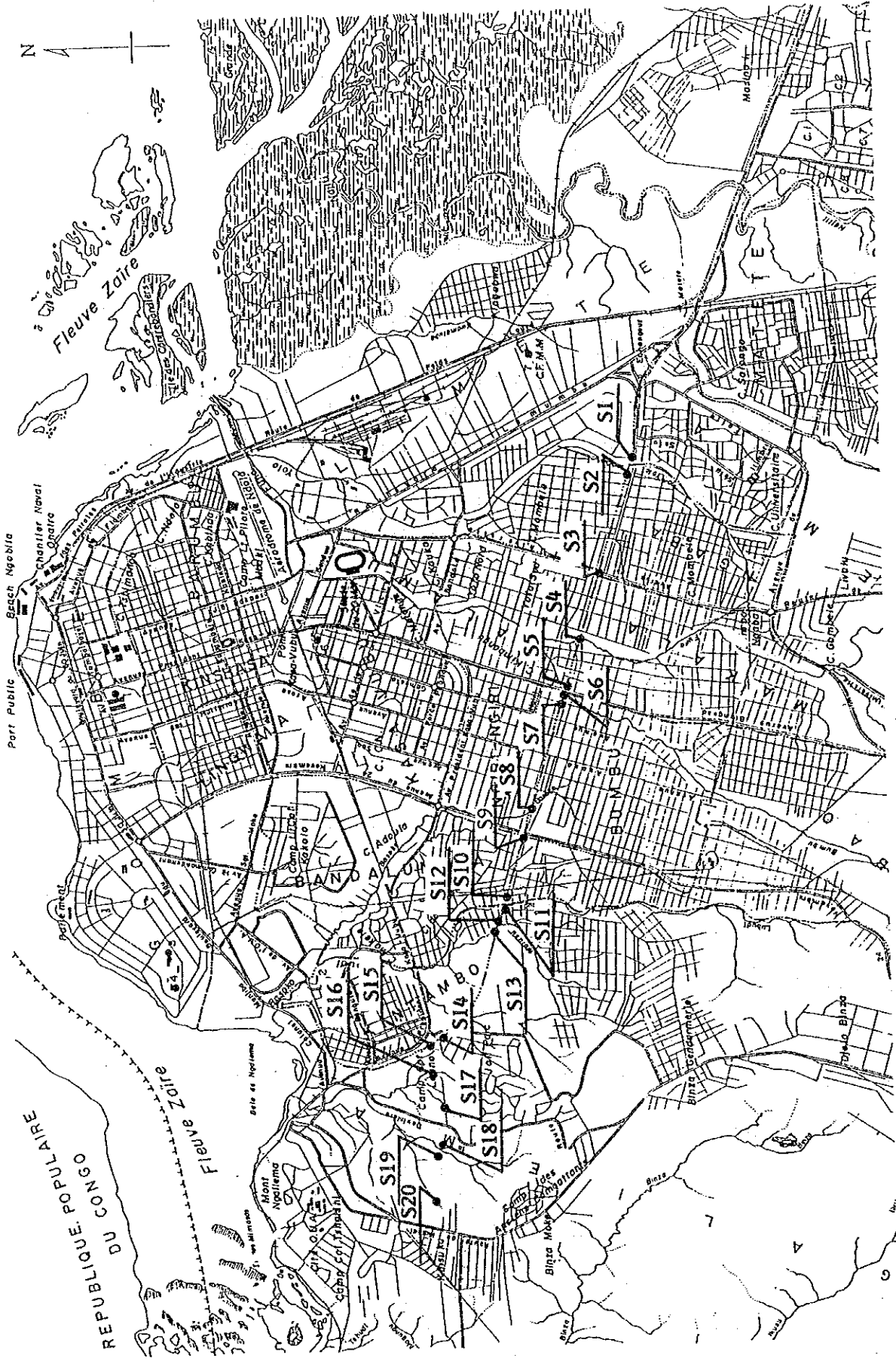


Figure 5.1.4 Plan des emplacements de sondage

S = 1:50.000

Tableau 5.1.6 Le sommaire sur le test de laboratoire

(Essai de compression triaxiale)

No des échantillons		S - 6	S - 11	S - 11	S - 13	S - 13	S - 13	S - 13
Profondeur de l'échantillonnage		4,00	2,00	4,00	2,60	3,00	5,00	8,00
		∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫
		4,55	2,55	4,55	3,00	3,55	5,50	8,55
Essai de solidite	C t/m <sup>2</sup>	3	4	5	4	7	3	7
	φ °	23	22	20	15	23	18	19

No des échantillons		S - 14	S - 17	S - 17	S - 17	S - 17	S - 18	S - 18
Profondeur de l'échantillonnage		2,00	1,50	2,00	3,00	5,00	1,50	3,00
		∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫
		2,55	2,00	2,55	3,50	5,55	2,00	3,55
Essai de solidite	C t/m <sup>2</sup>	1	4	4,5	5	4	6	3
	φ °	19	18	14	20	12	17	27

No des échantillons		S - 18	S - 20	S - 22	S - 22	S - 23	S - 23
Profondeur de l'échantillonnage		6,00	4,50	3,00	6,00	2,00	6,00
		∫	∫	∫	∫	∫	∫
		6,55	5,00	3,55	6,55	2,55	6,55
Essai de solidite	C t/m <sup>2</sup>	3	5	3	4	7	4
	φ °	28	18	28	22,5	19	22,5

## 5.2 Etude hydrologique

### 5.2.1 Hydrologie et météorologie

#### (1) Stations météorologiques à Kinshasa

A Kinshasa, comme l'indique le tableau 5.2.1 il existe 4 stations météorologiques installées dans les années 1940-1950, qui poursuivent toujours les observations. (voir le document 5.2.1)

**Tableau 5.2.1 Stations météorologiques à Kinshasa et période d'observation**

Nom de station météo	Période d'observation
1. CENTRE METEO BINZA	1943 - Jusqu'à présent
2. CENTRE VILLE	1956 - "
3. AEROPORT DE NDOLO	1948 - "
4. AEROPORT DE NDJILI	1946 - "

Dans la présente étude, nous avons obtenu des documents météo de Kinshasa réunis par BINZA METEO à partir des relevés d'observation de ces 20 dernières années concernant chaque station météo sur les précipitations, la température, l'humidité et le vent.

#### (2) Précipitation

La Fig. 5.2.1 et le document 5.2.3 montrent la précipitation moyenne mensuelle à Kinshasa pour une période de 20 ans: 1969 - 1988.

La précipitation annuelle est de l'ordre de 1500 mm. On distingue deux saisons: saison sèche de juin à août et saison pluvieuse de septembre à mai.

Dans la région concernée, la précipitation est en général de type grain caractérisé par une pluie d'intensité très forte de courte durée. D'après les relevés pluviométriques, la précipitation horaire occupe approximativement 40 à 50% de la précipitation journalière et 70% par rapport à une précipitation de 2 à 3 heures. (voir le document 5.2.4)

La hauteur maximum connue des précipitations de courte durée est de 30 mm en 10 minutes, 71 mm en 30 minutes et 100 mm en 60 minutes.

### (3) Température et Humidité

La Fig. 5.2.2 représente les températures maximum et minimum mensuelles ainsi que la température moyenne de ces dernières 21 années (1968 - 1988) à Kinshasa. Pour cette période, la température la plus élevée et la plus basse ont été de 36,5°C et de 18°C, respectivement.

La température moyenne annuelle est de 24,1°C. Par rapport à la variation annuelle, la variation journalière est grande et s'élève à  $\pm 10^\circ\text{C}$  environ.

En ce qui concerne l'humidité à Kinshasa, on a enregistré l'humidité la plus élevée de 95%, l'humidité la plus basse de 71% et l'humidité moyenne de 82% au cours de ces dernières 21 années (1968 - 1988). (voir le document 5.2.7)

### (4) Direction et vitesse des vents

La Fig. 5.2.3 montre la vitesse maximum et la direction des vents ainsi que la relation fréquence - direction des vents, sur la base des relevés des vitesses maximum mensuelles et directions des vents pendant 9 ans (1969 - 1977) à Kinshasa. Les vents dominants viennent du N.-E en saison des pluies et du S.-O en saison sèche, avec la vitesse maximum de 29,7 m/s et de 24,5 m/s. (voir le document 5.2.8)

### (5) Fleuve Zaïre

Le fleuve Zaïre, d'une longueur d'environ 4650 km (4<sup>ème</sup> du monde) se place au 2<sup>ème</sup> rang derrière le Nil en Afrique. Ses affluents recouvrent le territoire du Zaïre et la superficie du bassin versant est d'environ 4.000.000 km<sup>2</sup>, égalant à peu près celle de l'Amazone de l'Amérique du Sud. De plus, son débit de 30.000 à 50.000 m<sup>3</sup>/s, place le fleuve Zaïre au 2<sup>ème</sup> rang du monde derrière l'Amazone dans ce domaine.

Kinshasa est sur le Zaïre en amont d'environ 350 km à l'est de son embouchure. Les résultats de l'observation des niveaux d'eau au port de Kinshasa font ressortir que la variation annuelle de niveau d'eau entre les saisons pluvieuse et sèche est d'environ 3 m, et que la différence entre les niveaux d'eau maximum et minimum connus est d'environ 6 m.

De ce fait, en saison des pluies, la montée des eaux du fleuve Zaïre exerce une influence par remous ou contre-courant sur la zone d'aval des petites et moyennes rivières traversant la ville de Kinshasa.

La Fig. 5.2.4 et le document 5.2.9 montrent le niveau d'eau moyen mensuel sur la base des relevés des niveaux d'eau au port de Kinshasa pour la période de 1969 à 1988 (direction R.V.F., Département des Transports).

Pendant cette période, le niveau d'eau maximum de 276,5 m correspond à une période de retour de 1/10 an, alors que le plus haut niveau d'eau connu de 277,8 m correspond à une fréquence de 1/100 an. (voir le tableau 5.2.2)

**Tableau 5.2.2 Niveaux d'eau probables du fleuve Zaïre (le port de KINSHASA)**

Période de retour	Niveaux d'eau (EL: M)
2	273.6
3	275.9
5	276.1
10	276.5
20	276.7
50	277.3
100	277.7
200	278.0



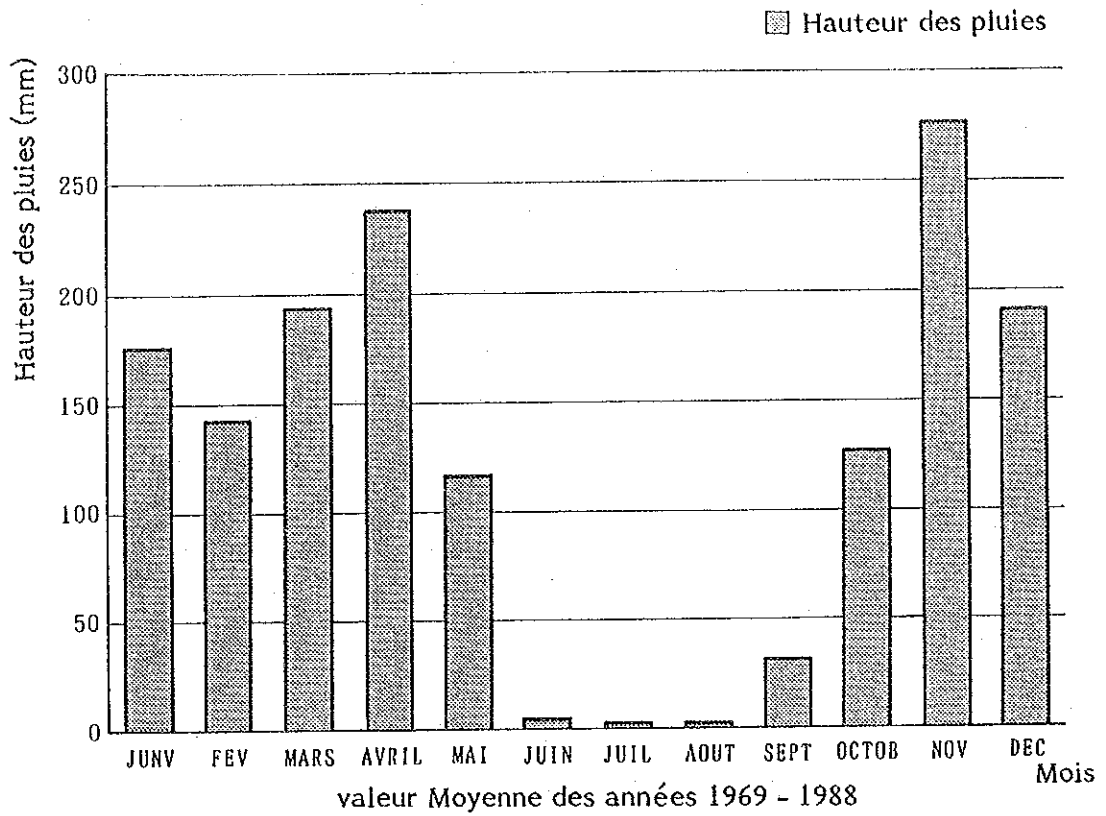


Figure 5.2.1 Diagramme des précipitations mensuelles à KINSHASA

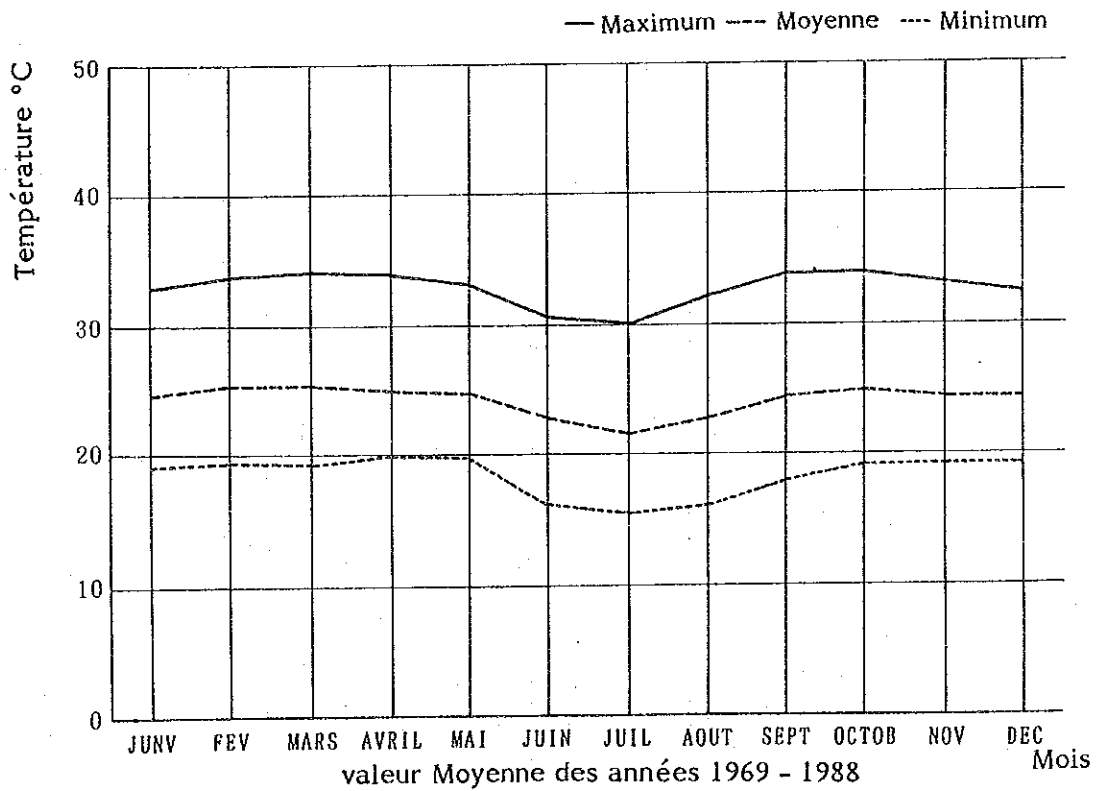


Figure 5.2.2 Température à KINSHASA

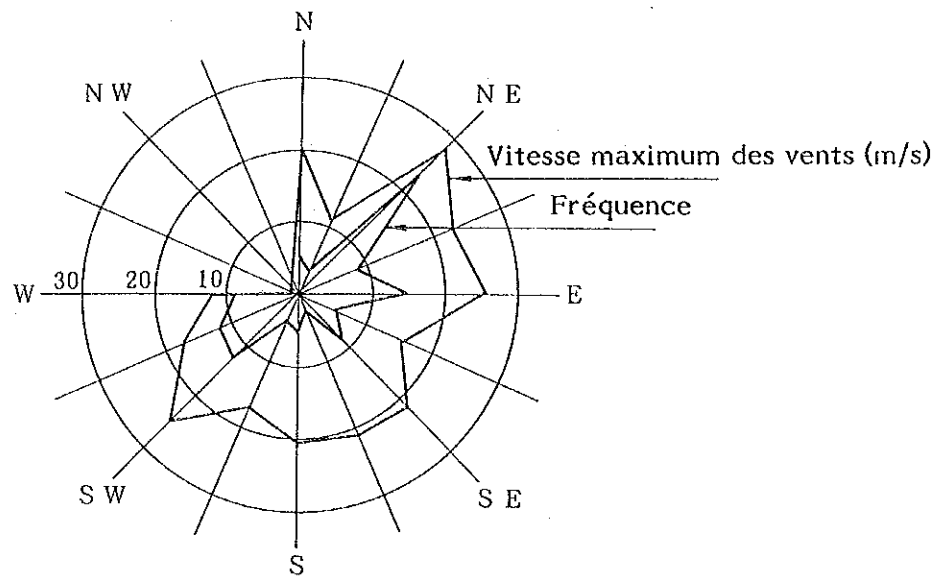


Figure 5.2.3 Direction, vitesse et fréquence des vents à KINSHASA

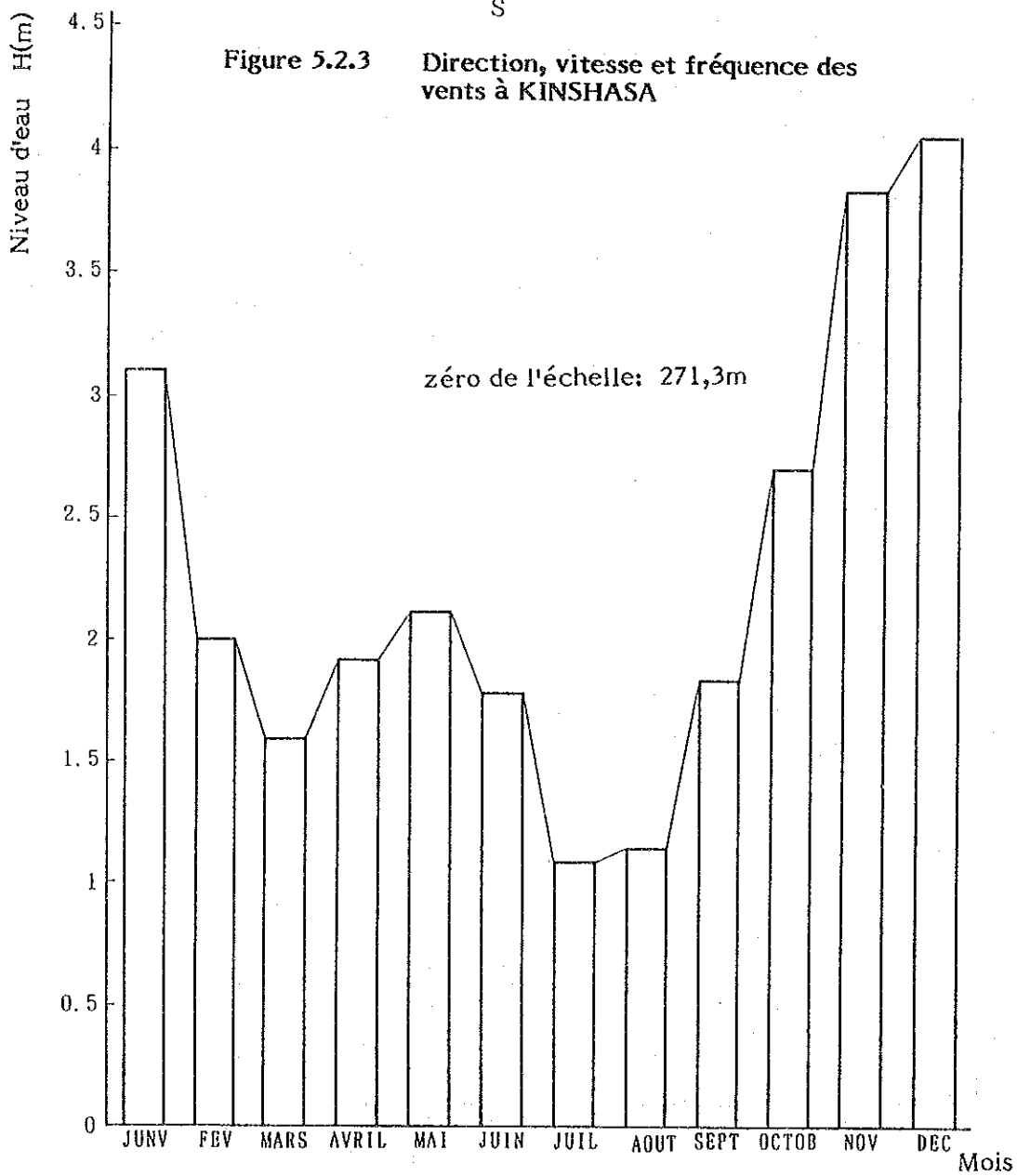


Figure 5.2.4 Diagramme des niveaux d'eau moyens mensuels du fleuve Zaïre

## 5.2.2 Objet de l'étude, aperçu des rivières et de leurs bassins versants

### (1) Relief des bassins

Dans la ville de Kinshasa, notre étude a porté sur les bassins des 3 rivières: FUNA, BASOKO et MAMPEZA, rivières concernées par l'itinéraire du projet de l'artère EST-OUEST. La carte des bassins correspond à la Fig. 5.2.5, et le profil en long de chaque cours d'eau principal au document 5.2.10.

Le bassin, la longueur et la pente de chaque cours d'eau principal et ses principaux affluents sont donnés sur le tableau suivant.

**Tableau 5.2.3 Caractéristiques des bassins versants des rivières concernées**

Nom de rivière	Superficie (km <sup>2</sup> )	Longueur (km)	Pente
FUNA	72.22	16.0	1/325 - 1/76
YOLO (Affluent rive droite)	20.12	9.0	1/376 - 1/49
BUMBU (Affluent rive gauche)	21.84	11.0	1/225 - 1/159
BASOKO	27.43	6.0	1/233 - 1/125
LUBUDI (Affluent rive gauche)	17.91	7.0	1/220 - 1/130
MAMPEZA	5.69	4.5	1/102 - 1/30

### (2) Utilisation du sol des bassins versants

La période 1950 - 1970 a vu une urbanisation rapide le long des bassins moyens et supérieurs des rivières concernées, c'est-à-dire au sud des anciennes cités de Kinshasa.

L'utilisation actuelle du sol dans les bassins des rivières concernées est classée en 6 catégories du point de vue étude hydrologique, dont le résultat figure sur le tableau suivant.

**Tableau 5.2.4 Utilisation du sol dans les bassins versants des rivières concernées**

Unité: km<sup>2</sup>  
% (ligne inférieure)

Nom de rivière	Cité à forte densité de population	Cité à densité moyenne	Quartier résidentiel entouré d'arbres	Friche, Champ	Forêt	Montagnéé (terre nue)	Total
FUNA	6.33 9	26.87 37	21.94 30	1.43 2	10.99 15	4.56 7	72.12 100
BASOKO	2.28 8	14.03 51	8.43 30	0.61 3	1.91 6	0.08 2	27.34 100
MAMPEZA	0.16 3	1.16 20	4.18 73		0.20 4		5.70 100
Total	8.77 8	42.06 40	34.55 33	2.04 2	13.10 12	4.64 5	105.16 100

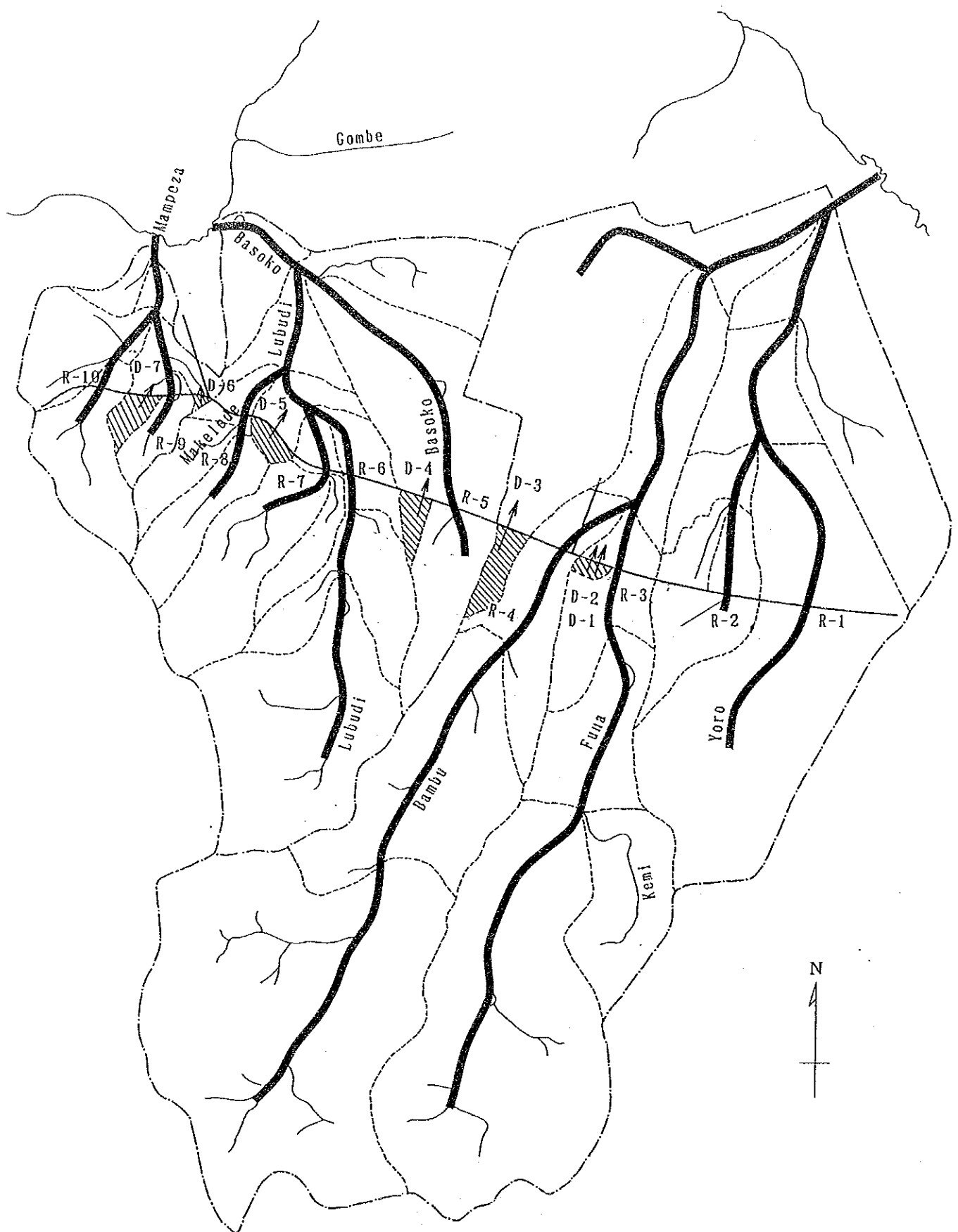


Figure 5.2.5 Artère EST-OUEST et bassins des rivières concernées

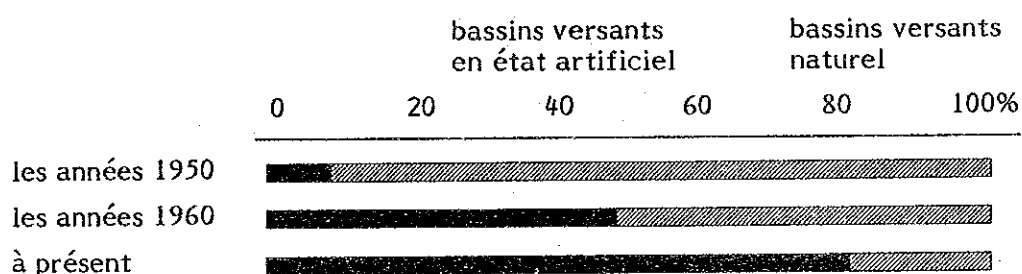
(Note) R : N° de bassin versant du site traversé par la rivière  
 D : N° de bassin versant du canal traversé par la route

Sur le tableau ci-dessus, les cités à forte densité de la population se composent principalement des anciennes cités, alors que les cités à densité moyenne sont des zones urbanisées de la deuxième moitié des années 1950 à la deuxième moitié des années 1960, zones où la plupart des routes ne sont pas revêtues. Ces cités représentent 50% des bassins versants.

Les quartiers résidentiels entourés d'arbres sont des zones parsemées de logements construits en prolifération anarchique au fur et à mesure de la concentration démographique, notamment sur les sites collinaires en amont. A noter, toutefois, que le bassin de la rivière Mampeza se trouve dans les quartiers d'habitation de haut standing. De plus, la zone parsemée de bâtiments, d'aérodrome ou d'usine entre aussi dans cette catégorie.

Ces zones réunies ont un taux d'urbanisation d'environ 80% et l'on peut dire que cette urbanisation a favorisé la destruction du couvercle végétal naturel dans les parties collinaires des bassins versants.

La figure 5.2.6 montre l'évolution de l'exploitation des bassins versants des rivières concernées, ceux-ci étant classés en deux catégories selon leur destination, soit le bassin versant en état artificiel recouvrant les zones urbanisées et les zones résidentielles et le bassin en état naturel comportant les champs, les labours, les montagnes et les forêts.



(en %)

	les années 1950	les années 1960	à présent
Bassins versants en état artificiel	8	48	81
Bassins versants en état naturel	92	52	19

Figure 5.2.6 Evolution de l'exploitation des bassins versants

### (3) Géologie des bassins et Problème des boues et sables

Le sol superficiel des bassins est généralement sablonneux. Sur les bassins en amont, on assiste à une érosion ou à un effondrement considérable à la suite du déboisement qui accompagne le développement du terrain d'habitation. Les boues et sables, causés par effondrement et érosion sont transportés par les crues en saison des pluies et, se déposent sur le lit du cours d'eau ou débordent sur les bassins avec les crues. A cela s'ajoute l'écoulement de boues et sables à partir des routes non revêtues, donnant lieu à l'ensablement des caniveaux et des artères revêtues, ce qui en association avec un mauvais drainage constituent un facteur d'entrave à la circulation routière. Des effondrements causent de grands désastres: destruction de maisons et de routes. Dans la région en aval, les sables et boues débordés ont enterré des maisons, obligeant ainsi à surélever le terrain pour rebâtir. Donc, la lutte contre les sables et boues est un problème extrêmement sérieux dans la ville de Kinshasa, qu'il faut prendre en considération pour sauvegarder les ouvrages et la vie humaine.

D'ailleurs, les sables et boues transportés par les rivières concernées se déposent sur le cours de navigation et aux ports du fleuve Zaïre. Pour maintenir leur fonction, donc, le dragage doit être effectué de temps en temps. Au regard de leur exploitation actuelle et leurs conditions topographiques et géologiques, il faut penser que les bassins versants des rivières concernées sont urbanisés jusqu'au bout. En présence de la demande sociale d'urbanisation de la zone NDJILI située à l'est de KINSHASA, demande de plus en plus croissante, l'Artère EST-OUEST y contribuera considérablement en constituant l'essentiel de l'infrastructure urbaine à l'avenir.

### 5.2.3 Situation actuelle des rivières

#### (1) Capacité d'écoulement

Aux environs de la traversée de l'artère EST-OUEST, les rivières sont généralement à l'état naturel, mais on peut penser que la partie navigable de chaque lit ne subira pas de changement considérable.

Le document 5.2.13 montre la largeur, la profondeur et la capacité d'écoulement de chaque rivière ainsi que les résultats d'étude de la granulométrie moyenne des matériaux de fond. D'une façon générale, la largeur moyenne et la capacité d'écoulement près du site de traversée de l'artère EST-OUEST sont récapitulées ci-dessous. (voir les documents 5.2.11 et 5.1.12)

**Tableau 5.2.5 Capacité d'écoulement près du site de traversée de l'artère EST-OUEST**

Nom de rivière	Largeur (m)	Profondeur (m)	Capacité d'écoulement (m <sup>3</sup> /s)
Funa	10	2.0	25
Yolo	10 - 15	2.0 - 3.0	50
Bumbu	10	2.0	15
Basoko	5 - 6	1.5	5 - 10
Lubudi	50	1.5 - 2.0	150 - 200
Mampeza	5 - 6	2.0	60

Généralement parlant, le dépôt des sables et boues sur les fonds entraîne la montée de ceux-ci d'année en année. Il provoque la diminution de la section des lits, en particulier en amont, et constitue ainsi une cause d'inondation lors des crues.

Les sables des fonds extraits par les habitants locaux comme matériaux de construction, permettent à peine de maintenir la capacité d'écoulement.

#### (2) Situation d'inondation

La capacité d'écoulement des lits est généralement faible. De ce fait, pendant la saison des pluies, chaque crue donne naissance à une inondation.

La profondeur d'inondation est de l'ordre de 0,5 à 1,0 m le long des rivières, (voir le document 5.2.12) mais il n'y a pas de zones à eaux stagnantes susceptibles de causer un mauvais drainage à la suite de la montée des eaux. De ce fait, avec la fin des précipitations, les eaux s'infiltrèrent rapidement.

Il convient de noter que les inondations au niveau des cours moyens et supérieurs ont pour résultat d'atténuer les crues dans les parties aval, en particulier dans le bassin de la rivière Funa.

Malgré le drainage sur les routes principales aménagées, le dépôt des sables et boues entraînés par l'action agressive de l'eau pendant la saison des pluies obligent l'eau de pluie à couler sur les routes.

Le drainage mal assuré dans les zones urbaines et l'insuffisance de la capacité d'écoulement des rivières favorisent le dépôt dans les caniveaux de matières polluantes des eaux usées ménagères ainsi que la prolifération des anophèles dans des flaques d'eau formées par les inondations, ce qui constitue tant de problèmes sérieux au niveau de la santé, de l'hygiène et de l'environnement pour la ville de KINSHASA.

Une enquête menée, en 33 lieux, auprès des riverains concernés par les rivières révèle les différentes causes et détermine l'état des dommages dûs à l'inondation, dont les résultats figurent au Tableau 5.2.7. (voir le document 5.2.14)

Pour mieux comprendre l'importance des différentes réponses, nous les avons classées par ordre décroissant.

- (a) Diminution de la section mouillée attribuable au dépôt des sables et boues (100%)
- (b) Entrave à l'eau courante par les déchets (88%)
- (c) Etroitesse du pont par rapport à la largeur de la rivière (79%)

S'agissant de l'état des dommages, nous avons obtenu: (a) inondation de maisons (64%), (b) endommagement de récoltes (42%), (c) écroulement de maisons y compris la destruction de murs de clôtures par érosion ou affouillement de l'eau courante (24%).

### (3) Ouvrages des cours d'eau

En général, les tronçons de rivières de la zone urbaine ont reçu la régularisation et le revêtement des rives. Nombreux sont les revêtements



en maçonnerie de pierres locales, à l'exception d'une partie de la rivière Funa qui connaît un revêtement en béton coulé sur place. Ces revêtements des rives nécessitent à l'état actuel une réparation.

A l'amont des rivières Funa et Mampeza, des gabions sont utilisés par endroits.

Certains des ponts sont en dalle, mais en général nombreux sont les passages busés en tôle ondulée qui rétrécissent la section mouillée aux sites des ponts. En plus, il y a des endroits où le tuyau d'alimentation en eau traverse la partie navigable du lit, ce qui entrave la section mouillée et cause le dépôt des herbes séchées et déchets, favorisant l'inondation lors des crues.

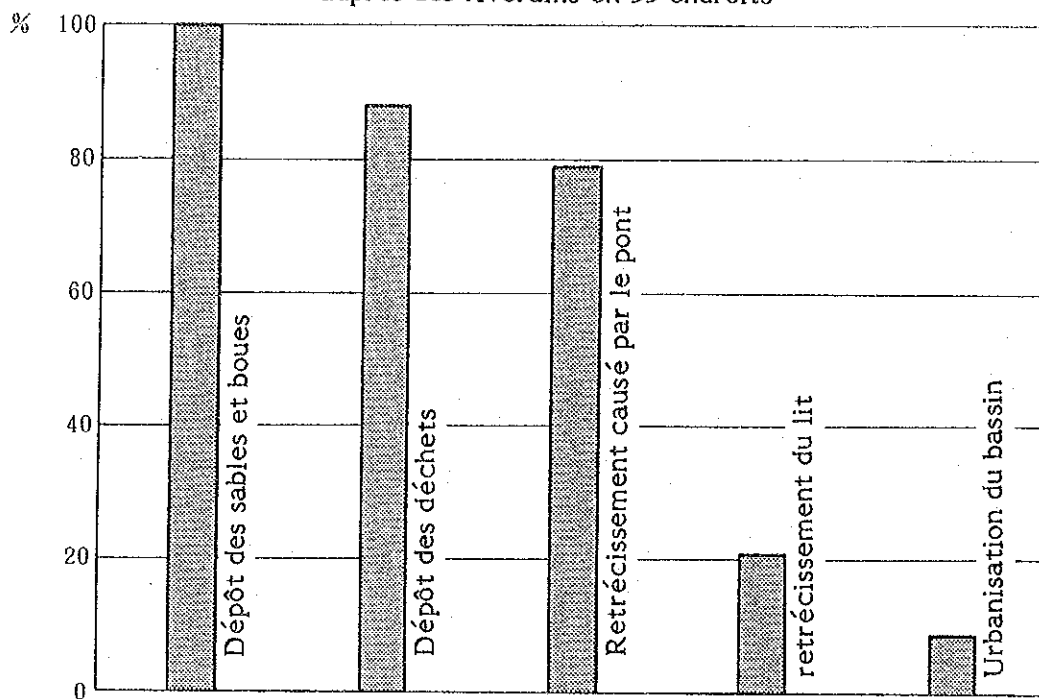
#### (4) Gestion des rivières et des dispositifs de drainage

La direction des bâtiments civils du Département des travaux publics et de l'aménagement du territoire assure la construction, l'entretien et la réparation des établissements publics alors que le bureau sinistre de la direction de protection civile du Département de l'Administration du territoire se charge des opérations de sauvetage et de rétablissement en cas de désastre.

La gestion concrète des routes en vue du maintien de leur fonction est assurée par l'O.V.D. qui, à l'arrivée de la saison sèche, procède à l'enlèvement des sables et boues qui se sont déposés dans les caniveaux et sur les routes.

Cependant, en ce qui concerne la gestion des petites et moyennes rivières traversant les zones urbaines telles que la rivière Funa, la rivière Basoko etc. l'administration du Zaïre ne définit pas leur gestionnaire de façon précise et par conséquent, elles ne sont pas gérées.

Enquête sur les causes des inondations  
auprès des riverains en 33 endroits



Enquête sur les dommages d'us à l'inondation à Kinshasa  
auprès des riverains en 33 endroits

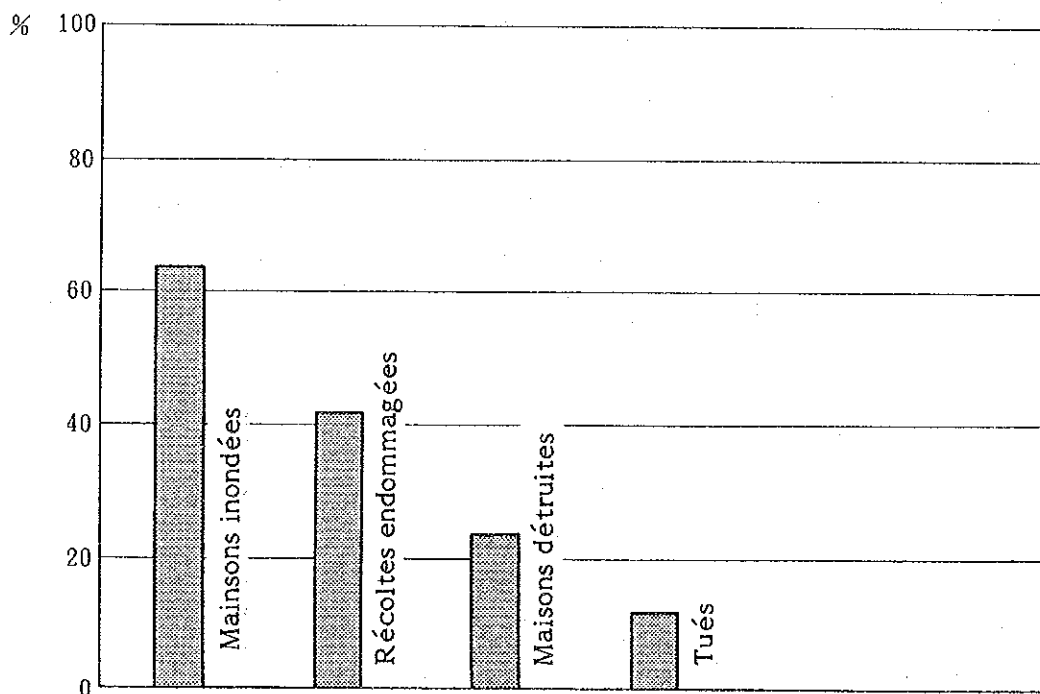


Figure 5.2.7 Enquête sur les causes et les dommages des inondations des rivières concernées

## 5.2.4 Principe de base de l'étude

### (1) Principe de base

L'analyse de l'étude hydrologique sur le projet de construction de l'artère EST-OUEST a pour but d'étudier le dimensionnement et le type convenables des ouvrages tels que ponts sur les rivières et canaux, ainsi que les mesures à prendre pour éviter que la construction de l'artère n'entraîne ni de mauvais drainages ni des dépôts de sables et boues.

Quant aux rivières, la hauteur et la largeur des ponts auront un degré de sécurité convenable par rapport aux crues. Eu égard à la stabilisation des lits, le revêtement des rives et l'ouvrage protecteur des fonds seront à considérer selon le besoin.

Le drainage de la surface et des alentours de la route sera conçu de manière à se faire rapidement une structure facilitant le maintien et la gestion de sa fonction.

### (2) Idée fondamentale du projet hydrologique

Le projet et la conception hydrologiques des ponts et des dispositifs de drainage de la route respecteront en principe les règles ou les usages zaïrois. Compte tenu de la concertation faite avec les autorités concernées ainsi que de la situation actuelle des sites, nous avons retenu ce qui suit:

#### 1 Envergure du projet et précipitation probable

##### - Envergure du projet

Le degré de sécurité des rivières sera supérieur à une période de récurrence de 1/10.

En principe, une fréquence de plus de 1/5 sera adoptée pour les canaux dont la superficie de bassin versant est inférieure à 2,0 km<sup>2</sup>. Ceci concerne les dispositifs de drainage de la route, etc. Toutefois, s'il s'avère qu'un degré de sécurité plus grand est nécessaire à cause de l'envergure du bassin versant, de l'importance de l'utilisation du sol et de l'état d'inondation dans le passé; la période de retour sera de 1/10.

##### - Précipitation probable

La précipitation probable (voir le tableau 5.2.6) sera basée sur la courbe d'intensité des pluies (voir Fig. 5.2.8) établie à l'aide des

valeurs ci-dessous provenant des relevés pluviométriques durant 40 années (1931 -1971) à Kinshasa.

**Tableau 5.2.6 Précipitation probable à Kinshasa**

(Unité: mm/h)

Durée de l'averse (en minutes)	Période de recurrence		
	2	5	10
10	139,7	164,5	183,2
30	92,7	109,8	122,4
60	67,3	78,5	87,8
90	46,4	55,1	61,9

2 Méthode de calcul du débit de projet (voir le document 5.2.16)

- Le calcul du débit de projet pour les rivières et les dispositifs de drainage se fera avec la formule rationnelle.
- Le coefficient d'écoulement des rivières concernées sera fixé à l'aide des coefficients de ruissellement par utilisation du sol, tout en envisageant une gamme de 0,7 à 0,5 eu égard à l'utilisation du sol et des conditions géologiques.

**Tableau 5.2.7 Coefficient de ruissellement par utilisation du sol**

Utilisation du sol	Coefficient de ruissellement
Zone urbaine de forte population (principalement, anciennes cités)	0,70
Zone urbaine (zone non pourvue de routes revêtues et non aménagée en installation de drainage)	0,65
Quartier résidentiel entouré d'arbres	0,60
Friche, champ, forêt	0,50
Montagne (terre nue)	0,60

- Temps de concentration des eaux

Le temps de concentration sera calculé comme somme du temps d'écoulement en surface et du temps d'écoulement en lit.

Pour le temps d'écoulement en surface  $t_1$ , on utilisera un temps convenable de 10 mn à 30 mn selon l'envergure du bassin versant.

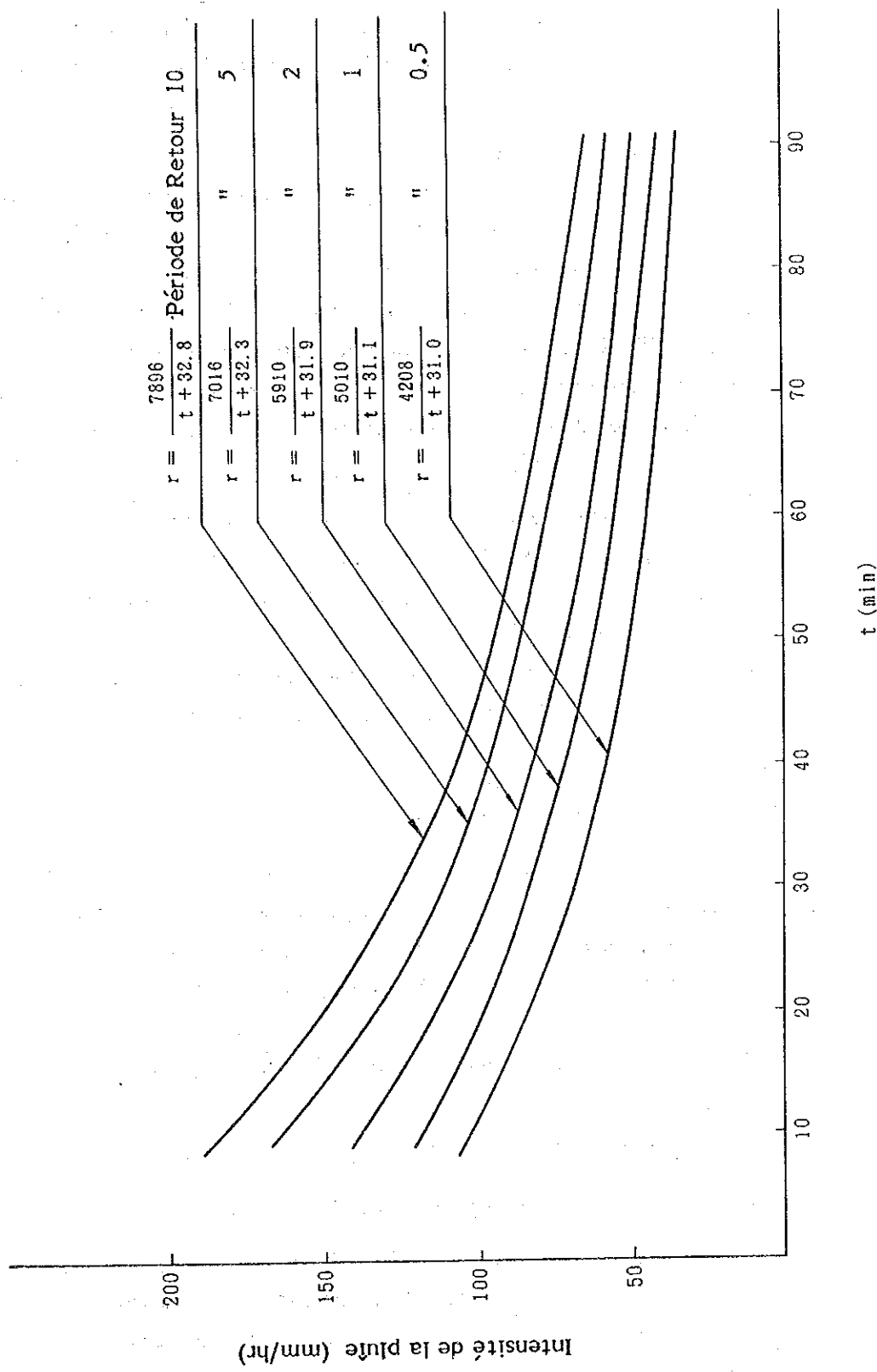


Figure 5.2.8 Intensité des Pluies a KINSHASA

Pour le temps d'écoulement en lit  $t_2$ , on adoptera une valeur convenable à l'aide des formules de Kraven, de Manning, de Rziha et de Gialotti.

- Coefficient d'abattement

Dans le cas où la précipitation ponctuelle en station d'observation est appliquée sur toute l'étendue de la zone concernée, il est nécessaire d'effectuer une correction convenable de précipitation selon la superficie de bassin versant. Kinshasa manque ces caractéristiques, et on appliquera, en prenant des marges de sécurité, des coefficients expérimentaux définis pour d'autres pays au climat analogue. Le document 5.2.15 publiée par le BEAU présente ces caractéristiques.

- Taux de mélange de matériaux solides (boue et sable)

Du fait du transport solide important de chaque rivière, la prise en compte du mélange de matériaux solides dans le débit de projet devrait être nécessaire.

Faute de données sur le taux de mélange de matériaux solides au moment des crues, on adoptera un taux d'environ 10% par expérience.

3 Conditions préalables des rivières

- Pour le dimensionnement des ponts et des dispositifs de drainage traversant la route du projet, l'élargissement du lit et l'abaissement du fond ne seront pas effectués en principe. C'est parce que les rivières concernées reçoivent une grande quantité de matériaux solides provenant des bassins versants, rendant difficile le maintien des lits régularisés. Donc, aux endroits de construction des ponts, etc., on se limitera à rectifier les profils sans modification considérable de l'état actuel.

4 Niveau des hautes eaux de projet (HWL)

- Le HWL aux sites des ponts sera fixé de manière à ne pas être inférieur au niveau de crue d'une période de récurrence de 1/10, compte tenu du niveau de crue connu (témoignages recueillis et repères). Dans ce cas, on prendra aussi en considération la hauteur du sol des alentours et la capacité d'écoulement des rivières.

- Le dispositif de drainage pour la superficie de bassin versant inférieure à  $2,0 \text{ km}^2$  sera généralement de type dalot. Dans ce cas, eu égard à l'adaptation aux conditions topographiques en amont et en aval, le niveau d'eau sera maintenu de façon qu'il puisse permettre le passage sûr du débit de projet.

#### 5 Méthode de calcul du profil et Coefficient de rugosité

- Pour assurer le passage sûr du débit de projet et satisfaire au HWL, la longueur du pont ou le profil du dispositif de drainage sera calculé hydrologiquement avec la formule de Manning.
- Pour le coefficient de rugosité  $n$ , les valeurs suivantes seront utilisées en fonction de la situation des rivières concernées.

**Tableau 5.2.8 Coefficient de rugosité**

Rivière naturelle	$n = 0.035$
Rivière avec rives revêtues	$n = 0.03$
Canal en béton enterré	$n = 0.02 - 0.025$
Canal non couvert (caniveau, par exemple)	$n = 0.015$

- Dispositif de drainage de la route  
Pour évacuer les eaux de pluie de la surface de route et de la surface réceptrice des alentours, le type de dispositif de drainage sera étudié de manière à permettre le drainage rapide et à faciliter l'entretien et la gestion, en prenant en considération le passage sûr du débit de projet et la formation des sédiments.

#### 6 Revanche

- Revanche des ponts  
Au Zaïre, la revanche des ponts est généralement de plus de 1 m à partir du HWL, mais il n'y a pas de règles particulières autorisées. Dans la présente étude, la revanche des ponts sera en principe de 1 m, étant bien entendu qu'une valeur convenable sera adoptée selon le mode de fixation du HWL, le degré de sécurité du débit de projet et le type de structure.
- Marge de sécurité en profil des canaux enterrés  
Dans le cas de canal de type enterré, la section mouillée sera inférieure à 85% de la section pleine.

- Marge de sécurité des canaux non couverts tels que caniveaux  
La marge des caniveaux assurant le drainage superficiel de route sera supérieure à 10% (10 à 20 cm, en général) de la profondeur d'eau.

## 7 Protection de l'ouvrage

L'amont et l'aval du site de pont et du canal traversant la route en projet recevront, respectivement sur 10 m environ, le revêtement des berges et la rectification du lit selon le besoin. En outre, si l'affouillement du fond est prévisible en aval des ouvrages, on étudiera aussi l'ouvrage de protection du fond et l'ouvrage de dissipation d'énergie.



### 5.2.5 Débit de crue de projet

Aux endroits où l'itinéraire de projet de l'artère EST-OUEST croise les rivières et les canaux, la situation des bassins est telle que le montre la Fig. 5.2.5.

Le débit de crue de chaque rivière a été calculé avec la formule rationnelle pour les précipitations d'une période de récurrence soit de 5 ans, soit de 10 ans. De même, le débit de projet des canaux traversant la route en projet a été calculé pour une période de 5 ans. Dans ces calculs, le coefficient de ruissellement et le temps de concentration sont ceux prévus dans la section 5.2.4 (2) - ( 2 ) ci-dessus. Il est à noter que le temps de concentration a été calculé avec le temps d'écoulement en surface de 10 à 30 mn en fonction de la source du bassin et le temps d'écoulement en lit calculé à l'aide de la vitesse de courant par application de la formule de Manning. Le temps de concentration des canaux pour de petits bassins a été fixé selon la superficie de bassin en se référant aux résultats de calcul des bassins versants, et ce avec valeur limite inférieure de 10 minutes.

Les résultats de calcul du débit de crue figurent sur les tableaux 5.2.9 et 5.2.10, et la répartition du débit d'une période de récurrence de 1/10 aux principaux endroits de chaque rivière est montrée sur la Fig. 5.2.9. (voir les documents 5.2.17 - 19 concernant les caractéristiques de bassins versants et le calcul de débit)

**Tableau 5.2.9 Note de calcul du débit de crue des rivières concernées par l'artère EST-OUEST**

Nom	W	A(km <sup>2</sup> )	f	L(km)	I	tc(min)	r(mm/hr)	$\alpha$	Q(m <sup>3</sup> /s)
YOLO (R-1)	1/5 1/10	6,89	0,62	3,44	1/110	40,04	96,98 108,39	0,83	105,1 117,4
YOLO TL (R-2)	1/5 1/10	1,29	0,65	0,70	1/150	19,76	134,77 150,23	0,86	29,7 33,1
FUNA (R-3)	1/5 1/10	18,25	0,59	9,95	1/325	125,56	44,44 49,85	0,81	118,4 132,9
BUMBU (R-4)	1/5 1/10	21,84	0,60	10,87	1/225	114,35	47,84 53,65	0,80	153,2 171,9
BASOKO (R-5)	1/5 1/10	1,67	0,65	0,45	1/125	17,79	140,05 156,06	0,84	39,0 43,5
LUBUDI (R-6)	1/5 1/10	8,75	0,62	5,97	1/220	59,31	76,58 85,72	0,83	105,4 118,0
MALUKU (R-7)	1/5 1/10	3,94	0,64	2,73	1/126	34,69	104,71 116,98	0,84	67,8 75,7
MAKELEL (R-8)	1/5 1/10	3,26	0,61	1,78	1/58	31,98	109,14 121,88	0,84	55,7 62,2
MAMPEZA TL (R-9)	1/5 1/10	0,59	0,64	1,38	1/105	21,50	130,39 145,39	0,88	13,2 14,8
MAMPEZA (R-10)	1/5 1/10	1,95	0,61	1,94	1/102	20,90	131,87 147,03	0,84	40,3

Note 1) Pour ( ) dans la colonne des noms des rivières, voir Fig. 5.2.5.

Note 2) W : Période de récurrence, A : Superficie bassin, f : Coefficient de ruissellement, L : Longueur du cours d'eau, I : Pente du cours d'eau, tc : Temps de concentration, r : Intensité de pluie,  $\alpha$  : Coefficient de correction, Q : Débit

**Tableau 5.2.10 Note de calcul du débit de projet des canaux de drainage en travers de l'artère EST-OUEST (Période de recurrence 1/5)**

Endroite	Nom	A(km <sup>2</sup> )	f	tc(min)	r(mm/hr)	$\alpha$	Q(m <sup>3</sup> /s)
(D-1)	YOLO	0,213	0,65	10,00	165,90	0,90	6,3
(D-2)	YOLO LT	0,198	0,65	10,00	165,90	0,91	5,9
(D-3)	BUMBU	0,58	0,65	20,00	134,15	0,88	13,6
(D-4)	BASOKO	0,33	0,65	15,00	148,33	0,89	8,7
(D-5)	LUBUDI	0,14	0,60	10,00	165,90	0,94	4,0
(D-6)	MAMPEZA	0,052	0,65	10,00	165,90	0,96	1,7
(D-7)	MAMPEZA	0,25	0,64	10,00	165,90	0,89	7,2

Note 1) Pour ( ) dans la colonne des noms, voir Fig. 5.2.5.

Note 2) A : Superficie bassin, f : Coefficient ruissellement, tc: Temps de concentration, r : Intensité de pluie,  $\alpha$  : Coefficient de correction, Q : Débit

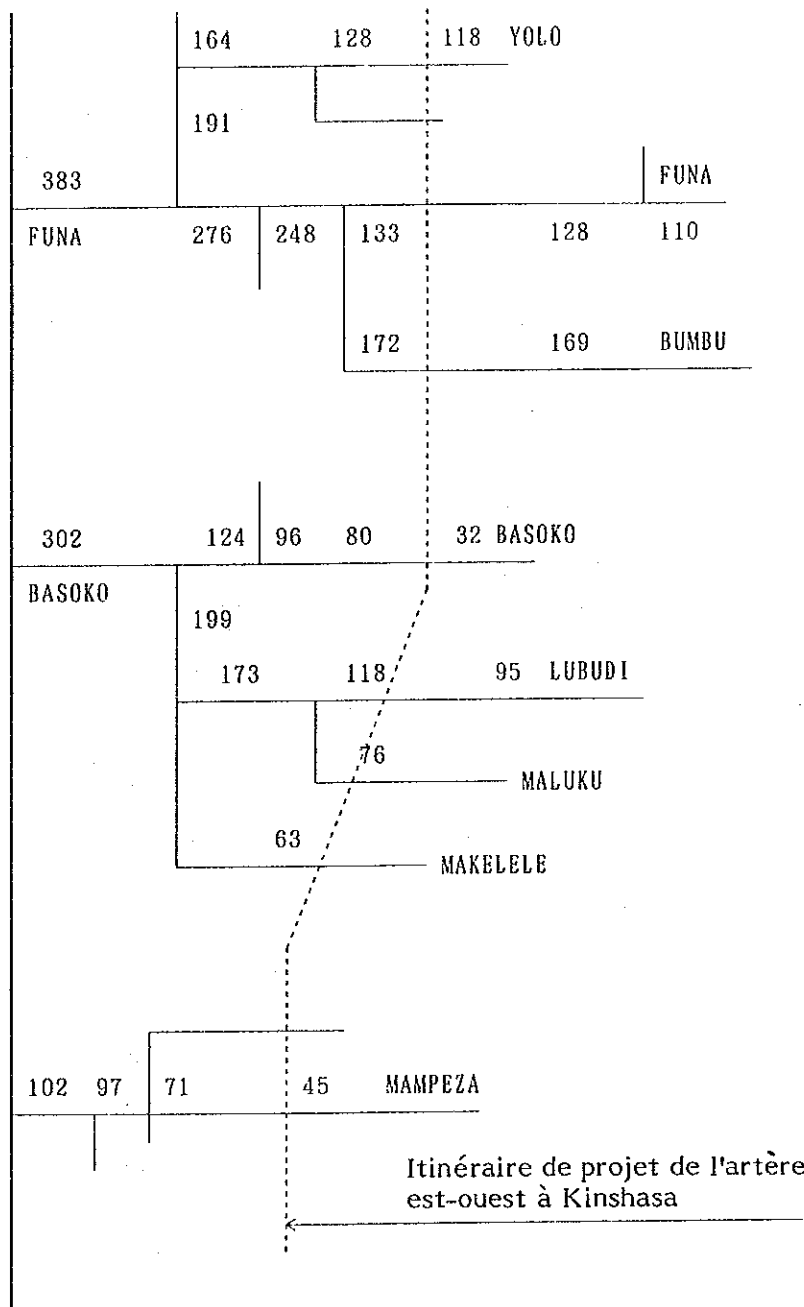


Figure 5.2.9 Répartition du débit de crue de projet des rivières concernées (une fréquence de 10 ans)

## 5.2.6 Etude hydraulique des ouvrages des rivières et canaux

### (1) Ponts et dalots

Avec le niveau des hautes eaux du projet plafonné en principe au plus haut niveau de crue connu (repère de crue ou témoignages recueillis), on a déterminé la longueur de pont ou les dimensions de dalot permettant de faire passer avec une certaine marge de sécurité le débit de crue du projet.

- La confirmation de la capacité d'écoulement et le calcul hydraulique de dalot ont été faits avec la formule de Manning.

$$V = R^{2/3} \cdot i^{1/3} m$$

$$Q = A \cdot V$$

V : vitesse d'écoulement (m/s)      A : section efficace du cours d'eau (m<sup>2</sup>)  
Q : volume d'écoulement (m<sup>3</sup>/s)      i : pente du lit fluvial  
R : rayon hydraulique (=A/P)m      n : coefficient de rugosité  
P : périmètre mouillé (m)

Le coefficient de rugosité utilisé est n=0,035 pour les rivières et n=0,02 pour les dalots. Les résultats d'étude des dimensions du pont de chaque rivière sont donnés sur le Tableau 5.2.11, le document 5.2.20, et le profil en travers de chaque site de pont est montré en Fig. 5.2.10.

- La hauteur du lit fluvial, le niveau de crue du projet et la pente du lit fluvial utilisés dans le calcul sont basés sur une carte topographique au 1/10.000, et le profil en travers des rivières est basé sur le levé simplifié.

Il est donc nécessaire d'effectuer une étude hydrographique supplémentaire pour confirmer et examiner de façon détaillée les dimensions des ponts, etc.

### (2) Remplacement de ponts et autres

- Les ponts jetés sur la Rivière Bumbu dans la zone Elengesa, où passera une route d'accès en projet, n'étant pas dotés de longueur et de hauteur suffisantes pour l'écoulement en sécurité du débit de crue de base, il est souhaitable de les remplacer de nouveaux.

Il faut noter toutefois que l'on sera obligé de conserver les ponts existants, si le présent projet est considéré comme n'affectant pas la capacité d'écoulement actuelle, puisque le présent projet n'a pas pour but d'aménager des eaux.

(4) Comparaison entre les revêtements souple et rigide

La comparaison s'effectue dans les conditions suivantes.

a) Plan de rechargement

En cas de revêtement souple: Rechargement de 5cm tous les 10 ans.

En cas de revêtement rigide: Rechargement de 10cm tous les 20 ans.

b) Prix unitaire

Dans l'hypothèse où le coût du rechargement est égal à celui du revêtement neuf, on applique le prix unitaire de la couche de surface (1.800 yens/m<sup>2</sup>). Le coût d'entretien est de 120 yens/m<sup>2</sup> · an pour le revêtement souple et de 60 yens/m<sup>2</sup> · an pour celui rigide.

c) Durée de comparaison

La comparaison s'effectue sur une durée de 20 ans. Les coûts de rechargement et d'entretien lors de la mise en service sont calculés en valeurs actuelles.

d) Taux de réduction

Le taux de réduction est de 10%.

e) Méthode de calcul des coûts d'entretien et de réparation

Coût de réparation

$$P_1 = K_1 / (1 + a)^n$$

P<sub>1</sub>: Valeur actuelle du coût de réparation

P<sub>2</sub>: Valeur actuelle du coût d'entretien

Coût d'entretien

$$P_2 = K_2 / (1 + a)^n$$

K<sub>1</sub>: Coût de réparation

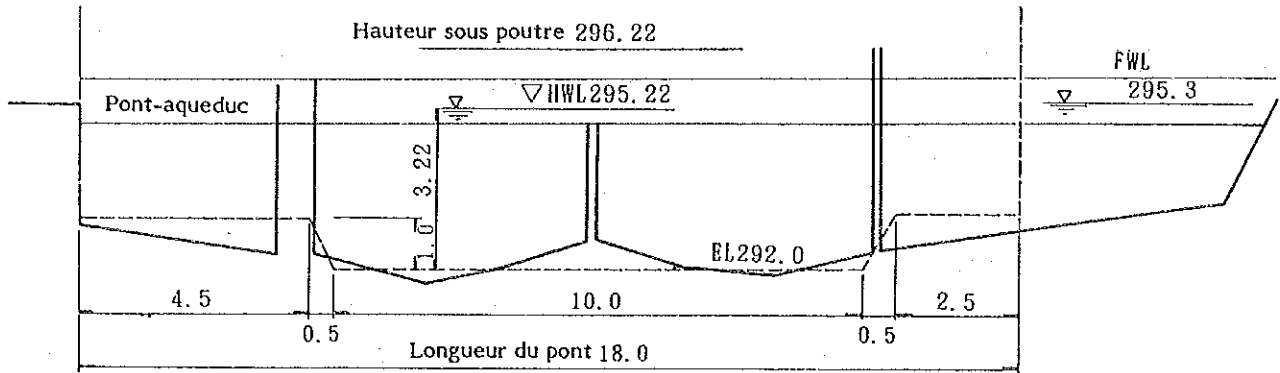
k<sub>2</sub>: Coût d'entretien moyen annuel de chaque exercice

a : Taux de réduction

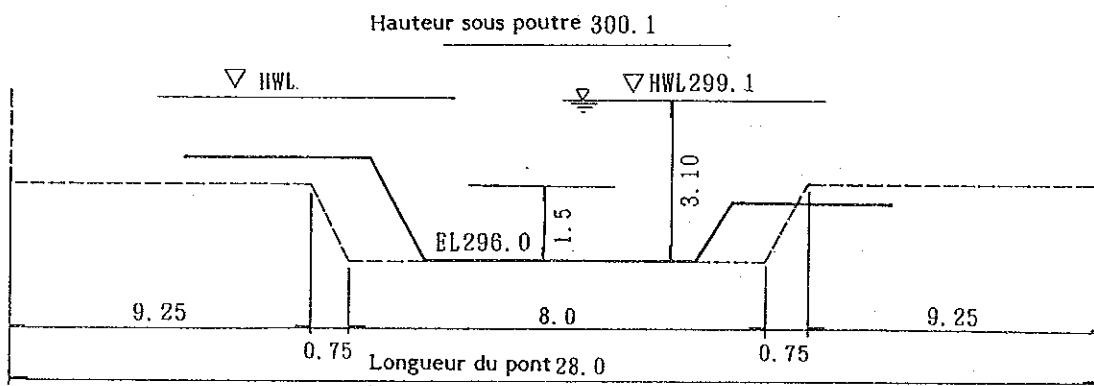
n : Nombre d'années

Les résultats de calcul sont indiqués ci-dessous.

RIVIERE YOLO 5.90Km(R-1)



RIVIERE FUNA 6.80Km(R-3)



RIVIERE BUMBU 1.08Km(R-4)

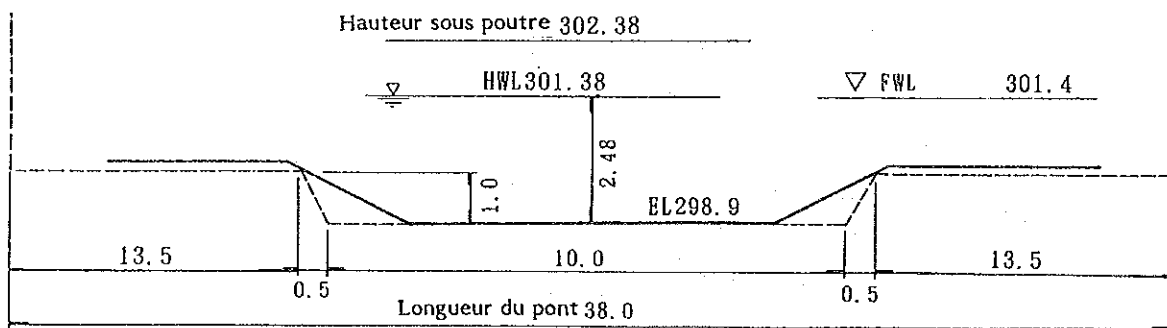
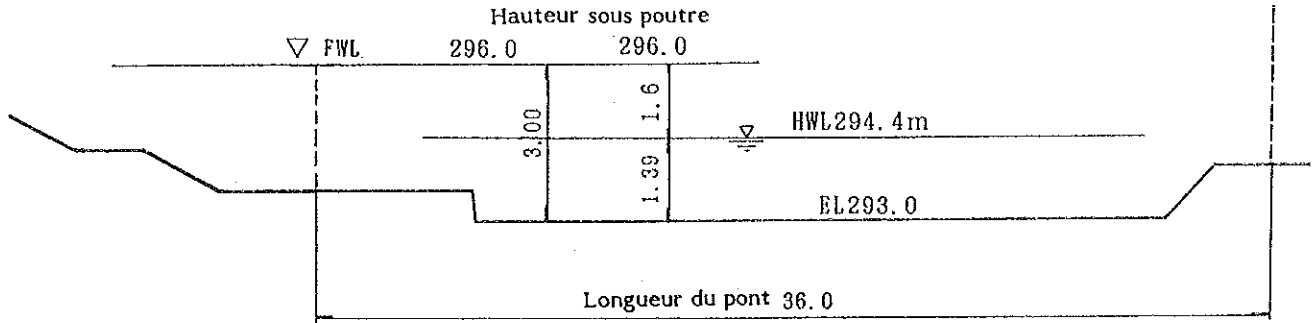
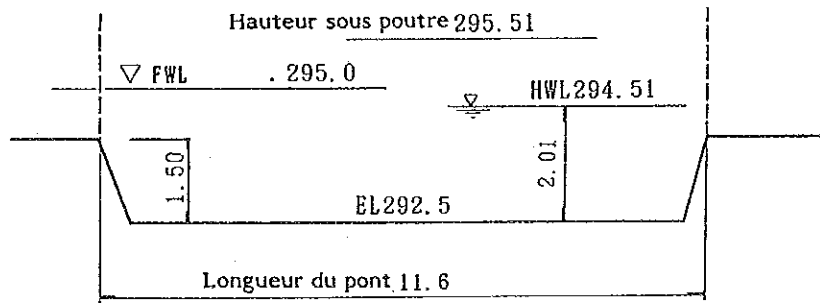


Figure 5.2.10(1) Profils en travers des rivières aux sites des ponts

RIVIERE LUBUDI 3.29Km(R-6)



RIVIERE MALUKU 0.88Km(R-7)



RIVIERE MAKELELE 1.10Km(R-8)

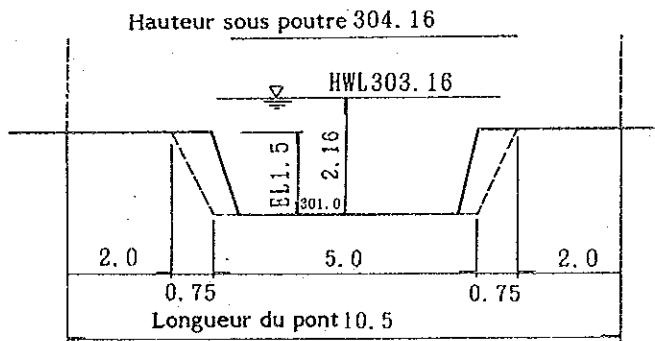


Figure 5.2.10(2) Profils en travers des rivières aux sites des ponts

- L'Artère EST-OUEST traversant la Rivière Yolo et son affluent gauche, aux points de leurs croisements se trouvent des conduites d'eau installées le long de l'itinéraire de ladite artère.

Or, la construction de l'Artère nécessitera éventuellement le relèvement des conduites d'eau. C'est ainsi qu'il faut en étudier d'avance le procédé de relèvement comme celui de construction de ponts.

(3) Section du canal de déviation

- Au cas où la route en projet passerait le confluent de rivières ou de canaux, ou encore dans le cas où il y a un changement d'un cours d'eau qui devrait la traverser, il faut prévoir la construction d'un canal de déviation pour assurer l'écoulement de crue sans obstacle.
- Nous avons fait une étude sur un canal de déviation pour la Rivière Yoro, son affluent gauche et le rivière Basoco, conformément au présent projet.

Le tableau 5.2.11 montre les dimensions de la section du canal traversant la route et le document 5.2.21 représente le point de jointure entre le canal et celui de déviation ainsi que la configuration de leur section.

(4) Canaux de drainage traversant la route du projet

- Les canaux de drainage de petite taille traversant la route seront de dalot ou de ponceau tabulaire. Le débit du projet sera celui d'une période de retour de 1/5.
- La section des canaux a été calculée avec la formule de Manning, avec le coefficient de rugosité  $n=0,02$  et la hauteur de dalot  $h=1,0$  m (profondeur d'inondation: 0,5 à 1,0 m environ) pris pour critère.
- Les résultats du calcul de la section des canaux, faits dans ces conditions, sont montrés sur le Tableau 5.4.5. Ajoutons, à titre d'information, que la hauteur du fond du canal et la pente du canal figurant sur ce tableau sont basées sur une carte topographique de 1/10.000. Il faut donc effectuer des levés des canaux concernés pour saisir la situation en amont et en aval des canaux et confirmer la précision et, si nécessaire, effectuer une révision.

(5) Mesures de stabilisation des lits et berges

En vue de stabiliser le lit en amont et en aval de chaque site de pont et de l'endroit d'installation de dalots on effectuera le revêtement des berges, l'ouvrage de protection du fond, etc., selon le besoin.



Le revêtement des berges portera sur 10 m environ en amont et en aval du site du pont.

Pour les rivières à courant rapide, en particulier la rivière Mampeza, la protection du fond à l'aide de gabions, etc., sera prévue pour ne pas causer l'affouillement en aval.

### 5.2.7 Dispositif de drainage de la surface de route, etc.

Dans cette section, on résume les principes de base de la section 5.2.16 sur le débit provenant du drainage superficiel de la route et de sa surface réceptrice riveraine ainsi que sur la méthode de calcul de la section du caniveau.

- Le débit sera calculé avec la formule rationnelle.
- Les précipitations seront d'une période de récurrence de 1/5 et seront calculées avec la formule d'intensité de pluie.
- Le coefficient de ruissellement sera  $f=0,9$  pour la surface de la route et  $f=0,65$  pour les zones urbaines s'il s'agit de l'écoulement provenant du terrain d'habitation le long de la route.
- Le temps de concentration  $t_c$  sera calculé par la formule suivante comme la somme du temps d'écoulement en surface  $t_1$  et du temps d'écoulement  $t_2$  en canal.

$$t_c = 5 + D/(60 \cdot V)$$

où  $t_1 = 5$ : Temps d'écoulement en surface (en minutes)

$T_2 = D/(60 \cdot V)$ : Temps d'écoulement en canal (en minutes)

D: Longueur du canal (en mètres)

- Pour la méthode, les conditions de calcul de la section du caniveau etc., et les précautions à prendre pour la détermination du profil en section, il est nécessaire de se référer à la section 5.2.4 (2) - (5).

**Tableau 5.2.11 Résultats d'étude des caractéristiques hydrauliques concernant les ouvrages de franchissement tels que ponts**

Endroit	Noms des rivières	W	Q(m <sup>3</sup> /s)	I	BL(m)	FWL(m)	HWL(m)	C(m)	L(M)	EL(m)	H(m)xL(m)xcon
No R-1 3+50	YOLO	10	121	1/376	292,0	295,3	295,22	1,00	18,0	296,22	-
No R-2 14+10	YOLO LT	5	35	1/150	297,8	299,5	299,50	0,30	-	-	2,0 x2,2x3
No R-3 28+30	FUNA	10	133	1/325	296,0	299,1	297,10	1,00	28,0	300,10	-
No R-4 36+80	BUMBU	10	172	1/225	298,9	301,4	301,38	1,00	38,0	302,38	-
Accès	BUMBU	10	172	1/225	297,5	299,8	299,98	1,00	38,0	300,98	-
No R-5 50+55	BASOKO	10	44	1/125	300,5	302,4	302,37	0,33	-	-	2,2 x2,2x3
No R-6 65+20	LUBUDI	10	118	1/130	293,0	296,0	294,40	1,60	36,0	296,00	-
No R-7 69+00	MALUKU	10	76	1/126	292,5	295,5	294,51	1,00	11,6	295,51	-
No R-8 83-80	MAKELELE	10	63	1/58	301,0	-	303,16	1,00	10,5	304,16	-
No R-9 93+15	MAMPEZA LT	5	14	1/105	293,0	295,0	294,13	0,87	-	-	2,0 x2,0x2
No R-10 104+20	MAMPEZA	10	45	1/175	299,0	-	304,55	1,00	-	-	3,55x5,0x1

Note W : Période de récurrence, Q : Débit de projet, I : Pente du lit, BL : hauteur du lit,

FWL : Niveau de crue connu, HWL : Niveau d'eau de projet, C : Revanche, L : Hauteur sous poutre,

EL : dimensions du dalot, HxLxcon : Hauteur x Largeur x Nbre de connexions

**Tableau 5.2.12 Résultats d'étude des caractéristiques hydrauliques des canaux de drainage en travers de la route**

Endroit	Noms des rivières	W	Q(m <sup>2</sup> /s)	I	BL(m)	Type de canal	H(m)	C(m)	H(m)xL(m)xcon
No D-1 31+70	YOLO	5	1,31	1/100	299,0	○	0,817	0,183	φ 1,0
No D-2 33+00	YOLO LT	5	1,37	1/90	299,6	○	0,817	0,183	φ 1,0
No D-3 45+10	BUMBU	5	7,6	1/100	304,5	□	0,87	0,13	1,0x1,6x2
No D-4 53+70	BASOKO	5	8,7	1/125	300,5	□	0,87	0,13	1,0x1,9x2
No D-5 79+15	LUBUDI	5	4,0	1/100	297,0	○	1,23	0,27	φ 1,5
No D-6 90+60	MAMPEZA	5	1,7	1/100	301,5	○	0,98	0,22	φ 1,2
No D-7 98+15	MAMPEZA	5	7,2	1/100	307,0	□	1,30	0,20	1,5x2,0x1

Note) I : Pente du canal, BL : Hauteur du fond de canal, H : Profondeur d'eau de projet,

C : Marge HxLxcon : Hauteur x Largeur x connexions