



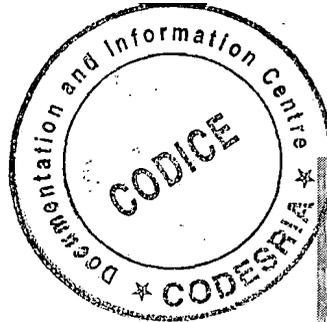
**Thèse Présentée
par Paulin A.
TANO**

**UNIVERSITE DE
COCODY, ABIDJAN**

**ANALYSE DES INFRASTRUCTURES
ROUTIERES INTERURBAINES DANS
LES PAYS EN DEVELOPPEMENT:
essai de modélisation du trafic et
évaluation de la rentabilité du cas ivoirien**

2006

28 DEC. 2006



10.05.01
TAN
13238

UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHES
EN SCIENCES ECONOMIQUES ET DE GESTION
(UFR-SEG)

CENTRE IVOIRIEN DE RECHERCHES
ECONOMIQUES ET SOCIALES
(CIRES)

THESE

présentée en vue de l'obtention du

DOCTORAT EN SCIENCES ECONOMIQUES
(Nouveau Régime)

**ANALYSE DES INFRASTRUCTURES ROUTIERES INTERURBAINES DANS
LES PAYS EN DEVELOPPEMENT :**

essai de modélisation du trafic et évaluation de la rentabilité du cas ivoirien.

soutenue publiquement par

Paulin A. TANO

le 12 octobre 2006

JURY

Président :

Pr Adama DIAW, Professeur Titulaire, Université Gaston Berger,
Saint Louis (Sénégal)

Membres :

Pr Alain BONNAFOUS, Professeur, **Codirecteur** de Thèse,
Université Lumière Lyon 2 (France)

Pr Mathieu MELEU, Maître de Conférences Agrégé,
Université de Cocody – Abidjan

Pr Aké G.M. N'GBO, Professeur Titulaire, **Directeur** de Thèse,
Université de Cocody – Abidjan

Pr Mama OUATTARA, Maître de Conférences Agrégé,
Université de Cocody – Abidjan.

DEDICACE

À :

Feu TANO Kabran A. (père)

AMOIKON Adou-Bla A. (mère)

N'DRI Aya A. (épouse)

TANO Gnanmienwa A. F. (fils)

TANO Gnanmienba J. E. "

REMERCIEMENTS

Nos Remerciements vont à l'endroit des Institutions et Personnes qui ont contribué à l'achèvement de cette Thèse, et plus particulièrement au :

- CIRES (Centre Ivoirien de Recherches Economiques et Sociales)
- CODESRIA (Conseil pour le Développement de la Recherche Scientifique en Afrique)
- CREMIDE (Centre de Recherches Microéconomiques du Développement)
- LET (Laboratoire d'Economie des Transports) de Lyon
- PTCI (Programme de Troisième Cycle Interuniversitaire en Economie)

Pour leur appui financier et matériel à la rédaction de cette Thèse.

-
- Professeur Aké G.M. N'GBO, Université de Cocody – Abidjan
 - Professeur Mama OUATTARA, Université de Cocody – Abidjan
 - Professeur Mathieu MELEU, Université de Cocody – Abidjan
 - Professeur Adama DIAW, Université Gaston Berger, Saint Louis, Sénégal
 - Professeur Taladidia THIOMBIANO, Université de Ouagadougou
 - Professeur Alain BONNAFOUS, Université Lumière Lyon 2
 - Feu Professeur Jean Jacques LAFFONT, Université de Toulouse 1
 - Professeur Yves CROZET, Université Lumière Lyon 2
 - Professeur Patrick BONNEL, Université Lumière Lyon 2
 - Professeur Yves CROISSANT, Université Lumière Lyon 2
 - Professeur Marc Gaudry, INRETS, Université de Montréal

Leurs orientations, conseils et remarques pertinentes nous ont été d'un recours inestimable à la rédaction de cette Thèse. Recevez, chers Maîtres notre sincère reconnaissance.

SOMMAIRE

DEDICACE	2
REMERCIEMENTS	3
SOMMAIRE	4
RESUME	6
INTRODUCTION GENERALE	7
PREMIERE PARTIE : MODELISATION ET PREVISION DE LA DEMANDE DE TRANSPORT INTERURBAIN	15
CHAPITRE I : LES MODELES DE PREVISION A L'EPREUVE DES FAITS	17
INTRODUCTION	17
<i>I- Les modèles de prévision de trafic et leurs limites.....</i>	<i>19</i>
1. Présentation des modèles de prévision de trafic	20
2. Les limites des modèles de prévision.....	33
<i>II- Modélisation du trafic interurbain ivoirien.....</i>	<i>37</i>
1. Le modèle gravitaire sur l'ensemble des axes	37
2. Modèles de prévision du trafic sur les quatre grands axes.....	46
CONCLUSION.....	78
CHAPITRE II : ANALYSE DE LA DEMANDE DE TRANSPORT INTERURBAIN	79
INTRODUCTION	79
<i>I. Les déterminants de la demande individuelle de voyage en interurbain</i>	<i>80</i>
1. Analyse du choix de mobilité de l'utilisateur	80
2. Détermination des facteurs explicatifs individuels de la demande interurbaine.....	99
<i>II. Les déterminants macro-économiques de la demande interurbaine.....</i>	<i>107</i>
1. Modélisation du trafic global à partir d'Abidjan	107
2. Analyse intermodale par rapport au rail et à l'air	114
CONCLUSION.....	116
DEUXIEME PARTIE : PEAGE ET RENTABILITE DES INFRASTRUCTURES ROUTIERES INTERURBAINES.....	117
CHAPITRE III : ANALYSE DES COMPORTEMENTS ET EVALUATION DES DISPOSITIONS A PAYER	119
INTRODUCTION	119
<i>I. La méthodologie d'enquête et comportements face aux péages.....</i>	<i>120</i>
1. La méthodologie d'enquête.....	121
2. Analyse des choix stratégiques face au système de péage.....	123
<i>II. Analyse des dispositions à payer.....</i>	<i>135</i>
<i>II. Analyse des dispositions à payer.....</i>	<i>136</i>
1. Analyse de l'acceptabilité et de l'équité	136
2. L'estimation des déterminants des dispositions à payer	141

CONCLUSION.....	151
CHAPITRE IV : QUEL PEAGE OPTIMAL ?.....	152
<i>Introduction</i>	152
I. <i>Le péage comme instrument d'efficacité économique</i>	153
1. La tarification au coût social marginal.....	153
2. Différenciation tarifaire et optimum social.....	161
II. <i>Le péage comme instrument de financement</i>	163
1. La prise en compte de la contrainte budgétaire.....	163
2. L'optimisation de l'investissement.....	170
CONCLUSION.....	185
CONCLUSION GENERALE.....	186
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	188
ANNEXES.....	192
LISTE DES TABLEAUX.....	255
LISTE DES ILLUSTRATIONS.....	259
LISTE DES ABREVIATIONS, NOTATIONS ET SIGLES.....	261
TABLE DES MATIERES.....	263

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

RESUME

Les infrastructures routières, de part leurs effets structurants sur l'ensemble des activités économiques et le bien-être des populations, relèvent de l'intervention publique. Aussi, depuis toujours, la plupart de ces ouvrages se font-ils sur financement public. Mais, avec le développement des techniques de péage, du fait même de la nature¹ de ces biens, outre la construction, le secteur privé marque de plus en plus sa présence dans ce domaine d'utilité publique, en ce qui concerne le financement et l'exploitation.

Dans les pays en développement, particulièrement en Afrique subsaharienne et en Côte d'Ivoire, le secteur du transport routier connaît des difficultés aussi bien dans la mise en œuvre des infrastructures que dans leur exploitation. En effet, depuis un peu plus d'une décennie, compte tenu des fortes contraintes budgétaires de l'Etat, qui doit répondre aux priorités sociales, le développement des infrastructures de transport, en général, et routières en particulier, est fortement entravé, on assiste même à une déliquescence des acquis. Aussi, les demandes de transport interurbain ne semblent pas répondre aux exigences que requièrent les investissements en termes d'infrastructures performantes. Le secteur privé² ne peut donc s'engager dans un défi aussi important que la réhabilitation et le développement des réseaux routiers interurbains, que par une appréciation claire et lucide de la structure de la demande (choix des individus) et de son évolution. Cette approche a pour objectif d'opérer un dimensionnement des investissements à mesure d'assurer le bénéfice social maximum. Cela est nécessaire, en vue d'arrêter la dégradation progressive des infrastructures existantes, ainsi que de ses effets pervers sur le développement.

Pour permettre à la mise en œuvre d'un mécanisme de financement capable de lever les contraintes susmentionnées, nous proposons le financement par l'utilisateur au travers du péage, pour les axes à trafic élevé. Nous préconisons un système hybride³ de financement contribuable – usager, pour les axes supportant un trafic bas. Les termes⁴ des contrats doivent prendre en compte l'évolution du trafic, en vue de la recherche de la taille optimale des investissements, et de la détermination de la durée de l'exploitation. Cette façon de faire protège aussi bien l'Etat, que le concessionnaire des risques de demande et des risques de renégociation.

Aussi, paraît-il fondamental que les déterminants de la demande de voyage interurbain soient identifiés, et les dispositions à payer des populations évaluées, afin d'éviter les distorsions pouvant accroître les coûts du transport.

Mots Clés :

Coûts généralisés, demande de transport interurbain, déterminants de la demande, disposition à payer, distance, infrastructures routières, modèle, péage, population, rentabilité socioéconomique, stationnarité, trafic.

¹ Ces biens sont qualifiés de biens publics ou biens collectifs mixtes, du fait de l'existence d'effets d'encombrement, mais aussi de la possibilité d'exclusion d'usage.

² L'implication du secteur privé permettra à l'Etat d'orienter ses ressources vers les secteurs prioritaires tels la santé, l'éducation, la sécurité et l'emploi, en optant pour le choix du financement par l'utilisateur plutôt que celui du contribuable.

³ Ce mécanisme se situe au confluent des systèmes péage fictif (shadow toll) et péage, par la constitution d'un fond routier (contribuable), en appui au péage (usager) ne pouvant assurer la viabilité du projet.

⁴ Référence au modèle LPVR de Engel, Fischer et Galetovic, 1997.

INTRODUCTION GENERALE

Les infrastructures routières demeurent un maillon essentiel du processus de développement des nations. Elles jouent un rôle extrêmement important dans le bon fonctionnement de l'économie et de la société de façon générale. En effet, les routes relient les centres de production ou de stockage aux différents marchés, et permettent le rapprochement des hommes et des cultures. Elles contribuent ainsi au développement des nations, en favorisant les activités économiques liées au commerce, à l'agriculture, à l'industrie et au tourisme, sans oublier ses effets bénéfiques sur la santé, l'éducation et l'emploi.

Dans le monde en développement, les infrastructures routières constituent un dispositif clé dans les projets de développement. En Amérique Latine, le transport routier compte pour 80% du transport passager et 60% des frets, avec plus de 85% en Argentine et au Brésil. En Asie, de 1984 à 1994 le réseau routier a connu une expansion, et connaît une croissance de plus de 5%⁵ par an dans les pays comme l'Indonésie, la Corée, la Malaisie et le Pakistan (Association Mondiale de la Route, 1997).

En Afrique subsaharienne, le secteur des transports en général, et le sous-secteur routier en particulier sont des facteurs déterminants du prix des biens. S'assurer que ce sous-secteur fonctionne efficacement devrait donc constituer l'objectif primordial de développement réel des économies nationales. En effet, malgré l'importance des autres sous-secteurs, le transport routier compte à lui seul pour environ 90% du transport de passagers et de marchandises (Banque Mondiale, 1998). Une amélioration des systèmes routiers peut, donc, donner lieu à une augmentation du niveau de production et de la productivité.

En Côte d'Ivoire, la part du secteur transport dans le PIB est en moyenne de 6%. Même si ce pourcentage paraît relativement bas, le transport joue un rôle structurant important sur l'ensemble des activités économiques. La Côte d'Ivoire possède l'un des plus longs réseaux routiers de l'Afrique de l'Ouest. Le linéaire du réseau routier interurbain s'établit à plus de 82.000 Km en 2002, selon la Direction des Routes et Voiries (DRV⁶), avec un réseau bitumé de 6.514 Km.

⁵ L'évolution du réseau routier dans le monde est disponible sur le site www.worldbank.org/fpd/transport/roads

⁶ DRV, actuelle DIR (Direction des Infrastructures Routières) rattachée au Ministère des Infrastructures Economiques.

Cependant, il faut noter que depuis le milieu des années 80, l'on assiste à une dégradation progressive du réseau routier ivoirien, consécutive à la crise économique. L'Etat étant confronté à des difficultés financières, il s'est trouvé dans l'incapacité d'assurer l'entretien et la réhabilitation du système routier de façon efficace. Selon les statistiques du Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement (BNETD), seulement 20% des routes sont en bon état et 30% dans un état moyen. Il faut souligner que la plupart des constructions des axes routiers date des années 60. Aussi, le mauvais état des routes, les accidents⁷ et d'autres facteurs, font-ils que le coût du transport (en tonne/Km) est deux fois plus élevé qu'en Europe et cinq fois plus qu'en Asie du Sud⁸, réduisant ainsi l'avantage comparatif dans l'un des secteurs clés comme l'agriculture.

Au moment même où l'on reconnaît de façon générale l'importance de moyens de transport adéquats et performants pour une croissance économique durable, les préoccupations sur l'entretien, la réhabilitation des routes et les accidents s'aggravent. Ainsi, en collaboration avec certaines institutions⁹ financières internationales, l'Etat ivoirien s'est lancé dans une dynamique de privatisation de l'exploitation du réseau routier, par le biais du Programme d'Ajustement du Secteur Transport (CI-PAST¹⁰).

Toutefois, sans une politique globale et cohérente en matière de gestion et d'investissement dans ce secteur, l'on devrait s'attendre inévitablement à un accroissement des coûts sociaux, à une dégradation accélérée des infrastructures routières et à un allongement des délais de livraison ainsi que la durée des voyages sur les trajets abordés. Or, à observer de près, le réseau existant demeure insuffisant et le sera encore sévèrement avec l'accroissement de la population¹¹ et le développement des villes et villages. Il faut noter par ailleurs que la transformation structurelle d'une économie de subsistance en une économie de marché et le développement harmonieux des différentes régions d'un pays passent par la mise en place d'un système de transport efficace reliant les zones rurales (zones de production) aux zones urbaines (zones de marchés).

Si la mise en œuvre et la gestion des infrastructures routières jusque là ont été la prérogative de l'Etat, l'on s'accorde à reconnaître la nécessité d'une implication progressive et importante du secteur privé dans ce domaine d'activité d'utilité publique. Diverses formes de cessions comme

⁷ En 2000, on a enregistré 5450 accidents en Côte d'Ivoire, OSER.

⁸ Cette étude a été présentée par C. Rizet et J. L. Hine in *Transport Review*, 1993, vol.13 n°2.

⁹ Il s'agit notamment de l'AFD, la KFW, l'IDA, la Banque Mondiale et la Banque Africaine de Développement.

¹⁰ Voir rapport d'évaluation du CI-PAST, Banque Mondiale – (Mai 1998), Rapport n° P-7250 IVC.

¹¹ Le taux de croissance moyen annuel de la population ivoirienne s'établit à 3,8%, INS, RGPH 1998.

l'affermage, la cogestion ou la concession, existent. Une participation concertée et suffisante des populations, des usagers, du secteur privé (fermiers, concessionnaires), de l'Etat et des bailleurs de fonds, dans la mise en œuvre de la nouvelle politique de gestion des infrastructures routières est indispensable pour contribuer efficacement à la lutte contre la pauvreté.

La mise en œuvre de cette nouvelle formule de gestion commerciale des routes est facilitée par l'utilisation des techniques de péage et du changement de mentalité des ivoiriens dont les dispositions à payer sont non négligeables, pour une amélioration des services d'utilité publique (Meleu et Tano, 2000). Le péage serait donc un financement complémentaire à celui de L'Etat, demandé directement aux usagers en contrepartie de l'amélioration du niveau de la qualité de service qui leur sera offerte. Les recettes des péages devant concourir au recouvrement des coûts d'investissement et d'exploitation du fermier ou du concessionnaire.

Les recherches en matière de concession d'infrastructures autoroutières et routières suscitent un regain d'intérêt chez les économistes, les institutions internationales et les gouvernements, ces dernières années. L'une des plus intéressantes études en la matière, demeure celle élaborée par Engel, Fischer et Galetovic (1997, 1998)¹². Ils ont, en effet, mis en œuvre un modèle de concession basé sur l'enchère des revenus actualisés générés par les infrastructures autoroutières. Le mécanisme qu'ils appellent le Least-Present-Value-of-Revenue¹³ auctions (LPVR), permet de sélectionner l'entreprise la plus performante, en orientant la compétition vers les coûts et non sur la prévision de la demande. Ce mécanisme assure l'Etat et le concessionnaire contre les risques de renégociation par l'endogénéisation de la durée de la concession, Tirole (1997).

Au-delà des grandes espérances que suscitent les infrastructures de transport pour les investisseurs privés, il convient de noter que très souvent la création et le fonctionnement de ces infrastructures constituent des politiques de développement régional et d'intégration économique. La décision de leur rentabilité ne peut alors être prise en fonction du seul point de vue de l'entreprise chargée de la construction et de la gestion de l'infrastructure. Les méthodes de calcul économique habituelles fondées sur la rentabilité financière des projets d'infrastructure ne répondent plus, Thalman (1997). De ce point de vue l'on comprend mieux l'approche de Engel, Fischer et Galetovic, qui prennent en compte le bien-être collectif.

¹² Eduardo Engel (Université de Stanford), Ronald Fischer et Alexander Galetovic (Université de Chili).

¹³ Least-Present-Value-of-Revenue (LPVR) Auctions and Highway Franchising (Les enchères de la plus Petite Valeur Présente du Revenu et concession d'autoroute).

Le modèle LPVR de Engel, Fischer et Galetovic comporte plusieurs avantages. Cependant, la théorie des incitations, et la spécificité des Pays en Développement, nous permettent de relever quelques insuffisances. Notamment, le concessionnaire est très peu incité à faire la promotion de l'autoroute, et à innover¹⁴. Aussi, l'endogénéisation de la durée, laissant une importante marge de manœuvre de gestion au concessionnaire, peut-elle conduire à de très longues concessions, surtout en Afrique où le trafic reste moyen, voire faible.

La plupart des concessions dans le monde se font par la concession à terme fixé. Il existe deux variantes de cette forme de concession. Soit le concédant fixe un terme, généralement de vingt à trente ans, et choisit la firme qui enchérit le péage le plus bas, soit, il fixe le péage, et la firme gagnante est celle qui enchérit le terme le plus court. La concession à terme fixé comporte toutefois plusieurs insuffisances¹⁵ qui peuvent contrarier l'objectif d'un contrat visant à valoriser les grandes infrastructures, notamment autoroutières et à maximiser le bien être social. Si le modèle de concession à terme fixé duquel dérive la privatisation du réseau routier ivoirien ne permet quasiment pas de réaliser l'optimum social, il est primordial de limiter ses effets pervers.

Dans le cadre de la privatisation du réseau routier interurbain, on note, outre les avantages du gestionnaire de l'infrastructure, ceux des usagers (gain monétaire, de sécurité, de confort, de temps, etc.) et ceux de l'Etat (produit des redevances et taxes), (Quinet, 1992). Nous devons donc, en tenant compte des coûts et avantages, limiter toute forme de recherches de rentes, qui nous éloigneraient de l'optimum social.

En tenant compte de la forte valeur sociale des infrastructures routières et autoroutières, l'on est tenté de soutenir qu'il conviendrait de les reléguer définitivement au domaine public. Mais, outre les diverses contraintes budgétaires que nous avons déjà relevées, il faut dire que le financement public ne garantit pas l'optimum social. Et ce, même lorsqu'on considère l'Etat comme étant bienveillant et maximisateur de l'utilité sociale. Le théorème de l'enfant gâté, (Becker, 1974), en est la parfaite illustration. En effet, les usagers peuvent maximiser leur profit aux dépens du bien-être social¹⁶, du fait du caractère altruiste de l'Etat.

¹⁴ En effet, la longueur de la concession s'ajuste avec le niveau de demande.

¹⁵ Voir les critiques formulées par EFG contre la concession à terme fixé lors de la mise en œuvre du modèle LPVR, et Tirole in "Highway Franchising in Chile" Comment, septembre 1996.

¹⁶ L'enfant prodigue ou fainéant peut maximiser sa satisfaction après l'allocation optimale des ressources, sans tenir compte du bien-être social.

Dans la littérature actuelle, l'on trouve peu de matière sur la privatisation des infrastructures routières et autoroutières en Afrique et l'analyse de leurs rentabilités socio-économiques, en tenant compte de leurs spécificités. Ce qui n'est pas surprenant, dans la mesure où cette approche de gestion des routes n'est qu'à ses débuts. Il est donc important pour nous, en se basant sur ce qui se fait dans le monde et les réalités socioéconomiques africaines, de proposer des mécanismes de gestion efficace et d'évaluer la rentabilité socioéconomique liée à une gestion privée.

En effet, à notre connaissance, il semble que jusque là, les économistes africains n'ont pas encore focalisé leurs recherches sur l'élaboration de modèles théoriques et empiriques en matière de concession des infrastructures de transport, en général, et routières en particulier. En nous engageons sur une telle voie, nous voulons contribuer à asseoir une politique de transport visant la modernisation des infrastructures routières, afin de soutenir le développement des Etats africains. L'originalité de cette étude relève en grande partie de la modélisation du trafic routier sur la base des données disponibles et de l'enquête de préférence déclarée réalisée, qui permet d'avoir des informations non encore répertoriées, sur les usagers de la route.

La longueur de l'affermage ou de la concession doit être fonction des coûts d'investissement et d'exploitation, qui devront être révélés par enchères, après Appel d'Offres International, afin d'éviter les problèmes liés à l'inefficacité de celui à qui la concession échoit. Cette procédure est une forme de régulation ex-ante (Laffont et Tirole, 1993). Mais, en même temps, un contrôle rigoureux devra être effectué par un régulateur pour éviter les phénomènes de rentes de situation.

Le système de péage devra incorporer également un système de pesage - péage¹⁷ pour mettre en adéquation le montant du péage et le poids du véhicule, afin de dissuader les excès de poids à charge autorisés, qui sont souvent la cause de nombreux accidents et de la dégradation du réseau routier.

Le principe de l'analyse coûts – avantages pose qu'il faut réaliser l'infrastructure si la valeur actualisée des services futurs est supérieure à la valeur globale des dépenses de construction et des valeurs actualisées des dépenses futures d'exploitation (Thalman, 1997). Péages et durées devront être établis pour assurer le taux de rentabilité normal aux entreprises. Aussi, le péage

¹⁷ Cela peut se faire par une taxation à l'essieu, progressive avec le poids à charge.

devra-t-il être indexé à l'Indice des Prix à la Consommation (IPC), (Jeff, 2000), et tenir compte de la disposition à payer des usagers, pour ne pas créer des distorsions pouvant accroître le coût du transport. A cet effet, un fonds routier permettra d'assurer l'équilibre du concessionnaire ou du fermier sur les axes à faibles demandes.

Dans le cadre de la fourniture des services d'infrastructure routière, le concessionnaire s'engage à construire et/ou réhabiliter le réseau, ainsi que prendre en compte les coûts d'exploitation à son compte. En retour, il collecte les péages en vue du remboursement de l'ensemble de ses coûts d'investissement, c'est-à-dire l'investissement initial et les coûts d'exploitation. Les péages sont en général, encadrés par un péage plancher et un péage plafond, indexé à l'IPC, ainsi qu'au taux de change. Le concessionnaire est responsable de la sûreté et de la sécurité sur le tronçon concédé. Il contrôle donc les poids à charge et les vitesses autorisées, conformément à la réglementation en vigueur. Dans le cas d'une concession, généralement l'Etat peut faire une dotation de terrain, des avantages fiscaux ou procéder à des exonérations sur une certaine période. Une telle politique concourt à l'extension des réseaux, qui est un facteur clé, dans les pays en développement, (N'Gbo et Tano, 2005).

La concession des infrastructures routières et autoroutières conduit bien souvent à des problèmes de renégociation de contrats. Cette situation n'est pas essentiellement liée au phénomène de contrat incomplet qui caractérise les infrastructures en général, mais bien aux difficultés que l'on a à évaluer avec précision l'évolution du trafic.

Le mécanisme LPVR (Least Present Value of Revenue¹⁸ auctions), permet de sélectionner l'entreprise la plus performante, en orientant la compétition vers les coûts et non sur la prévision de la demande. Ce mécanisme assure l'Etat et le concessionnaire contre les risques de renégociation par l'endogénéisation de la durée de la concession, J. Tirole (1997). Pour Estache et Carbajo (2000), le niveau minimum de trafic pour assurer la viabilité d'un projet de concession est 2000 à 2500 véhicules par jour.

La question essentielle ici, est de savoir, en quoi une bonne modélisation du trafic permet-elle une meilleure évaluation de la rentabilité socioéconomique des infrastructures routières interurbaines ivoiriennes ?

¹⁶ Least-Present-Value-of-Revenue (LPVR) Auctions and Highway Franchising (Les enchères de la plus Petite Valeur Présente du Revenu et concession d'autoroute)

Dans les pays en développement, et particulièrement en Côte d'Ivoire, l'on assiste depuis une décennie à la dégradation progressive des réseaux routiers interurbains. Au même moment, les Gouvernements doivent faire face à un accroissement de la demande de transport et à des contraintes budgétaires difficiles à manœuvrer. La question de l'efficacité de la gestion des infrastructures autoroutières et routières se pose donc plus que jamais avec acuité.

L'un des intérêts de cette étude est de mieux cerner les difficultés auxquelles font face les usagers de la route, ainsi que leurs comportements en terme de demande de transport. Au plan national, l'étude devrait montrer la nécessité de la mise en place d'une politique nationale cohérente, en vue de renforcer l'efficacité du secteur transport, en levant les barrières, au sens propre comme au sens figuré, qui entravent la bonne marche des échanges socioéconomiques. Une fois réalisé, le projet de rénovation et de développement des infrastructures routières et autoroutières, aura un impact positif sur l'économie ivoirienne et celles des pays voisins.

La réhabilitation et le développement des infrastructures routières interurbaines répondent à plusieurs besoins de développement. Il s'agit notamment de :

- Améliorer les conditions de déplacement entre Abidjan, la capitale économique et les grandes villes de l'intérieur ;
- Accroître la fluidité sur l'axe Abidjan – Grand - Bassam ;
- Réhabiliter la nationale A1, axe Abidjan – Abengourou ;
- Faciliter l'évacuation des produits agricoles ;
- Créer un véritable pont d'échanges commerciaux entre la Côte d'Ivoire et ses voisins ;

En général, il s'agit de créer des gains d'efficacité, en réduisant les temps de parcours et les coûts d'exploitation des véhicules.

Au-delà de toute stratégie, ce qui doit primer, c'est la rentabilité socioéconomique, dans le choix des investissements en infrastructures interurbaines. Les opérateurs privés devront accroître leur autofinancement, notamment, par des efforts de productivité, pour ne pas altérer d'avantage le niveau de bien-être des populations. En effet, si l'Etat a des contraintes d'ordres sociales et ne peut financer à prix nul¹⁹ les infrastructures, il est vrai que l'utilisateur ne devra pas être "lessivé".

¹⁹ Le prix nul n'est qu'illusoire, car s'il est vrai que l'utilisateur ne paye pas directement, c'est bien le contribuable qui paye (y compris les taxes de transit), et l'utilisateur en fait partie, dans toute sa diversité, d'une façon ou d'une autre.

L'objectif principal de cette étude est de déterminer la rentabilité de la réhabilitation du réseau routier interurbain ivoirien. Les objectifs spécifiques portent sur la modélisation du trafic routier interurbain ; la détermination des facteurs explicatifs de la demande de transport interurbain; la détermination de la disposition à payer des usagers ; et la détermination du système de péages qui assure le rendement social maximum.

Comme hypothèse principale, nous supposons que la mise à péage du réseau routier interurbain ivoirien est socialement rentable. De façon spécifique, nous supposons que le trafic interurbain ivoirien croît avec le niveau du PIB et celui de la population ; les déterminants de la demande de transport interurbain sont : le coût du transport (-), la taille de la famille (+), l'âge (+), la distance (-), les rackets (-), la sûreté (+), la profession (+), le groupe ethnique, la religion, le revenu (+) ; la disposition à payer des usagers est non nulle ; en adéquation avec le niveau de demande, il existe un système de péages qui assure le rendement social maximum de la mise en concession (PPP) des infrastructures routières interurbaines.

Le Chapitre I aborde les problèmes de modélisation et de prévision de trafic ; le Chapitre II procède à l'analyse de la demande de transport interurbain ; le Chapitre III analyse les comportements stratégiques face au péage et procède à l'évaluation des dispositions à payer ; le Chapitre IV traite de la détermination du système de péages qui assure le rendement social maximum.

Première Partie : Modélisation et prévision de la demande de transport interurbain

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Dans la première partie de notre Thèse, et plus précisément dans le chapitre I, nous procédons à la modélisation du trafic interurbain ivoirien et tirons les conclusions relatives aux facteurs explicatifs de son évolution. Cette démarche donne une idée assez précise de la prévision du trafic futur, ce qui permettra aux autorités en charge des infrastructures de transport et aux concessionnaires de définir les stratégies d'investissement rentables pour la collectivité.

Par ailleurs, nous nous intéressons à la détermination des facteurs explicatifs de la demande de transport interurbain dans le Chapitre II. Et ce, afin de mieux définir la politique de transport qui répond aux besoins des populations, et qui favorise la mobilité des usagers.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

CHAPITRE I : LES MODELES DE PREVISION A L'EPREUVE DES FAITS

INTRODUCTION

En matière de rentabilité d'infrastructures routières, le trafic ou le niveau de demande a une importance cruciale. En effet, une très bonne connaissance du trafic, mais surtout une bonne évaluation du trafic futur, constitue l'élément clé dans le calcul des recettes attendues dans le cadre de la mise à péage de la route. Or, seule cette évaluation permet de savoir si les coûts d'investissement peuvent être compensés à moyen ou long terme par le péage. En général, deux types de prévision existent, celle qui prend en compte le trend du trafic antérieur dans le temps et celle qui s'appuie sur des indicateurs macroéconomiques ou mésoéconomiques.

En Côte d'Ivoire, comme cela s'observe partout ailleurs, nous avons trois sortes de routes, les routes à faible trafic, les routes de trafic moyen et les routes à trafic élevé (Tano, 1999).

Le faible niveau de trafic sur certains tronçons de l'axe pourra être compensé par les tronçons à trafic élevé. C'est ce que nous appelons "subvention croisée interne", par analogie au mécanisme de subvention croisée élaboré par Laffont et N'Gbo (2000), en présence de zones riche et pauvre. Mais, si, sur l'ensemble de l'axe, le trafic demeure faible, il faut procéder à une subvention par le biais d'un fonds routier, dès lors que cet axe présente un intérêt socio-économique avéré.

Dans ce chapitre nous analysons l'évolution du trafic sur les quatre principaux axes routiers interurbains ivoiriens que sont l'Autoroute du Nord ou l'axe Yamoussoukro, la voie express de Grand-Bassam ou l'axe Bassam, la nationale A1 ou l'axe Abengourou, et la côtière ou l'axe Dabou. Nous élaborons des modèles de prévisions sur la base des données disponibles, et retenons le modèle le plus prédictif, conformément à l'analyse économétrique.

Pour la modélisation de la demande de transport, nous nous sommes intéressés aux quatre grands axes, qui sont les portes d'entrée et de sortie du district d'Abidjan, la capitale économique qui concentre à elle seule la majeure partie des activités économiques et des institutions.

Nous considérons que le consommateur, dans la quête de sa satisfaction maximale fait face à deux contraintes : la contrainte de temps et la contrainte de coûts. Une observation de la psychologie pratique, enseigne qu'en général²⁰, le choix des individus se porte invariablement vers celui qui leur coûte le moins, sans nécessairement faire référence à leur revenu, pourvu que ce choix satisfasse le même besoin que les choix alternatifs. Même si ces deux contraintes traduisent la même réalité, car, comme on a coutume de le dire, "*le temps c'est de l'argent*", elles sont différemment perçues par l'utilisateur, lors de son choix d'itinéraire ou de mode. La difficulté, qui n'est pas insurmontable, est de donner une valeur monétaire au temps.

Toutefois, les valeurs que les individus donnent au temps ou à un laps de temps, peuvent considérablement varier d'un individu à un autre, mais aussi chez un même individu, selon les circonstances et le moment. En d'autres termes, à l'instant de l'évaluation de la valeur du temps, ce qui compte, c'est le gain immédiat espéré que lui procure son choix, et non l'arbitrage entre oisiveté (rester là, à ne rien faire) et effort rémunéré. Toutefois, pour des raisons de simplification, on peut s'accorder, d'une part sur une valeur moyenne que chaque individu accorde au temps, en fonction de son revenu horaire perçu, et d'autre part, chez un groupe d'individus, selon l'appartenance à la même catégorie socioprofessionnelle.

Considérons une autoroute à péage et une route dont l'usage n'est pas soumis à péage, toutes deux conduisant à une même destination. Un péage clandestin (racket) est cependant collecté auprès des usagers de la route gratuite par des forces de l'ordre²¹. Sur l'autoroute à péage, la circulation est plus rapide du fait de la dimension adaptée de l'infrastructure pour la pratique de grandes vitesses (deux chaussées séparées par un terre-plein central, de deux fois deux voies). Et sur cet axe, il n'est observé que des arrêts ou ralentissements aux postes de péages et des arrêts volontaires ou accidentels. Par contre, il est donné d'observer des barrages routiers (postes de contrôle) sur la route "libre", lieu de rackets et de pertes de temps. Le temps de parcours sur la route, en dehors des caractéristiques de la voiture, est influencé donc par les barrages routiers des

²⁰ Bien entendu, nous excluons les cas de snobisme et de percolation (effet moutonnier), et faisons référence à la rationalité procédurale de l'utilisateur.

²¹ Des contrôles routiers pour la sécurisation des biens et des personnes, sont effectués par les forces de l'ordre. Toutefois, certains agents véreux s'adonnent à des extorsions de fonds, au détriment des usagers de la route.

agents de l'ordre, mais également par les caractéristiques et l'état de la route, sans oublier les aléas (pluie, accident, panne, etc.). Nous faisons l'hypothèse d'absence de congestion *endogène au trafic* sur les deux axes.

Nous considérons deux types d'activités de transport : le transport voyageurs et le transport marchandises. Les usagers ont le choix entre deux types de mobilité, à savoir transport collectif et véhicule personnel ; entre trois modes de transport, train, voiture et avion ; et le choix entre quatre itinéraires, air, rails, route et autoroute.

I- LES MODELES DE PREVISION DE TRAFIC ET LEURS LIMITES

La prévision de trafic est un facteur essentiel dans l'analyse de la rentabilité financière et socio-économique de tout projet d'infrastructure routière à péage. En effet, la surestimation de trafic, comme c'est bien souvent le cas, pose des problèmes de renégociation de contrat. La prévision de trafic est basée sur la modélisation. Or, le modèle n'est rien d'autre qu'une représentation simplifiée de la réalité, telle qu'on la perçoit. Appréhender le trafic, en terme de génération, de distribution, de choix modal et choix d'itinéraire demeure complexe, du fait même que l'étude porte sur le comportement humain, qui reste difficile à prévoir avec exactitude. L'homme étant un être versatile, dont le comportement d'aujourd'hui n'est pas nécessairement celui de demain, face aux mêmes choix.

Un modèle ne sera jugé satisfaisant que par sa capacité à capter la réalité, en d'autres termes, à refléter la réalité telle qu'elle est d'une part, et à la projeter dans un avenir proche ou lointain d'autre part. Pour Bonnafous (1989), l'opérationnalité d'un modèle est conditionnée par sa *pertinence*, sa *cohérence* et sa *mesurabilité*.

La pertinence relève de la capacité du modèle à représenter les choses telles qu'elles sont, ou telles qu'elles nous paraissent, par le choix des variables et la spécification des relations mathématiques entre ces variables.

La cohérence intervient à deux niveaux, du point de vue de la logique et des hypothèses qui caractérisent les relations mathématiques retenues. Par exemple, l'indépendance des variables pour la détermination des coefficients de la régression dans un modèle linéaire ou la constante de la

variance (homoscédasticité). On ne devra pas s'arrêter au modèle, car, le plus important, à nos yeux, est la faculté que le modèle a à permettre d'atteindre les objectifs recherchés, c'est à dire, retrouver ou prévoir les résultats observés dans la société.

La mesurabilité se décline « *selon trois registres* :

- *la mesurabilité des relations causales*
- *la mesurabilité des quantités mises en œuvre dans le modèle ;*
- *la mesurabilité des paramètres de ces équations* » (Bonnafous, 1989)

La mesurabilité traduit le fait qu'il faut pouvoir formaliser les relations, quantifier les variables utilisées, et déterminer les paramètres relatifs aux variables spécifiées dans le modèle. Dans le cas contraire, le modèle ne servirait à rien, ou tout au moins, constituerait de la pure spéculation intellectuelle.

Toutefois, ces trois conditions se présentent parfois, au chercheur ou au modélisateur, de façon conflictuelle, où l'amélioration de l'une des conditions de l'opérationnalité se fait au détriment de l'une ou des autres conditions. Par exemple, une bonne mesurabilité de revenu ou de l'âge, entraîne une réduction de la pertinence et de la cohérence, du fait que les individus, soit, refusent de donner l'information, soit donnent une information erronée, d'où l'utilisation d'intervalles de classes.

Toutes ces préoccupations, loin de remettre en cause la modélisation, constituent des facteurs essentiels à prendre en compte, dans les tentatives de formalisation et de contrôle des comportements humains.

1. Présentation des modèles de prévision de trafic

Une étude complète et exhaustive en matière de prévision de trafic, notamment dans le cadre du transport routier interurbain, passe par les quatre étapes classiques de modélisation de la mobilité. Ces différentes étapes sont : la *génération*, la *distribution*, le *choix de mode* et le *choix d'itinéraires*, avec possibilité d'une segmentation des usagers.

1.1. Le modèle de prévision à quatre étapes :

L'élargissement et le prolongement de l'autoroute du nord peuvent être schématisés²² de la façon suivante :

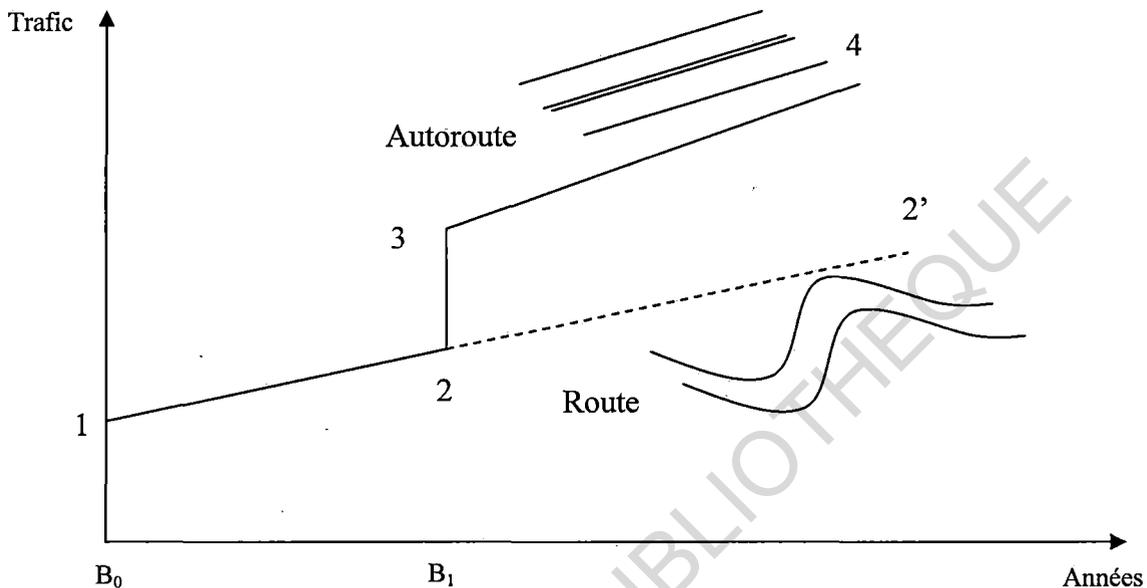


Schéma 1.1 illustration des 4 étapes de prévision du trafic autoroutier

B_0 : Année de base

B_1 : Année du projet

1-2 : Trend du trafic entre la dernière étude de trafic et la mise en œuvre du projet autoroutier

2-3 : Saut de trafic lié à l'accroissement de l'offre d'infrastructure (trafic supplémentaire)

3-4 : Trend du trafic avec le nouvel autoroute (évolution du trafic postérieur au projet)

2-2' : Trend du trafic en l'absence de projet autoroutier.

²² Nous nous inspirons de l'étude de Arduin (1994) sur la prévision de trafic dans les grands projets ferroviaires.

Déroulement du modèle à 4 étapes :

Etape 1 : La génération

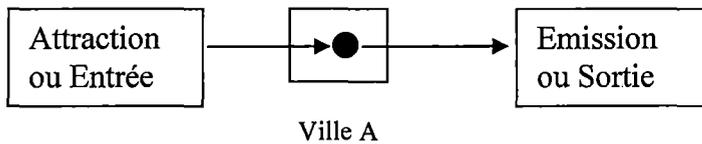


Schéma 1.2 illustration de la génération de trafic

A cette étape, on ne cherche pas à savoir d'où viennent les voyageurs et où partent ceux qui sortent de la ville. Ce qui compte, c'est de mesurer les flux entrant et sortant, sur la base d'un certain nombre de données socio-économiques expliquant ces mobilités. Cette étape se réfère aux données disponibles en terme d'offre de transport, de population, d'activités socioéconomiques, etc. L'étude se fait pour chaque ville appartenant à l'ensemble des réseaux étudiés.

Etape 2 : La distribution

A la seconde étape, on s'intéresse à l'origine du trafic émis (la ville A, ici) et à ses différentes destinations D_1 , D_2 , D_3 , et D_4 .

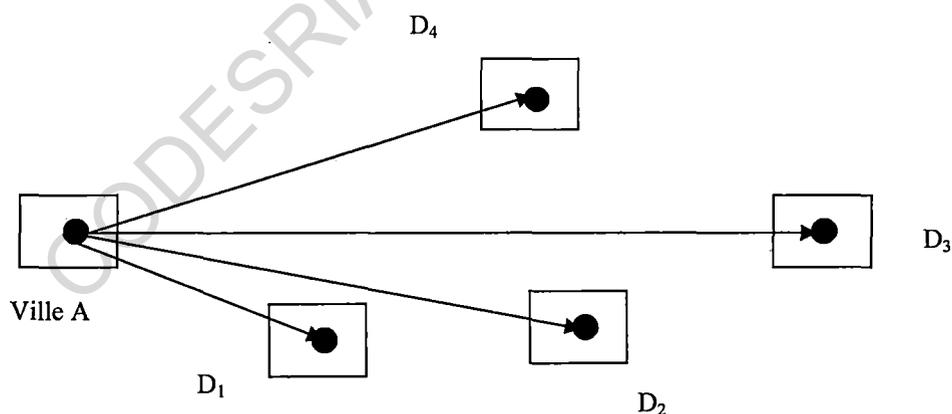
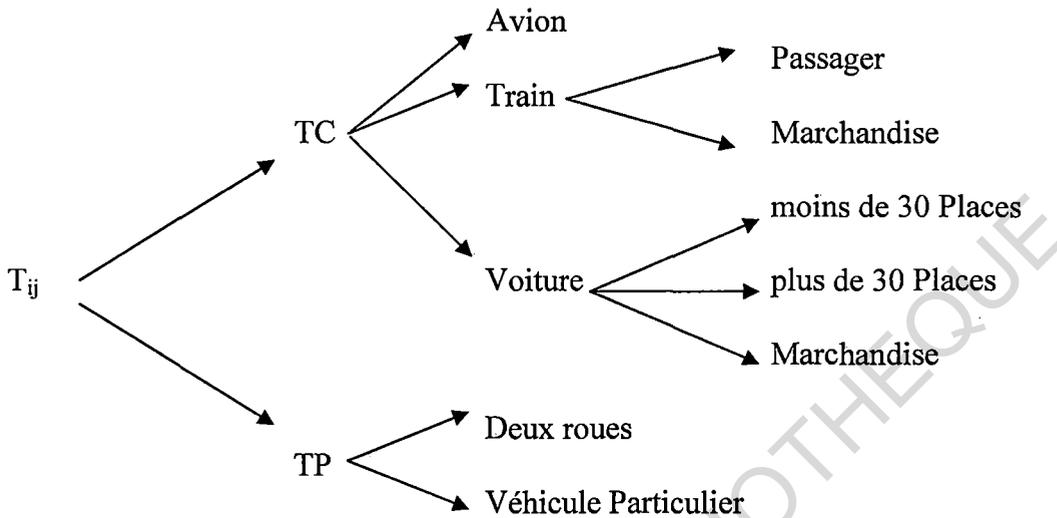


Schéma 1.3 illustration de la distribution de trafic

L'objectif d'une telle démarche est la prise en compte du mouvement d'ensemble pour une meilleure prévision.

Etape 3 : La répartition / choix modal

A la troisième étape, on regarde le mode de transport utilisé par l'utilisateur (voiture personnelle vs transport collectif ; train vs autocar ou train vs véhicule transport marchandise, avion vs train ; avion vs autocar)



T_{ij} : Trafic total
 TC : Transport Collectif
 TP : Transport Personnel

Schéma 1.4 : illustration de la répartition du trafic en choix modal

Etape 4 : La répartition / choix d'itinéraires

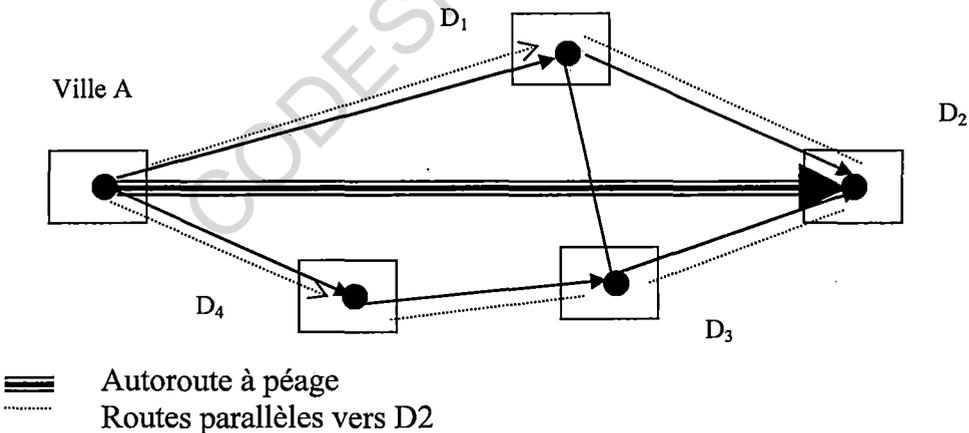


Schéma 1.5 : illustration de la répartition du trafic en choix d'itinéraires

- La génération ou émission – attraction : le modèle explicatif de type Box-Cox

Cette première étape de l'appréhension de la demande de transports, consiste à décrire la situation de référence de la mobilité, en se basant sur l'ensemble des données disponibles et des informations pertinentes qui tiennent compte des dernières évolutions socioéconomiques.

L'un des modèles ingénieux²³ dans le cadre de cette approche est le modèle de type Box-Cox, élaboré par Gaudry et Wills en 1978, et qui a cours jusqu'aujourd'hui.

Le modèle consiste à évaluer le nombre de déplacements qu'émet et reçoit la ville par le biais de la mobilité des individus (des ménages). Il est présenté comme suit :

$$D_i^{(\lambda_D)} = \sum_{k=1}^K \beta_k X_{ik}^{(\lambda_k)} + \varepsilon_i$$

avec :

$$D_i^{(\lambda_D)} = \begin{cases} \frac{D_i^{\lambda_D} - 1}{\lambda_D}, & \text{si } \lambda_D \neq 0 \\ \ln(D_i), & \text{si } \lambda_D = 0 \end{cases}$$

et :

$$X_{ik}^{(\lambda_k)} = \begin{cases} \frac{X_{ik}^{\lambda_k} - 1}{\lambda_k}, & \text{si } \lambda_k \neq 0 \\ \ln(X_{ik}), & \text{si } \lambda_k = 0 \end{cases}$$

où :

D_i : nombre de voyages annuel de la ville (zone).

β : paramètres à estimer

X_k : variable socio-économique k, liée aux individus et à la ville (zone)

ε : terme d'erreur

λ : paramètre de transformation de Box-Cox.

Cette approche a l'avantage de permettre une spécification de la forme fonctionnelle optimale avec les données disponibles. En effet, selon les variables pertinentes retenues, et les données qui s'y rattachent, le modèle d'estimation du trafic peut prendre une forme linéaire, logarithmique, exponentiel, puissance, etc.

²³ Ce modèle a l'avantage de permettre une utilisation fonctionnelle souple des facteurs explicatifs de la génération de trafic.

Nous avons les cas particuliers suivants :

- Si $\lambda_k = \lambda_D = 0$, nous avons une forme logarithmique, c'est-à-dire un modèle linéaire dans le logarithme des variables, soit un modèle multiplicatif.

On a :

$$\ln(D_i) = \sum_{k=1}^K \beta_k \ln(X_{ik}) + \varepsilon_i$$

- Si $\lambda_k = \lambda_D = 1$, nous avons une forme linéaire pure.

On a alors :

$$D_i = \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i$$

- Si $\lambda_D = 0$ et $\lambda_k = 1$, nous avons par conséquent un modèle exponentiel :

On a :

$$D_i = e^{\varepsilon_i} \exp(\beta_k X_{ik})$$

On remarquera que si $\lambda_D = 1$, pour $\lambda_k = 1/2$ et pour $\lambda_k = 1$, nous avons respectivement la forme radicale (racine carrée) et à la forme quadratique (puissance 2).

A l'évidence, la transformation Box-Cox, est l'expression d'une forme fonctionnelle souple, augmentant ainsi le pouvoir explicatif du modèle, et ayant également un impact considérable sur les effets estimés des variables explicatives, notamment au travers des élasticités. Le calibrage du modèle permet d'estimer les paramètres β et λ , ainsi que les élasticités qui permettent de mesurer plus ou moins avec précision les impacts de variation des variables explicatives sur le niveau du trafic global. Pour Gaudry, (2003), ce modèle est le plus puissant en matière de prévision de trafic.

L'élasticité étant la variation relative de la variable expliquée suite à une variation de la variable explicative de 1%, l'élasticité de $X_{ik}^{\lambda_k}$ est donnée par la relation suivante :

$$\eta_{ik} = \frac{\partial E(D_{ik}^{\lambda_D})}{\partial X_{ik}^{\lambda_k}} \cdot \frac{\overline{X_{ik}^{\lambda_k}}}{E(D_{ik}^{\lambda_D})}$$

$E(D_{ik}^{\lambda_D})$ étant l'espérance mathématique de la variable dépendante D, $E(D_{ik}^{\lambda_D}) = \overline{D_{ik}^{\lambda_D}}$

d'où l'élasticité en un point moyen, donnée par :

$$\eta_{ik} = \frac{\partial D_{ik}^{\lambda_D}}{\partial X_{ik}^{\lambda_k}} \cdot \frac{\overline{X_{ik}^{\lambda_k}}}{\overline{D_{ik}^{\lambda_D}}}$$

soit :

$$\eta_{ik} = \beta_k \left(\frac{\overline{X_{ik}^{\lambda_k}}}{\overline{D_i^{\lambda_D}}} \right)$$

Cette élasticité, est appelée élasticité point, l'élasticité d'arc étant donné par :

$$\hat{\eta}_{ik} = \frac{\Delta D_i^{\lambda_D}}{D_i^{\lambda_D}} \bigg/ \frac{\Delta X_{ik}^{\lambda_k}}{X_{ik}^{\lambda_k}}$$

on a :

$$\hat{\eta}_{ik} = \eta_{ik}, \text{ si } \Delta X_{ik}^{\lambda_k} \rightarrow 0$$

En d'autres termes, l'élasticité d'arc est égale à l'élasticité point pour une variation très faible de $X_{ik}^{\lambda_k}$ (sa limite en 0).

L'élasticité joue un rôle particulièrement important en matière d'évolution des grandeurs liées, en Economie. En effet, elle permet la mesure quasi-exacte de l'impact du changement observé ou anticipé de l'une des grandeurs sur l'autre. En matière de prévision de trafic, sa détermination est donc importante.

Pour prendre en compte les valeurs qui n'ont pas cours de façon continue ou homogène dans une série, Gaudry préconise la correction suivante dans la mesure des élasticités :

$$\eta_{ik} = \frac{\partial D_{ik}^{\lambda_D}}{\partial X_{ik}^{\lambda_k}} \cdot \frac{\overline{X_{ik}^{\lambda_k}}}{\overline{D_{ik}^{\lambda_D}}}, \text{ si } X_{ik}^{\lambda_k} > 0$$

Dans le cas de l'introduction d'une variable instrumentale binaire, il faut plutôt calculer la variation relative la variable dépendante (D) causée par la présence de la variable auxiliaire. Si on note \hat{D}_I la valeur expliquée de la variable dépendante, on a :

$$\frac{\hat{D}_I - \hat{D}}{\hat{D}}$$

\hat{D}_I étant la valeur expliquée de D avec variables instrumentales.

Dans le cadre d'une analyse temporelle, qui permet une prévision de long terme, Gaudry utilise la modélisation suivante de la partie aléatoire (modèle d'erreur) :

$$\varepsilon_i = \left[\exp \left(\sum_{m=1}^M \delta_m Z_{mi}^{\lambda_{z,m}} \right) \right] \cdot v_i$$

$$v_i = \sum_{\ell=1}^{\Gamma} \rho^{\ell} v_{i-\ell} + w_i$$

L'objectif, pour cet auteur, étant de contrôler l'homocédasticité (constance de la variance) et l'absence d'autocorrélation des résidus (bruit blanc). Mais, également de ne pas confondre forme du modèle et variance de l'erreur, les transformations Box-Cox affectant la variance de l'erreur.

- La distribution de trafic ou matrice origine - destination : le modèle gravitaire

Le modèle de génération de trafic entre deux villes que nous proposons s'inspire du modèle gravitaire, largement connu et qui s'apparente à la loi de gravitation universelle. Cette loi établit une relation entre les masses de deux corps célestes et la distance qui les sépare, en vue de déterminer leur force d'attraction mutuelle. Énoncée par Newton en 1687, elle stipule que tout corps dans l'univers est attiré par tout autre corps selon une force d'autant plus grande que les corps sont plus massifs et plus proche.

De façon formelle, elle s'écrit comme suit :

$$F_{ij} = g \frac{M_i M_j}{d_{ij}^2}$$

F_{ij} : Force d'attraction entre les planètes i et j

g : Constante gravitaire universelle

M_i, M_j : masses des planètes i et j respectivement

d_{ij} : distance séparant les planètes i et j.

L'idée semble la même, dans le cadre de l'analyse de la détermination du niveau de trafic entre deux villes ou deux zones. Il s'agit de pouvoir expliquer les mouvements de sortie (émission) et d'entrée (attraction) entre différentes villes (zones), permettant ainsi une bonne appréhension et prévision fiable du trafic. Ce modèle, compte tenu de sa spécificité originelle est couramment utilisé dans la modélisation des déplacements relevant de la demande de transport interurbain.

Le modèle de Stewart :

$$T_{ij} = k \frac{P_i P_j}{d_{ij}^2}$$

T_{ij} : nombre de migrants entre les zones i et j

k : niveau de mobilité global

P_i, P_j : populations des zones i et j respectivement

d_{ij} : distance séparant les zones i et j.

Le modèle gravitaire, en économie, a pour fondements les lois de Ravenstein²⁴ :

1. Le nombre de migrants diminue quand la distance augmente ; la plupart ne vont pas très loin ; ceux qui se déplacent sur de grandes distances se dirigent de préférence vers les grands centres commerciaux et industriels.
2. Le processus se fait de la façon suivante : une ville à croissance rapide attire les gens des régions environnantes ; les vides ainsi créés sont comblés par les migrants des districts les plus éloignés ; la force d'attraction des grandes villes dynamiques se fait donc sentir de proche en proche en diminuant d'intensité. Le nombre de migrants de la zone d'accueil est donc proportionnel à la population de la zone d'origine et inversement proportionnel à la distance qui les sépare.
3. Chaque courant principal de migration suscite un contre-courant compensatoire.
4. Les citadins ont une mobilité plus faible que les ruraux.
5. Les femmes ont une mobilité plus forte que les hommes, au moins à courte distance.
6. L'intensité des migrations augmente avec le développement du commerce, de l'industrie et des transports.
7. Les facteurs déterminants de la migration sont nombreux, mais le plus important est le facteur économique.

Ces lois établissent une corrélation entre le niveau de migration et les niveaux de populations, ainsi que le volume des ressources économiques. Nous remarquons une similitude, d'une part, entre les lois 1 et 2, et d'autre part entre les lois 6 et 7. Les facteurs de la mobilité humaine peuvent donc se résumer en cinq grands principes fondamentaux.

²⁴ Ravenstein E. (1885, 1889), The law of migration, *Journal of Royal Statistical Society*, in *Géographie de la population*, Noin D. (1988).

Le modèle gravitaire a connu plusieurs évolutions en ce qui concerne sa formalisation et sa spécification. Mais, dans son principe et sa finalité, il demeure un outil efficace de distribution de trafic, qui prend en compte les poids socio-économiques des villes (zones) reliées par des moyens de transport. Le plus simple s'écrit :

$$T_{ij} = k \frac{P_i \cdot P_j}{C_{ij}}$$

ou

$$T_{ij} = k \frac{P_i \cdot P_j}{d_{ij}}$$

Pour tenir compte des spécificités liées à la mobilité interurbaine en Côte d'Ivoire, notamment entre Abidjan et les autres villes de l'intérieur du pays, nous préconisons un modèle inspiré de celui d'Abraham. Mais, outre les populations et les coûts généralisés, nous considérons les ressources (revenu) disponibles dans les localités considérées, la distance étant prise en compte par les coûts généralisés liés au temps de parcourt.

Le trafic de génération par axe est donné par :

$$T_{ay} = k \frac{(P_a \cdot P_y)^\alpha (R_a R_y)^\gamma}{(C_{g_{ay}})^\beta} \quad (1)$$

T_{ay} : Trafic entre les villes A et Y

$C_{g_{ay}}$: Coûts généralisés entre les villes A et Y.

P_a : Population de la ville A

P_y : Population de la ville Y

R_a : Ressources économiques dans la ville A

R_y : Ressources économiques dans la ville Y

K : Constante, paramètre d'ajustement.

α et γ : étant les élasticités des différentes variables, auxquelles elles sont associées, par rapport au trafic.

β : Coefficient de résistance à la mobilité.

En *double-log-linéarisant* cette expression, on a :

$$\text{Log}(T_{ay}) = \text{Log}K + \alpha \text{Log}(P_a P_y) + \gamma \text{Log}(R_a R_y) - \beta \text{Log}(C_g^{ay}) \quad (2)$$

Ce qui peut se réécrire :

$$\text{Log}(T_{ay}) = \varphi + \alpha \text{Log}(P_a P_y) + \beta \text{Log}(R_a R_y) - \gamma \text{Log}(C_g^{ay}) \quad (3)$$

avec :

$$\text{Log}K = \varphi \quad (4)$$

L'estimation du modèle, permet de déterminer les différents paramètres de cette équation.

1.2. La détermination du trafic induit

Le trafic induit est un facteur traduisant la qualité et l'efficacité d'une infrastructure routière, aussi permet-il d'accroître sa rentabilité. Et ce, dans la mesure où il constitue un trafic supplémentaire au regard du taux de croissance calculé ou attendu, en l'absence de toute amélioration de la route ou de toute nouvelle construction.

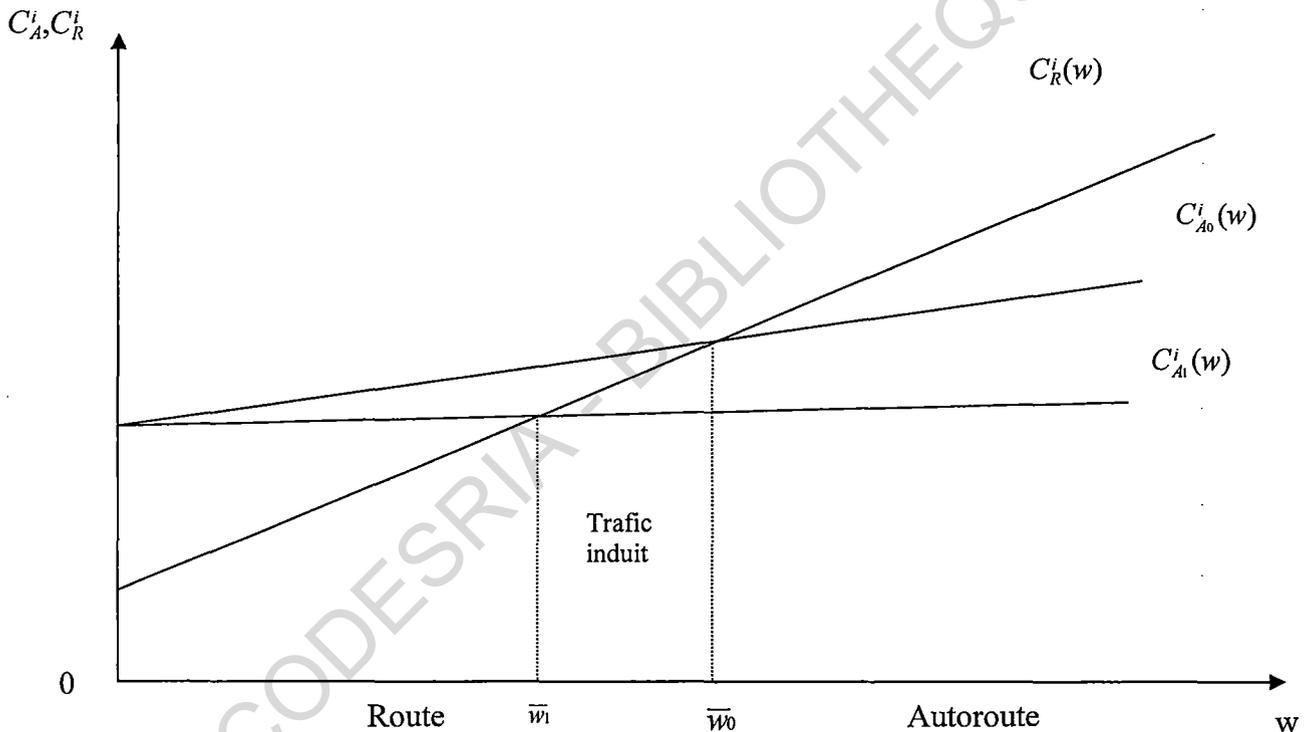


Schéma 1.6 : La détermination du trafic induit

La réduction du temps de parcours et des coûts d'exploitation fait baisser le coût généralisé sur l'autoroute à péage, ce qui fait basculer le point de retournement entre route et autoroute de \bar{w}_0 à \bar{w}_1 accroissant ainsi (trafic induit), la part de trafic sur l'autoroute à péage.

Arduin (1994) suggère une détermination de ce trafic induit, dont le calcul ne peut qu'être une approximation rationnelle, qui, parfois peut s'éloigner plus ou moins de la réalité, compte tenu de la complexité du comportement humain. Cette détermination est faite par le biais du modèle gravitaire.



Schéma 1.7 : Route reliant les villes A et Y

Le niveau de trafic sur la route reliant la ville A et la ville Y est donné par :

$$T_{ay}^0 = \frac{k(P_a P_y)^\alpha}{C g_{ay0}^\beta}$$



Schéma 1.8 : Autoroute reliant les villes A et Y

Le niveau de trafic sur la nouvelle route (autoroute²⁵) reliant la ville A et la ville Y est donné par :

$$T_{ay}^1 = \frac{k(P_a P_y)^\alpha}{C g_{ay1}^\beta}$$

Le paramètre de friction β , étant naturellement plus faible dans la seconde équation que dans la première, car le frein à la mobilité est plus faible sur une autoroute que sur une route reliant deux villes, toute chose étant égale par ailleurs.

Le trafic induit (écart de trafic) étant donné par :

$$e_t = T_{ay}^1 - T_{ay}^0$$

²⁵ La construction de l'autoroute (élargissement et prolongement) agit comme s'il y avait une réduction de la distance qui sépare la ville A et la ville Y.

La construction d'une autoroute entre la ville A et la ville Y, a comme un effet de rapprochement des deux villes. Cet effet étant illustré par la réduction du temps de parcours et des coûts de transport éventuellement (baisse des coûts d'exploitation). Or, ce sont ces deux facteurs qui constituent essentiellement le coût généralisé. Bien souvent, l'on utilise la distance en lieu et place du coût généralisé, par analogie aux premiers modèles inspirés de la loi de gravitation de Newton. Conformément aux lois de Ravenstein, toute chose étant égal par ailleurs, les capacités d'émission et d'attraction sont plus forte, en terme de trafics, entre deux villes proches que deux villes éloignées.

La distance peut servir également à la détermination du trafic induit, sur la base des informations sur le gain de temps et du coût du transport au Km, avec la nouvelle autoroute.

En effet, avec ces données l'on peut bien déterminer la nouvelle distance (réduite), et par conséquent le trafic afférent, sans nécessairement avoir des informations précises sur les coûts généralisés supportés par les usagers.

Le niveau de trafic sur la route reliant les villes A et Y est alors donné par :

$$T_{ay}^0 = \frac{k(P_a P_y)^\alpha}{d_{ay0}^\beta}$$

Le niveau de trafic sur l'autoroute reliant les villes A et Y est donné par :

$$T_{ay}^1 = \frac{k(P_a P_y)^\alpha}{d_{ay1}^\beta}$$

Le trafic induit étant déterminé ex ante (simulation) ou ex post (trafics observés), par :

$$e_t = T_{ay}^1 - T_{ay}^0$$

2. Les limites des modèles de prévision

Tout modèle élaboré, et qui ne relève pas des sciences exactes, ou du moins, dont la portée est le comportement humain, recèle généralement des limites, qui n'en font pas moins un outil précieux d'analyses et de prises de décisions.

2.1. Les limites d'ordre général

Le modèle, comme nous l'avons relevé dans la section 1 a des limites réelles à refléter la réalité, pour des raisons techniques que nous avons évoquées, mais également pour des raisons métaphysiques. En effet, la réalité est parfois subjective, combien de fois, nous ne nous trompons pas ? La réalité telle que nous la percevons est-elle la "vrai" réalité ou "la réalité à nous" ? ou encore à une collectivité donnée ? La réalité est-elle identique dans le temps, et dans l'espace, même en procédant à la formulation d'hypothèses ?

La précision des modèles de trafic a toujours posé un problème de sous évaluation ou de surévaluation de trafic. Le second cas étant le plus fréquemment rencontré. En effet, à l'épreuve des faits, des divergences allant de 20 à 60 % de différence de trafics peuvent être observées entre les trafics prévus et les trafics effectivement enregistrés. Cette imprécision des modèles relève, à notre sens, plus du caractère *versatile* du comportement humain, que de l'insuffisance même des modèles, de façon intrinsèque.

2.2. Les limites spécifiques à notre étude

Compte tenu des types de données disponibles, du faite de la nature des comptages pratiqués, les modèles de trafic que nous utilisons, sont estimés à partir de données macro-économiques, plutôt que des données de types mésoéconomiques, généralement utilisées dans les modèles de trafic. En effet, lorsque les données sur les trafics portent sur des origines destinations précises, et ce, dans les deux sens de la circulation, les modèles se fondent sur les populations et/ou les activités économiques des villes concernées. Mais, dans le cas des pays en développement, et plus précisément celui de la Côte d'Ivoire, les comptages sont parfois inexistantes ou rares (se faisant sur la base d'études spécifiques demandées).

Cependant, la DRV, actuelle Direction des Infrastructures Routières, tenait des données statistiques, portant sur des comptages, se faisant deux à trois fois dans l'année. Leur méthode consiste, à partir des comptages enregistrés à différents points situés entre deux villes, sur une période d'une semaine, selon le nombre d'opérations dans l'année, à sortir le *trafic moyen jour année*, par axe.

L'évolution du trafic routier interurbain sur les quatre axes, suit un rythme, fluctuant au gré de celui des tendances lourdes de l'économie, notamment la population et le PIB.

Dans la littérature l'approche la plus utilisée est celle de la forme multiplicative des variables. Lorsque les coûts généralisés sont disponibles de façon chronologique, le modèle peut alors être estimé en série temporelle ou en panel. Si l'on utilise la distance qui demeure constante, elle peut transparaître dans le modèle de série chronologique, à partir de la constante, après avoir déterminé son exposant, par la série en coupe instantanée.

Nous estimons l'évolution du trafic de l'axe Abidjan - Grand-Bassam, sur la base du PIB et de la population des deux villes. Modèle emprunté au modèle de type gravitaire :

$$T_{ij} = f(P_i P_j, R_i R_j, d_{ij})$$

Ou :

$$T_{ij} = f(P_i P_j, R_i R_j, C_{ij})$$

Seulement, en l'absence de données sur la richesse par ville, nous utilisons le PIB, sous l'hypothèse d'une répartition équitable de la richesse nationale.

Nous procédons dans un premier temps à l'estimation, en coupe transversale, des modèles, de type Pareto, suivants :

- Avec la distance

$$T_{ij} = \frac{k(P_i P_j)^\alpha PIB^\gamma}{d_{ij}^\beta}$$

$$T_{ij} = \frac{k P_i^{\alpha_i} P_j^{\alpha_j} PIB^\gamma}{d_{ij}^\beta}$$

- Avec le coût du transport

$$T_{ij} = \frac{k(R_i P_j)^\alpha PIB^\gamma}{C_{ij}^\beta}$$

$$T_{ij} = \frac{k P_i^{\alpha_i} P_j^{\alpha_j} PIB^\gamma}{C_{ij}^\beta}$$

Ainsi qu'à l'estimation des modèles de type exponentiel :

- Avec la distance :

$$T_{ij} = k(R_i P_j)^\alpha . PIB^\gamma . e^{-\beta d_{ij}}$$

$$T_{ij} = k R_i^{\alpha_i} P_j^{\alpha_j} PIB^\gamma . e^{-\beta d_{ij}}$$

- Avec le coût de voyage :

$$T_{ij} = k(R_i P_j)^\alpha . PIB^\gamma . e^{-\beta C_{ij}}$$

$$T_{ij} = k R_i^{\alpha_i} P_j^{\alpha_j} PIB^\gamma . e^{-\beta C_{ij}}$$

A côté de ces deux modèles, nous avons le modèle entropique de Wilson, et le modèle additif de Tobler, dont l'application s'avère inefficace dans le cas étudié.

$$T_{ij} = k O_i D_j f(c_{ij})$$

$$T_{ij} = k \frac{(R_i + P_j)^\alpha}{(C_{ij})^\beta}$$

En second lieu, sur séries temporelles, nous estimons les modèles suivants :

$$T_{ij} = k \frac{(R_i \cdot P_j)^\alpha}{(C_{ij})^\beta}$$

$$T_{ij} = k(R_i P_j)^\alpha PIB^\gamma$$

$$T_{ij} = k P_i^{\alpha_i} P_j^{\alpha_j} PIB^\gamma$$

Par une approche hypothéticodéductive, à partir de la valeur de la constante du modèle linéaire, nous spécifions, le modèle gravitaire en série temporelle de type Pareto et exponentiel.

$$T_{ij} = k(P_i P_j)^\alpha PIB^\gamma d_j^{-\beta},$$

$$T_{ij} = k(P_i P_j)^\alpha PIB^\gamma \exp(-\beta d_j),$$

Une autre approche consiste à estimer le trafic par rapport au taux de croissance du PIB et à celui du parc auto national (Louis Berger International). Dans ce cas, le trafic suit la progression suivante :

$$Q_{t+1} = Q_t e^{g_0 t}$$

$$\text{Avec } g_0 = (g_a + \varepsilon_{nt})(g_y + \varepsilon_{yt})$$

Q_t est le trafic de la période courante, et Q_{t+1} le trafic de la période courante plus un an.

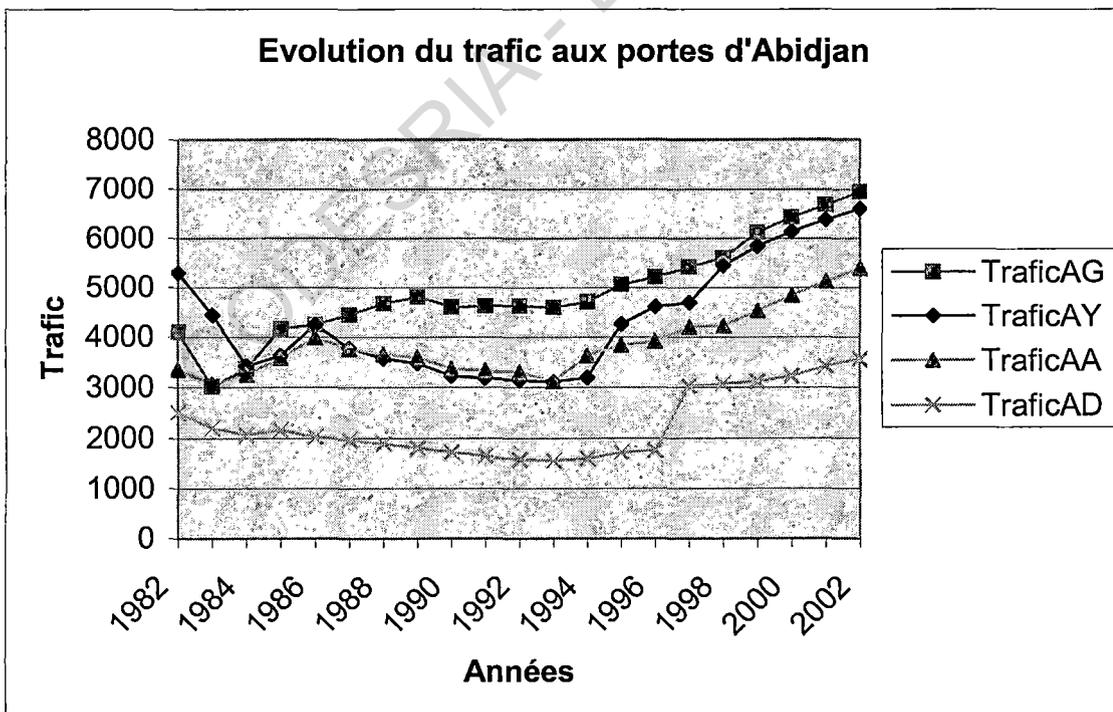
η_y : l'élasticité du trafic par rapport au PIB, ε_{nt} : les chocs aléatoires sur l'élasticité.

$$\text{On a : } \eta_y = \frac{\frac{\partial Q}{Q}}{\frac{\partial \text{PIB}}{\text{PIB}}}$$

g_a : le taux de croissance du parc auto ; g_y : le taux de croissance du PIB, ε_{yt} : les variations du taux de croissance dues aux facteurs exogènes, avec pour espérance mathématique nulle.

$$\text{On sait que } g_y = \frac{\partial \text{PIB}}{\text{PIB}}$$

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution comparée des trafics sur les quatre grands axes routiers interurbains en entrée et en sortie de la capitale économique que constitue le district d'Abidjan.



Graphique 1.1 : Evolution du trafic sur les 4 grands axes

Source : auteur, sur la base des données de la DRV et du BNETD

II- MODELISATION DU TRAFIC INTERURBAIN IVOIRIEN

La modélisation du trafic en interurbain s'inscrit en général dans le cadre des modèles d'interaction spatiale. Si pour certains auteurs, la distance joue comme un facteur de résistance à la mobilité, comme dans le cas des lois de la physique, d'autres pensent que la distance en elle même n'est pas un frein. Pour ces derniers, les vrais motifs sont d'ordre économique (rationalité économique), psychologique (ignorance sur les destinations éloignées), et sociologique (occasions interposées).

Une chose nous paraît fondamentale, c'est qu'en dehors du coût du transport qui est un facteur démotivant en matière de mobilité, la distance constitue également un facteur à effets de barrière à la mobilité. Lorsque votre village est Tingrela, situé à 848 Km d'Abidjan, vous n'avez pas la même fréquence de vous y rendre, par rapport à celui dont le tien est Bonoua, à 59 Km d'Abidjan, et ce, quelque soit les intérêts²⁶ que vous y avez.

Pour la modélisation du trafic interurbain ivoirien, compte tenu de types de données disponibles, nous utilisons, le gravitaire que nous linéarisons, en distribution, sur l'ensemble des axes et en génération, selon les axes. En l'absence de données sur le revenu par ville, nous utilisons le PIB, les populations, la distance et le coût du voyage comme facteurs explicatifs et de prévision de la demande interurbaine de transport.

1. Le modèle gravitaire sur l'ensemble des axes

Nous considérons 26 relations à partir des quelles nous estimons le modèle de type Pareto ou puissance, et le modèle de type exponentiel, selon la distance et selon le coût du voyage, en coupe instantanée.

1.1. Estimation du modèle gravitaire à partir d'Abidjan

Le modèle de type Pareto se présente sous la forme puissance, où le facteur à effets de barrière se trouve au dénominateur.

²⁶ Pour avoir une idée claire des motifs de mobilité en interurbain en Côte d'Ivoire, voir section 2 du chapitre II.

1.1.1 Estimation du modèle de type Pareto

- La distance comme facteur de résistance

Le modèle gravitaire généralisé de type Pareto est alors :

$$T_{ij} = k \frac{(P_i P_j)^\alpha}{(d_{ij})^\beta}$$

L'utilisation de l'opérateur double – log permet de linéariser l'expression précédente, on a :

$$\ln(T_{ij}) = \ln(k) + \alpha \ln(P_i P_j) - \beta \ln d_{ij}$$

Le modèle prenant en compte le PIB étant incorporé dans la constante.

$$\ln(T_{ij}) = c + \alpha \ln(P_i P_j) - \beta \ln d_{ij}$$

avec :

$$c = \ln k$$

Les tableaux suivants récapitulent les résultats des estimations du modèle portant sur 26 relations, à partir d'Abidjan, en coupe transversale, sur le logiciel SPSS.

R	R-deux	R-deux ajusté	Écart type estimé
0,90	0,81	0,79	0,49

Tableau 1.1: L'ajustement du modèle

Le R - deux est proche de l'unité, ce qui traduit une bonne régression de trafic par le modèle

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Regression	23,09	2	11,54	48,53	0,000
Résidu	5,47	23	0,24		
Total	28,56	25			

Tableau 1.2: La significativité du modèle

Le modèle estimé est globalement significatif au seuil de 1%.

	Coefficients		Coefficients standardisés	t	Sig.	Intervalle de Confiance de B à 95%	
	B	Ecart type	Beta			Borne inférieure	Borne supérieure
c	6,31	3,01		2,10	0,05	0,09	12,54
$\ln d_{ij}$	-1,15	0,12	-0,88	-9,69	0,00	-1,40	-0,90
$\ln P_i P_j$	0,26	0,12	0,21	2,25	0,03	0,02	0,50

Tableau 1.3: Les coefficients des variables indépendantes

Le modèle estimé est alors :

$$\ln(T_{ij}) = 6,31 + 0,26 \ln(P_i P_j) - 1,15 \ln d_{ij}$$

(2,10) (2,25) (9,69)

Comme:

$$c = \ln k$$

On a:

$$k = \exp(c)$$

Soit :

$$k = \exp(6,31)$$

D'où :

$$k = 550$$

Finalement :

$$T_{ij} = 550 \frac{(P_i P_j)^{0,26}}{(d_{ij})^{1,15}}$$

- Le coût du voyage comme facteur de résistance

En considérant le coût lié au voyage, le modèle est le suivant :

$$T_{ij} = k \frac{(P_i P_j)^\alpha}{C_{ij}^\beta}$$

$$\ln(T_{ij}) = c + \alpha \ln(P_i P_j) - \beta \ln C_{ij}$$

avec :

$$c = \ln k$$

R	R-deux	R-deux ajusté	Écart type estimé
0,91	0,83	0,81	0,465

Tableau 1.4: L'ajustement du modèle

Le R-deux est proche de 1, ce qui traduit une bonne régression de trafic par le modèle

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Regression	23,599	2	11,799	54,67	0,000
Résidu	4,964	23	0,216		
Total	28,563	25			

Tableau 1.5: La significativité du modèle

Le modèle estimé est globalement significatif au seuil de 1%.

	Coefficients		Coefficients standardisés	t	Sig.	Intervalle de Confiance de B à 95%	
	B	Écart type	Bêta			Borne inférieure	Borne supérieure
c	10,494	2,961		3,544	0,002	4,368	16,620
$\ln P_i P_j$	0,273	0,110	0,215	2,471	0,021	0,044	0,501
$\ln C_{ij}$	-1,373	0,133	-0,896	-10,286	0,000	-1,649	-1,097

Tableau 1.6: Les coefficients des variables indépendantes

Le modèle estimé est par conséquent :

$$\ln(T_{ij}) = 10,5 + 0,27 \ln(P_i P_j) - 1,37 \ln C_{ij}$$

$$(3,54) \quad (2,47) \quad (10,29)$$

ou encore :

$$T_{ij} = 3,6 \cdot 10^4 \frac{(P_i P_j)^{0,27}}{(C_{ij})^{1,37}}$$

1.1.2 Estimation du modèle de type exponentiel

Nous procédons à l'estimation du modèle de type exponentiel en considérant le coût du voyage comme facteur à effets de barrière à la mobilité. En effet, dans ce cas, le modèle qui s'est avéré significatif est le modèle avec le coût du voyage comme facteur de résistance.

On a :

$$T_{ij} = k(R_i P_j)^\alpha e^{-\beta C_{ij}}$$

Soit :

$$\ln(T_{ij}) = c + \alpha \ln(R_i P_j) - \beta C_{ij}$$

Avec :

$$c = \ln k$$

R	R-deux	R-deux ajusté	Écart type estimé
0,93	0,87	0,86	0,397

Tableau 1.7: L'ajustement du modèle

Le R-deux est proche de 1, ce qui traduit une bonne régression de trafic par le modèle

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Regression	24,933	2	12,466	78,990	0,000
Résidu	3,630	23	0,158		
Total	28,563	25			

Tableau 1.8: La significativité du modèle

Le modèle estimé est globalement significatif au seuil de 1%.

	Coefficients		Coefficients standardisés	t	Sig.	Intervalle de Confiance de B à 95%	
	B	Ecart type	Beta			Borne inférieure	Borne supérieure
c	2,27	2,415		0,94	0,358	-2,729	7,261
$\ln P_i P_j$	0,25	0,094	0,194	2,61	0,016	0,051	0,441
C_{ij}	-0,001	0,000	-0,920	-12,37	0,000	-0,001	0,000

Tableau 1.9: Les coefficients des variables indépendantes

Le modèle estimé est alors :

$$\ln(T_{ij}) = 2,27 + 0,25 \ln(RP_j) - 0,001 C_{ij}$$

(0,94)(2,61) (12,37)

Dans le cas du modèle de type exponentiel, nous avons une significativité globale plus forte du modèle au seuil de 1%, avec un Ficher égal à 79, la régression est également plus précise, avec un R deux ajusté de 0,86. Toutefois, la constante n'est pas significative, ce qui peut être lié à la non prise en compte de façon explicite d'une variable non disponible dans le cas de ce modèle, les ressources ou le PIB, par exemple. Nous retenons donc le modèle de type Pareto ou puissance, qui nous est apparu robuste comme modèle prédictif. Aussi, compte tenu de la variabilité des coûts du transport, optons-nous pour le modèle Pareto, avec la distance comme facteur à effet de barrière à la mobilité.

1.2. Estimation du modèle gravitaire par villes successives

En considérant les différentes relations, non plus à partir d'Abidjan, mais des tronçons reliant deux villes consécutives, nous avons les résultats suivants :

1.2.1. Estimation du modèle de type Pareto

R	R-deux	R-deux ajusté	Écart type estimé
0,83	0,69	0,66	0,5065

Tableau 1.10 : L'ajustement du modèle

Le R-deux est égal à 0,69, ce qui traduit une assez bonne régression du trafic par le modèle.

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Regression	13,146	2	6,573	25,62	0,000
Résidu	5,901	23	0,257		
Total	19,047	25			

Tableau 1.11 : La significativité du modèle

Le modèle estimé est globalement significatif au seuil de 1%, avec une valeur de Ficher égale à 25,62.

	Coefficients		Coefficients standardisés	t	Sig.	Intervalle de Confiance de B à 95%	
	B	Ecart type	Beta			Borne inférieure	Borne supérieure
c	4,59	1,511		3,04	0,006	1,465	7,718
Lnd _{ij}	-0,84	0,169	-0,578	-4,97	0,000	-1,191	-0,491
lnP _i P _j	0,28	0,058	0,565	4,86	0,000	0,161	0,399

Tableau 1.12 : Les coefficients des variables indépendantes

Le modèle estimé est alors :

$$\ln(T_{ij}) = 4,59 + 0,28 \ln(P_i P_j) - 0,84 \ln d_{ij}$$

(3,04) (4,86) (4,97)

On a :

$$T_{ij} = 98,49 \frac{(P_i P_j)^{0,28}}{(d_{ij})^{0,84}}$$

Nous remarquons que selon que l'on considère les relations en origine - destination à partir d'Abidjan ou en origine - destination par villes successives, selon les axes, l'élasticité du trafic par rapport à la population 0,28 reste inchangée, alors que le paramètre de friction β change (baisse). En effet, le rapprochement des villes annihile le caractère restrictif de la distance, en matière de mobilité des populations. Plus la distance est courte, plus la mobilité est grande²⁷, comme l'attestent ces derniers résultats.

²⁷ Voir lois n°2 des lois de Ravenstein, page 28.

Nous nous intéressons à présent au modèle de type puissance, avec séparation des populations

R	R-deux	R-deux ajusté	Écart type estimé
0,83	0,70	0,66	0,515

Tableau 1.13: L'ajustement du modèle

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Regression	13,215	3	4,405	16,62	0,000
Résidu	5,831	22	0,265		
Total	19,047	25			

Tableau 1.14 : La significativité du modèle

Le modèle estimé est globalement significatif au seuil de 1%, avec une valeur du Ficher égale à 16,62.

	Coefficients		Coefficients standardisés	t	Sig.	Intervalle de Confiance de B à 95%	
	B	Ecart type	Bêta			Borne inférieure	Borne supérieure
c	5,11	1,835		2,78	0,011	1,298	8,911
Lnd _{ij}	-0,85	0,173	-0,584	-4,92	0,000	-1,208	-0,492
lnP _i	0,29	0,062	0,557	4,68	0,000	0,162	0,420
lnP _j	0,23	0,124	0,216	1,80	0,085	-0,034	0,481

Tableau 1.15 : Les coefficients des variables indépendantes

Le modèle estimé est alors :

$$\ln(T_{ij}) = 5,11 + 0,29 \ln P_i + 0,23 \ln P_j - 0,85 \ln d_{ij}$$

$$(2,78) \quad (4,68) \quad (1,80) \quad (4,92)$$

On a :

$$T_{ij} = 165,67 \frac{(P_i)^{0,29} (P_j)^{0,23}}{(d_{ij})^{0,85}}$$

1.2.2. Estimation du modèle de type exponentiel

L'estimation du modèle exponentiel avec la distance comme facteur de résistance, nous donne les résultats suivants :

R	R-deux	R-deux ajusté	Écart type estimé
0,78	0,61	0,58	0,5674

Tableau 1.16: L'ajustement du modèle

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Regression	11,642	2	5,821	18,08	0,000
Résidu	7,405	23	0,322		
Total	19,047	25			

Tableau 1.17: La significativité du modèle

Le modèle estimé est globalement significatif au seuil de 1%, avec une valeur du Ficher égale à 18,08.

	Coefficients		Coefficients Standardisés	T	Sig.	Intervalle de Confiance de B à 95%	
	B	Écart type	Bêta			Borne inférieure	Borne supérieure
c	1,80	1,467		1,23	0,233	-1,238	4,833
$\ln P_i P_j$	0,28	0,065	0,558	4,28	0,000	0,143	0,410
d_{ij}	-0,01	0,002	-0,506	-3,88	0,001	-0,013	-0,004

Tableau 1.18: Les coefficients des variables indépendantes

Le modèle estimé est alors :

$$\ln(T_{ij}) = 1,80 + 0,28 \ln(P_i P_j) - 0,01 d_{ij}$$

(1,23) (4,28) (3,88)

La constante, dans le cadre du modèle exponentiel, n'est également pas significative, dans cette approche. Par villes successives, le modèle de type Pareto avec la distance comme frein à la mobilité s'est révélé comme le modèle le plus prédictif de la mobilité interurbaine ivoirienne.

2. Modèles de prévision du trafic sur les quatre grands axes

2.1 Méthodes d'analyse de l'évolution du trafic

Pour l'estimation de l'évolution du trafic par axes, nous utilisons l'approche ARMA, à partir des variables qui se sont avérées pertinentes, dans le cadre de notre étude.

2.1.1. Les modèles d'évolution des variables

La modélisation ARMA repose sur un principe de stationnarité. Il est donc nécessaire de s'assurer a priori du degré d'intégration des séries. Pour ce faire, l'on utilise un test de racine unitaire, c'est à dire de présence d'une tendance stochastique. Celui-ci s'intègre dans le cadre plus général des modèles ARIMA (p, d, q) pour lesquels la formulation est :

$$\alpha(L)\Delta^d y_t = \beta(L)\varepsilon_t,$$

où $\Delta=(1-L)$, $\alpha(L)$ est d'ordre p, $\beta(L)$ est d'ordre q, les racines des polynômes sont supérieures à 1 en valeur absolue et ils n'ont pas de racine commune. Il s'agit par conséquent d'un modèle ARMA stationnaire appliqué à une transformation de y_t , sa $d^{\text{ième}}$ différence. Ici un processus I(1) sera donc une ARIMA (p, 1, q). La marche aléatoire est un processus ARIMA (0, 1, 0), car $y_t = y_{t-1} + \varepsilon_t$ peut se réécrire $\Delta y_t = \varepsilon_t$.

La pratique des tests de racine unitaire repose sur la modélisation d'une série par un processus AR (p) :

$$y_t = \sum_{i=1}^p \alpha^i y_{t-i} + \varepsilon_t,$$

Le cas le plus simple est celui d'une marche aléatoire :

$$y_t = \rho y_{t-1} + \varepsilon_t,$$

1^{er} cas : $|\rho| < 1$, le processus est stationnaire

2^{ème} cas : $\rho = \pm 1$, le processus est intégré

3^{ème} cas : $|\rho| > 1$, le processus est explosif

2.1.2 Les Tests de validation des modèles spécifiés

Afin de parvenir à une bonne analyse et à une utilisation efficace des variables de type temporel, appelées séries temporelles, c'est à dire prenant des valeurs données au cours du temps, un certains nombres de tests on été élaborés pour une meilleure spécification des modèles utilisés.

- Le Test de Dickey-Fuller

C'est le cas le plus simple de la marche aléatoire, avec ou sans tendance déterministe.

- Le Test de Dickey-Fuller Augmenté

Il permet de prendre en compte l'autocorrélation possible de la série différenciée via une correction utilisant les valeurs retardées, sur la base du test :

$$\Delta y_t = d_t + \alpha y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t,$$

- Le Test de Phillips-Perron

Il s'agit d'une procédure de correction non – paramétrique, en d'autres termes, il n'y a pas de modélisation de l'autocorrélation. Ce test est le plus robuste vis-à-vis des erreurs de spécification, c'est à dire quelque soit le type d'autocorrélation. En revanche, il est moins précis que ADF lorsque le modèle correspond bien à la réalité.

- Le Test de Schmidt-Phillips

Il s'agit de résoudre le problème de la présence ou non, de tendance déterministe dans le test de D-F. Il consiste en un test qui ôte de manière arbitraire une tendance (détrender). Ainsi, travaille t-il non pas sur la variable x_t , mais la transformation $S_t = x_t - \hat{\psi} - \hat{\xi}t$, où les paramètres sont calculés simplement. Il utilise d'autres distributions que ADF et PP et, comme ces derniers, ne fait pas la différence entre des racines de 0,95 et de 1 dans des échantillons de tailles finies.

- Le Test Elioot-Rothenberg-Stock (ERS)

Ce test utilise le fait que dans de petits échantillons, 0,95 et 1 sont indifférentiables. Il procède de ce fait à une quasi-différentiation :

$$\tilde{x}_t = x_t - \alpha x_{t-1},$$

avec :

$$\alpha = 1 - c/T$$

- Le Test KPSS (Kwiatkowski, Phillips, Schmidt et Shin)

Il prend pour hypothèse non pas la non-stationnarité mais la stationnarité. Il est malheureusement souvent moins robuste.

Pour Chevillon (2004), ERS et Schmidt-Phillips sont à préférer en général.

- Modèle d'évolution avec tendance et constante

Les distributions utilisées pour les tests de racine unitaire diffèrent malheureusement selon la présence, ou non, d'une constante et d'une tendance linéaire. Nous supposons que la variable y_t à laquelle nous nous intéressons suit :

$$y_t = \alpha + \beta t + \rho y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Pour tenir compte d'éventuels biais de spécification dus aux problèmes de données, nous utilisons le test de Phillips et Perron.

Nous utilisons la démarche de Phillips et Perron (1998) qui proposent une correction non paramétrique au test de Dickey-Fuller simple, afin de régler le problème de l'autocorrélation et/ou de l'hétéroscédasticité des erreurs (Phillips, 1987). Pour éliminer les paramètres de nuisance, associés à l'existence de corrélations dans la composante stochastique du processus générateur de données, qui perturbent les résultats des tests de racine unitaire de Dickey et Fuller, Phillips et Perron (1988) suggèrent d'ajouter à la statistique de Student du coefficient autorégressif, un facteur de correction fondé sur des estimateurs convergents des paramètres de nuisance, ce qui

élimine cette dépendance asymptotique. Cette approche fondée sur la théorie de la convergence faible fonctionnelle (Billingsley, 1968), permet de conserver la distribution asymptotique de la statistique non transformée, dans le cas où il n'existe pas de corrélation additionnelle dans la composante stochastique. Elle est basée sur le théorème central limite fonctionnel, qui correspond à une extension du théorème central limite aux « variables aléatoires à valeurs de fonctions ».

$$\Delta Y_t = \mu + \rho Y_{t-1} + \beta \left(t - \frac{1}{2}T\right) + \varepsilon_t$$

$$\rho = 1, \mu = \beta = 0$$

Il est en réalité impossible de vérifier certaines lois de comportement, car ne s'appliquant que sur des équilibres de long terme. En effet, dans une analyse de courte période, des variations contrarient constamment leur mise en œuvre. Toutefois, des ajustements transitoires s'opèrent continuellement afin de s'approcher de ces équilibres. Le modèle est alors reformulé sous la forme d'un mécanisme de correction d'équilibre dit modèle à correction d'erreur, selon lequel un écart (erreur) positif par rapport à l'équilibre de long terme implique une variation négative de court terme, afin de réduire cet écart.

- Le test de cointégration de Dickey-Fuller Augmenté

$$\Delta \hat{z}_t = \phi \hat{z}_{t-1} + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta \hat{z}_{t-1} + u_t$$

où u_t est un bruit blanc, $u_t \sim BB$

La règle de décision est la suivante :

Si $t_{\hat{\phi}} <$ valeur critique, on rejette H_0 : X_t et Y_t sont cointégrées

Si $t_{\hat{\phi}} >$ valeur critique, on accepte H_0 : X_t et Y_t ne sont pas cointégrées

Le modèle à correction d'erreur peut alors être estimé.

$$\Delta Y_t = -\gamma \hat{z}_{t-1} + \sum_i a_i \Delta X_{t-i} + \sum_j b_j \Delta Y_{t-j} + \varepsilon_t$$

où $\varepsilon_t \sim BB$ et \hat{z}_{t-1} est le résidu estimé de la relation de long terme retardé d'une période.

$$\hat{z}_{t-1} = Y_{t-1} - \hat{\alpha} - \hat{\beta} X_{t-1}$$

Engle et Granger (1987) ont montré que si le vecteur de cointégration a été bien estimé dans la première étape, alors :

- les estimateurs $\hat{\gamma}, \hat{\alpha}_i, \hat{\beta}_j$ sont des estimateurs convergents et équivalents à ceux du maximum de vraisemblance,
- les écarts types des coefficients estimés par les MCO sont des estimateurs convergents des vrais écarts types.

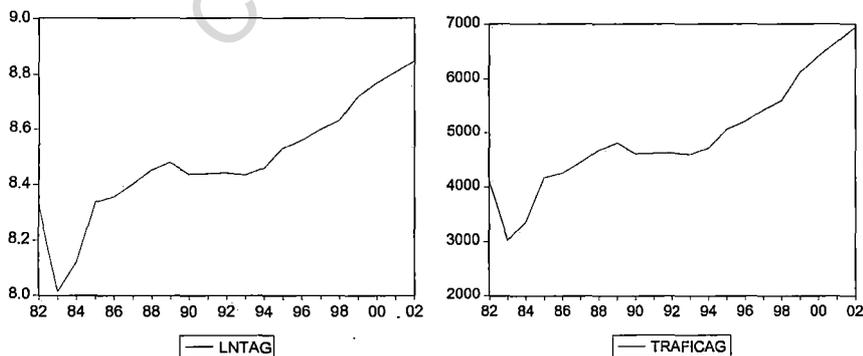
Dans ce cas, l'estimation de l'équation de long terme par une relation statique est convergente et indépendante de la forme dynamique du modèle à court terme. Les résultats sus indiqués attestent que l'on peut utiliser les tests usuels (Fisher ou Student) pour effectuer des tests de significativité des paramètres qui caractérisent la dynamique de court terme. Ceci, par ce que les termes intervenant dans la relation du modèle à correction d'erreur sont I (0).

2.2. Analyse de l'évolution des variables

Dans cette sous-section, nous analysons l'évolution des variables dépendantes, ainsi que celle des variables indépendantes retenues dans le cadre de cette étude.

2.2.1. Les variables dépendantes

- Evolution du trafic sur l'axe Abidjan – Grand-Bassam



Graphique 1.2 : Evolution du trafic et du logarithme du trafic (axe Abidjan - Grand-Bassam)

L'allure de la courbe montre une évolution croissante du trafic sur l'axe Abidjan - Grand-Bassam, de 1983 à 2002, avec 1982 et 1983 comme points extrêmes²⁸. Nous remarquons des légers changements (ruptures) de tendance en 1985, 1989 et 1994.

Nous commençons par tester l'hypothèse nulle selon laquelle DLTAG est non stationnaire contre l'hypothèse alternative de stationnarité. L'utilisation du test de Phillips-Perron nécessite au préalable le choix de la troncature l intervenant dans le calcul de la variance de long terme des résidus (Lardic et Mignon, 2002).

Le calcul de la valeur de l ²⁹ suggéré par Newey et West (1987) est le suivant :

$$l = \text{int} \left[4 \left(\frac{T}{100} \right)^{2/9} \right]$$

Une autre approche suggérée par Schwert est :

$$l = T^{1/4}$$

Dans les deux cas, avec $T=21$, nous avons $l=2$.

Nous estimons, dans un premier temps, le modèle avec constante et tendance déterministe. Cette façon de faire permet de retrouver du coup ou de proche en proche, le modèle le plus approprié, en considérant les trois types de variations :

- changement de niveau ;
- changement de pente ;
- changement de pente et de niveau (une combinaison des deux précédentes).

Plutôt que de tester le modèle suivant, à la Dickey-Fuller :

$$DLTAG_t = \phi LTAG_{t-1} + \alpha + \beta t + \sum_{j=1}^p \gamma_j DLTAG_{t-j} + \varepsilon_t$$

Nous utilisons la démarche de Phillips et Perron (1998) qui proposent une correction non paramétrique au test de Dickey-Fuller simple.

$$DLTAG_t = \mu + \rho LTAG_{t-1} + \beta \left(t - \frac{1}{2} T \right) + \varepsilon_t$$

$$\rho = 1, \mu = \beta = 0$$

²⁸ Le test de Phillips-Perron, comme nous l'avons précédemment mentionné, permet de corriger ces points extrêmes contrairement à celui de Dickey-Fuller.

²⁹ Au niveau du calcul de l selon Newey et West, int est l'abréviation de integer, entier, en français.

Estimation du modèle avec constante et tendance :

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LTAG(-1))	-1.019153	0.137602	-7.406533	0.0000
C	0.067310	0.028420	2.368364	0.0308
@TREND(1982)	-0.002088	0.002357	-0.886084	0.3887
R-squared	0.791508	Mean dependent var		0.018155
Adjusted R-squared	0.765446	S.D. dependent var		0.113814
S.E. of regression	0.055121	Akaike info criterion		-2.814635
Sum squared resid	0.048613	Schwarz criterion		-2.665513
Log likelihood	29.73903	F-statistic		30.37075
Durbin-Watson stat	1.408998	Prob(F-statistic)		0.000004

Tableau 1.19 : Test de PP sur DLTAG avec constante et tendance.

Nous remarquons que le coefficient de la tendance n'est pas significativement différent de zéro. Nous estimons alors le modèle avec constante, sans tendance.

Nous procédons donc au test de stationnarité en prenant uniquement en compte la constante.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LTAG(-1))	-1.043684	0.133934	-7.792548	0.0000
C	0.044967	0.013028	3.451551	0.0030
R-squared	0.781277	Mean dependent var		0.018155
Adjusted R-squared	0.768411	S.D. dependent var		0.113814
S.E. of regression	0.054772	Akaike info criterion		-2.871992
Sum squared resid	0.050999	Schwarz criterion		-2.772578
Log likelihood	29.28393	F-statistic		60.72381
Durbin-Watson stat	1.365855	Prob(F-statistic)		0.000001

Tableau 1.20 : Test de PP sur DLTAG avec constante

Nous acceptons l'hypothèse de stationnarité au seuil de 1% de DLTAG.

Estimons à présent, le modèle de l'évolution du trafic en niveau LTAG.

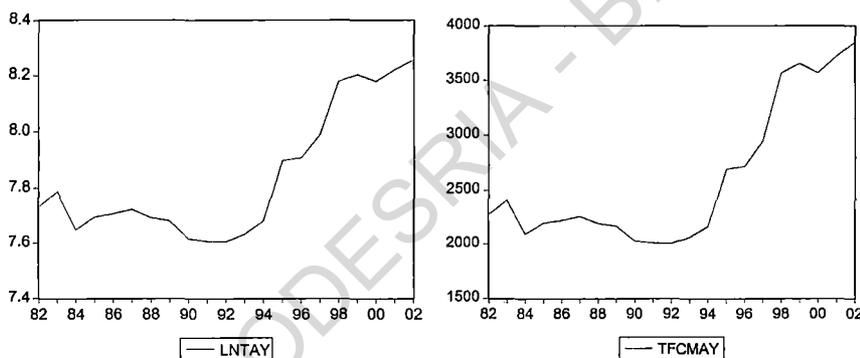
Après avoir estimé l'évolution du trafic en différence première (DLTAG), nous estimons et testons la stationnarité de l'évolution du trafic en niveau (LTAG).

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LTAG(-1)	-0.716822	0.211185	-3.394284	0.0035
C	5.837568	1.722144	3.389709	0.0035
@TREND(1982)	0.024418	0.006910	3.533647	0.0026
R-squared	0.427403	Mean dependent var		0.026366
Adjusted R-squared	0.360039	S.D. dependent var		0.093867
S.E. of regression	0.075091	Akaike info criterion		-2.202738
Sum squared resid	0.095858	Schwarz criterion		-2.053378
Log likelihood	25.02738	F-statistic		6.344658
Durbin-Watson stat	0.747681	Prob(F-statistic)		0.008744

Tableau 1.21 : Test de PP sur LTAG avec constante et tendance

Le trafic Abidjan - Grand-Bassam est intégré d'ordre 0. LTGA est $I(0)$. L'année 1982 constituant un point aberrant a été extrait du modèle. Les coefficients de la constante et du trend de l'évolution du trafic sont significatifs. Le trafic sur l'axe Abidjan - Grand-Bassam suit donc une marche aléatoire avec tendance et dérive.

- Evolution du trafic sur l'axe Abidjan - Yamoussoukro (Autoroute du Nord)



Graphique 1.3 : Evolution du trafic et du logarithme du trafic (axe Abidjan Yamoussoukro)

Après un saut de 1982 à 1983, nous remarquons une baisse tendancielle du trafic de 1983 à 1991, avec un léger accroissement sur la période 1984 - 1987. Nous observons une croissance exponentielle de 1991 à 2002, avec deux sauts de paliers, 1994-1995 et 1996-1999. Cette période correspond à la période de la relance économique, après la dévaluation du franc CFA intervenue le 12 janvier 1994, et qui a été entravée par le coup d'Etat survenu le 24 décembre 1999.

Déterminons la stationnarité du trafic sur l'axe Abidjan - Yamoussoukro.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LTAY(-1))	-1.096063	0.241937	-4.530370	0.0003
C	-0.046951	0.039758	-1.180937	0.2549
@TREND(1982)	0.006737	0.003433	1.962594	0.0673
R-squared	0.562466	Mean dependent var		-0.001080
Adjusted R-squared	0.507775	S.D. dependent var		0.107549
S.E. of regression	0.075455	Akaike info criterion		-2.186616
Sum squared resid	0.091096	Schwarz criterion		-2.037494
Log likelihood	23.77285	F-statistic		10.28431
Durbin-Watson stat	1.658773	Prob(F-statistic)		0.001343

Tableau 1.22 : Test de stationnarité de PP sur DLTAY avec tendance et constante.

Les coefficients de la constante et du trend ne sont pas significatifs, le différentiel du trafic sur l'axe Abidjan – Yamoussoukro suit donc, a priori, une marche aléatoire sans tendance et sans dérive.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LTAY(-1))	-0.824663	0.230302	-3.580794	0.0021
R-squared	0.415941	Mean dependent var		-0.001080
Adjusted R-squared	0.415941	S.D. dependent var		0.107549
S.E. of regression	0.082193	Akaike info criterion		-2.108294
Sum squared resid	0.121603	Schwarz criterion		-2.058587
Log likelihood	21.02880	Durbin-Watson stat		1.740055

Tableau 1.23 : Test de stationnarité de PP sur DLTAY sans tendance et sans constante.

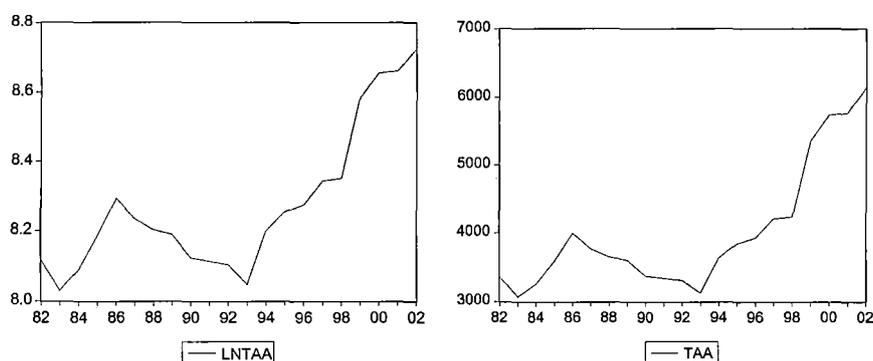
DLTAY est donc stationnaire.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LTAY(-1)	0.003374	0.002221	1.519216	0.1452
R-squared	0.001531	Mean dependent var		0.026223
Adjusted R-squared	0.001531	S.D. dependent var		0.077745
S.E. of regression	0.077685	Akaike info criterion		-2.223599
Sum squared resid	0.114665	Schwarz criterion		-2.173812
Log likelihood	23.23599	Durbin-Watson stat		1.822143

Tableau 1.24 : Test de stationnarité de PP sur LTAY.

LTAY n'est pas stationnaire en niveau, par conséquent le trafic sur l'axe Abidjan – Yamoussoukro est $I(1)$, c'est-à-dire intégré d'ordre 1.

- Evolution du trafic sur l'axe Abidjan - Abengourou



Graphique 1.4 : Evolution du trafic entre Abidjan – Abengourou

Le graphique 1.4 montre que le trafic sur l'axe Abidjan – Abengourou est croissant sur la période 1983 – 1986, puis connaît une baisse tendancielle de 1986 à 1993, et enfin enregistre une forte croissance sur la période 1993 – 2002. On remarque des ruptures de tendance en 1986, 1993, 1998 et 2000.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LTAA(-1))	-0.982852	0.242188	-4.058219	0.0009
C	0.000780	0.041283	0.018887	0.9852
@TREND(1982)	0.003205	0.003522	0.909978	0.3763
R-squared	0.510267	Mean dependent var		0.007899
Adjusted R-squared	0.449051	S.D. dependent var		0.106986
S.E. of regression	0.079411	Akaike info criterion		-2.084418
Sum squared resid	0.100898	Schwarz criterion		-1.935296
Log likelihood	22.80197	F-statistic		8.335443
Durbin-Watson stat	1.872540	Prob(F-statistic)		0.003309

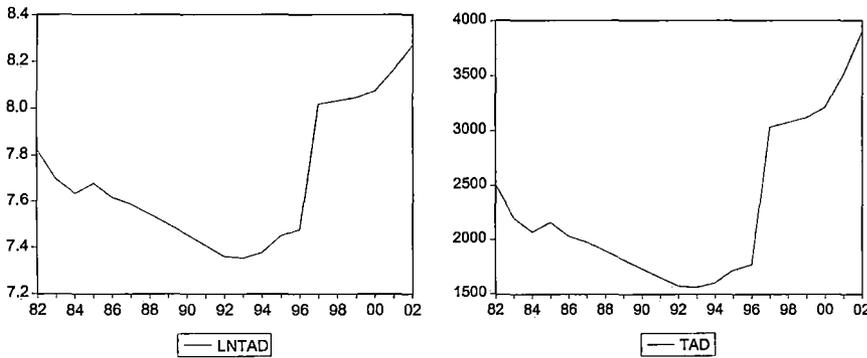
Tableau 1.25 : Test de PP sur DLTAA avec constante et tendance

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LTAA(-1))	-0.774698	0.226352	-3.422534	0.0030
R-squared	0.390734	Mean dependent var		0.007899
Adjusted R-squared	0.390734	S.D. dependent var		0.106986
S.E. of regression	0.083508	Akaike info criterion		-2.076550
Sum squared resid	0.125525	Schwarz criterion		-2.026842
Log likelihood	20.72722	Durbin-Watson stat		1.852010

Tableau 1.26 : Test de PP sur DLTAA sans constante et sans tendance

LTAA est stationnaire en différence première, mais, elle n'est pas stationnaire en niveau (voir annexe IV). LTAA est I(1). Cette série suit une marche aléatoire sans trend et sans dérive.

- Evolution du trafic sur l'axe Abidjan - Dabou



Graphique 1.5 : Représentation de l'évolution du trafic entre Abidjan et Dabou

La représentation graphique du trafic sur l'axe Abidjan – Dabou, se traduit par une courbe en "U". On observe une baisse de trafic de 1982 à 1993, puis une forte croissance sur la période 1993 – 2002. La baisse de trafic sur la première période est certainement liée à l'ouverture de l'autoroute du Nord qui concurrence se axe. On remarque une rupture de tendance au niveau des années 1993, 1996, 1997 et 2000.

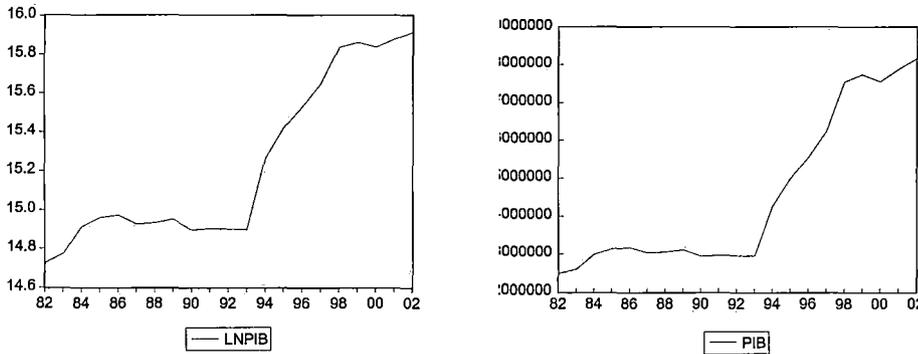
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LTAD(-1))	-1.096121	0.248035	-4.419224	0.0004
C	-0.094518	0.070754	-1.335860	0.2003
@TREND(1982)	0.011491	0.006043	1.901457	0.0754
R-squared	0.550311	Mean dependent var		0.012210
Adjusted R-squared	0.494100	S.D. dependent var		0.178501
S.E. of regression	0.126962	Akaike info criterion		-1.145922
Sum squared resid	0.257909	Schwarz criterion		-0.996800
Log likelihood	13.88626	F-statistic		9.790072
Durbin-Watson stat	2.009583	Prob(F-statistic)		0.001672

Tableau 1.27 : Test de PP sur DLTAD

Les coefficients de la constante et du trend ne sont pas significatifs. LTAD est stationnaire en différence première, elle suit une marche aléatoire sans trend et sans dérive. LTAD n'est pas stationnaire en niveau, elle est donc I(1).

2.2.2. Les variables indépendantes

- Evolution du PIB ivoirien



Graphique 1.6 : Evolution du PIB ivoirien

Le graphique ci-dessus, nous indique que le PIB ivoirien a connu une croissance sur la période 1982 – 1986. Cette grandeur a connu une baisse tendancielle de 1986 à 1991, puis est restée stable de 1992 à 1993, et enfin, elle a enregistré une croissance vertigineuse de 1993 à 2002. On remarque un changement de trend en 1986, 1993 et en 1999.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LPIB(-1))	-0.718770	0.242015	-2.969938	0.0090
C	0.021737	0.052617	0.413115	0.6850
@TREND(1982)	0.001929	0.004349	0.443540	0.6633
R-squared	0.355970	Mean dependent var		-0.000629
Adjusted R-squared	0.275467	S.D. dependent var		0.119528
S.E. of regression	0.101742	Akaike info criterion		-1.588814
Sum squared resid	0.165623	Schwarz criterion		-1.439692
Log likelihood	18.09373	F-statistic		4.421790
Durbin-Watson stat	1.920694	Prob(F-statistic)		0.029597

Tableau 1.28. : Test de stationnarité PP sur DLPIB.

Les coefficients de la constante et du trend ne sont pas significativement différents de 0. Pour le test du modèle sans constante et sans trend, voir annexes IV.

Le Test de Phillips-Perron atteste d'une stationnarité en différence première de LPIB au seuil de 5%. Les années 1982 et 1983 ont été extraites pour éviter les biais d'autocorrelation. DLPIB est stationnaire en différence première, elle suit une marche aléatoire sans trend et sans dérive.

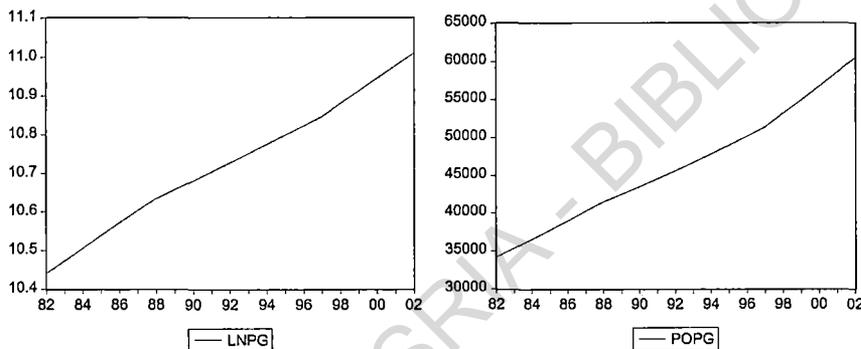
Etudions à présent la stationnarité du PIB en niveau.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LPIB(-1)	-0.157935	0.124443	-1.269138	0.2215
C	2.327476	1.810089	1.285835	0.2157
@TREND(1982)	0.012623	0.008695	1.451743	0.1648
R-squared	0.110608	Mean dependent var		0.059352
Adjusted R-squared	0.005973	S.D. dependent var		0.098590
S.E. of regression	0.098295	Akaike info criterion		-1.664202
Sum squared resid	0.164253	Schwarz criterion		-1.514842
Log likelihood	19.64202	F-statistic		1.057088
Durbin-Watson stat	1.348357	Prob(F-statistic)		0.369227

Tableau 1.29. : Test de stationnarité de PP sur LPIB, avec tendance et constante.

La valeur calculée (-1,486) est nettement inférieure à la valeur critique lue, au seuil de 10% (-3,2677), LPIB n'est donc pas stationnaire en niveau. Nous concluons que LPIB est intégré d'ordre 1. LPIB est $I(1)$.

- Evolution de la population de Grand Bassam



Graphique 1.7. : Illustration de l'évolution de la population de Grand-Bassam

Testons la stationnarité en différence première de LPAPG, c'est à dire DLPAPG

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LPAPG(-1))	-0.395420	0.194308	-2.035019	0.0588
C	0.028836	0.016596	1.737497	0.1015
@TREND(1982)	-8.47E-05	0.000459	-0.184602	0.8559
R-squared	0.213078	Mean dependent var		-0.001006
Adjusted R-squared	0.114713	S.D. dependent var		0.011115
S.E. of regression	0.010458	Akaike info criterion		-6.139010
Sum squared resid	0.001750	Schwarz criterion		-5.989888
Log likelihood	61.32059	F-statistic		2.166194
Durbin-Watson stat	2.043198	Prob(F-statistic)		0.147046

Tableau 1.30. : Test de stationnarité PP sur DLPAPG, avec tendance et constante.

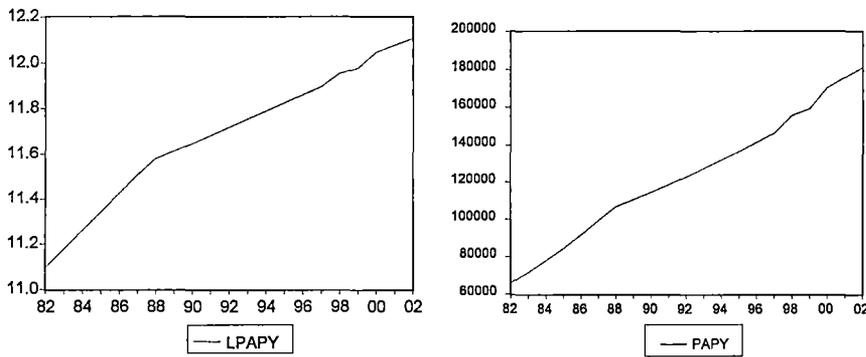
La constance et la tendance ne sont pas significativement différentes de 0.

DLPAPG n'est pas stationnaire selon le test de Phillips-Perron. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la population n'est recensée que chaque 10 ans. Les extrapolations annuelles étant faites par l'Institut Nationale de la Statistique (INS), sur la base du taux de croissance entre deux recensements. Cela ne traduit ni une approche de court terme ni une approche de long terme. Ce qui biaise la stationnarité de la série. Il n'y a quasiment pas de variabilité, il y a des tendances, selon les recensements de 1965, 1975, 1988 et 1998.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LPAPG(-1),2)	-1.205632	0.252698	-4.771039	0.0002
C	-0.002256	0.001968	-1.146479	0.2696
@TREND(1982)	0.000196	0.000157	1.250328	0.2303
R-squared	0.602784	Mean dependent var		4.58E-07
Adjusted R-squared	0.549822	S.D. dependent var		0.004966
S.E. of regression	0.003332	Akaike info criterion		-8.419363
Sum squared resid	0.000167	Schwarz criterion		-8.270968
Log likelihood	78.77427	F-statistic		11.38141
Durbin-Watson stat	2.038002	Prob(F-statistic)		0.000983

Tableau 1.31. : Test de stationnarité PP en différence seconde sur LPAPG

La série est stationnaire en différence seconde, la population est donc intégrée d'ordre 2, I(2).



Graphique 1.8 : Evolution du produit de la population d'Abidjan et de Yamoussoukro

Le graphique 1.8 montre une croissance de la population sur la période, avec un changement de trend en 1988.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LPAPY(-1),2)	-1.042329	0.257161	-4.053214	0.0010
C	-0.008241	0.011429	-0.721050	0.4820
@TREND(1982)	0.000361	0.000898	0.402002	0.6934
R-squared	0.522825	Mean dependent var		-0.000211
Adjusted R-squared	0.459202	S.D. dependent var		0.026785
S.E. of regression	0.019697	Akaike info criterion		-4.865662
Sum squared resid	0.005820	Schwarz criterion		-4.717266
Log likelihood	46.79096	F-statistic		8.217510
Durbin-Watson stat	2.013633	Prob(F-statistic)		0.003891

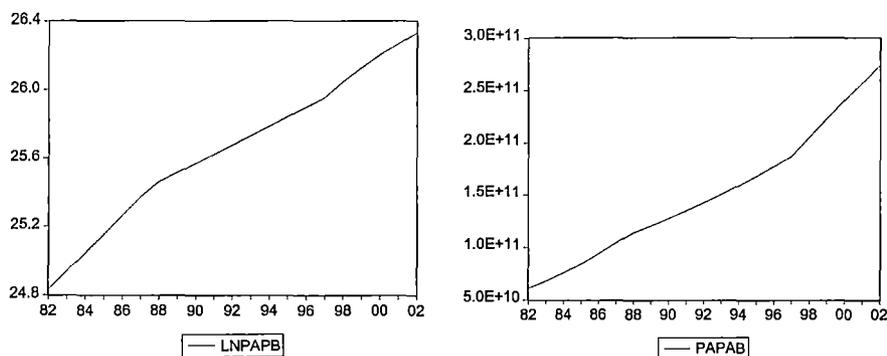
Tableau 1.32 : Test de PP sur DLPAPY, 2

Le tableau ci-dessus montre que les coefficients de la constante et du trend ne sont pas significativement différents de zéro.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LPAPY(-1),2)	-1.573884	0.198630	-7.923700	0.0000
R-squared	0.786927	Mean dependent var		-5.03E-05
Adjusted R-squared	0.786927	S.D. dependent var		0.050300
S.E. of regression	0.023218	Akaike info criterion		-4.633785
Sum squared resid	0.009165	Schwarz criterion		-4.584320
Log likelihood	42.70407	Durbin-Watson stat		1.869250

Tableau 1.33 : Test de PP sur LPAPY, sans constante et sans tendance

Le test de PP atteste que la série LPAPY est stationnaire à l'ordre 2, (LPAPY I(2)).



Graphique 1.9 : Evolution du produit des populations d'Abidjan et Abengourou

Sur la période 1982 – 2002, on constate une croissance continue des populations des villes d'Abidjan et d'Abengourou (voir annexe IV). Ce qui est illustrée par le graphique ci-dessus qui est la représentation du produit des deux populations, retenu comme variable explicative du niveau de trafic entre ces deux villes.

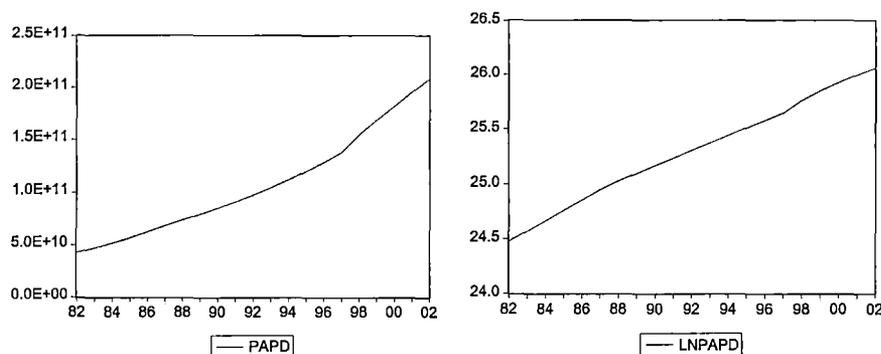
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LPAPB(-1),2)	-0.961581	0.257090	-3.740250	0.0020
C	-0.007635	0.008369	-0.912319	0.3760
@TREND(1982)	0.000454	0.000656	0.692326	0.4993
R-squared	0.482628	Mean dependent var		-0.000161
Adjusted R-squared	0.413645	S.D. dependent var		0.018578
S.E. of regression	0.014226	Akaike info criterion		-5.516537
Sum squared resid	0.003036	Schwarz criterion		-5.368141
Log likelihood	52.64883	F-statistic		6.996334
Durbin-Watson stat	2.003527	Prob(F-statistic)		0.007137

Tableau 1.34 : Test de PP sur D(LPAPB, 2), avec constante et tendance

La constante et le trend ne sont pas significativement différents de zéro. LPAPB est stationnaire en différence seconde. LPAPB est I(2).

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LPAPB(-1),2)	-0.900917	0.241655	-3.728116	0.0017
R-squared	0.449774	Mean dependent var		-0.000161
Adjusted R-squared	0.449774	S.D. dependent var		0.018578
S.E. of regression	0.013780	Akaike info criterion		-5.677192
Sum squared resid	0.003228	Schwarz criterion		-5.627727
Log likelihood	52.09473	Durbin-Watson stat		1.994831

Tableau 1.35 : Test de D(LPAPB, 2) sans constante et sans tendance.



Graphique 1.10: Evolution du produit des populations d'Abidjan et de Dabou

Nous remarquons une croissance des populations sur la période de l'étude (1982-2002).

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LPAPD(-1),2)	-1.215393	0.254373	-4.777995	0.0002
C	-0.002519	0.008422	-0.299115	0.7690
@TREND(1982)	4.20E-05	0.000666	0.063121	0.9505
R-squared	0.603741	Mean dependent var	-0.000486	
Adjusted R-squared	0.550906	S.D. dependent var	0.021856	
S.E. of regression	0.014647	Akaike info criterion	-5.458218	
Sum squared resid	0.003218	Schwarz criterion	-5.309823	
Log likelihood	52.12396	F-statistic	11.42700	
Durbin-Watson stat	2.048087	Prob(F-statistic)	0.000966	

Tableau 1.36 : Test de PP sur D(LPAPD, 2) avec constante et tendance

Le test de PP montre que les coefficients de la constante et du trend de LPAPD ne sont pas significatifs en différence seconde.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LPAPD(-1))	-0.469475	0.206717	-2.271097	0.0364
C	0.035930	0.016795	2.139378	0.0472
R-squared	0.232779	Mean dependent var	-0.001666	
Adjusted R-squared	0.187648	S.D. dependent var	0.013693	
S.E. of regression	0.012341	Akaike info criterion	-5.852430	
Sum squared resid	0.002589	Schwarz criterion	-5.753015	
Log likelihood	57.59808	F-statistic	5.157880	
Durbin-Watson stat	1.963799	Prob(F-statistic)	0.036425	

Tableau 1.37 : Test de PP sur DLPAPD avec constante

LPAPD est stationnaire en différence première et la constante est significative. Elle suit donc une marche aléatoire, avec dérive.

2.3. Estimation des modèles du trafic sur les axes Grand-Bassam et Yamoussoukro

Nous nous intéressons dans un premier temps aux deux grands axes interurbains en Côte d'Ivoire, notamment les axes Abidjan – Yamoussoukro (Autoroute du Nord) et Abidjan – Grand-Bassam (voie express de Grand-Bassam).

2.3.1. Détermination du modèle d'évolution du trafic sur l'axe Abidjan - Grand-Bassam.

Nous estimons l'évolution du trafic de l'axe Abidjan - Grand-Bassam sur la base du PIB et de la population. Le modèle que nous estimons est un modèle de type gravitaire.

$$T_{ij} = k(P_i P_j)^\alpha PIB^\gamma$$

Soit :

$$\ln T_{ij} = \ln k + \alpha \ln(P_i P_j) + \gamma \ln PIB$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-2.264194	1.267107	-1.786901	0.0908
C(2)	0.055139	0.096375	0.572135	0.5743
C(3)	0.390893	0.095699	4.084617	0.0007
R-squared	0.864989	Mean dependent var		8.482738
Adjusted R-squared	0.849988	S.D. dependent var		0.206228
S.E. of regression	0.079875	Akaike info criterion		-2.085149
Sum squared resid	0.114840	Schwarz criterion		-1.935932
Log likelihood	24.89406	Durbin-Watson stat		1.446844

Tableau 1. 38 : Estimation du trafic par le modèle log-log

$$\ln TAG = -2,264 + 0,055 \ln PIB + 0,391 \ln PAPG$$

(1,79) (0,57) (4,08)

Le coefficient du PIB n'est pas significativement différent de zéro, le PIB n'a donc pas une influence significative sur le trafic de l'axe Abidjan – Grand-Bassam. Nous procédons par conséquent à l'estimation de la relation qui existe entre le trafic sur cet axe et le PIB, afin de tester la significativité de cette variable, comme facteur explicatif du niveau du trafic.

- Le modèle exponentiel

$$T_{ij} = k e^{\gamma PIB}$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	8.098412	0.057658	140.4549	0.0000
C(2)	8.47E-08	1.16E-08	7.308686	0.0000
R-squared	0.737630	Mean dependent var		8.482738
Adjusted R-squared	0.723821	S.D. dependent var		0.206228
S.E. of regression	0.108378	Akaike info criterion		-1.515986
Sum squared resid	0.223171	Schwarz criterion		-1.416507
Log likelihood	17.91785	Durbin-Watson stat		0.796477

Tableau 1. 39 : Estimation du trafic par le modèle exponentiel

Le coefficient du PIB est significatif, toutefois, la statistique de Durbin Watson reste faible, elle est de 0,80.

- Le modèle logarithme

$$\ln T_{ij} = c + \gamma \ln PIB$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	2.225851	0.851509	2.614008	0.0171
C(2)	0.410711	0.055873	7.350814	0.0000
R-squared	0.739849	Mean dependent var		8.482738
Adjusted R-squared	0.726157	S.D. dependent var		0.206228
S.E. of regression	0.107919	Akaike info criterion		-1.524478
Sum squared resid	0.221284	Schwarz criterion		-1.424999
Log likelihood	18.00701	Durbin-Watson stat		0.825857

Tableau 1.40 : Estimation du trafic par le modèle logarithme

Nous obtenons la même conclusion avec le modèle de type exponentiel.

Cette régression est une régression fallacieuse à la Newbold et Granger (1974). En effet, nous avons un R^2 assez élevé (0,77), mais, une statistique de Durbin-Watson non significative.

Pour $T = 21$, $du = 0,97$ et $dl = 1,16$.

Le PIB s'est révélé comme une variable non pertinente dans l'analyse de l'évolution du trafic sur l'axe Abidjan - Grand-Bassam. Nous nous intéressons à présent à la prise en compte des populations des deux villes dans la modélisation de l'évolution du trafic sur cet axe.

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	8.032991	0.044622	180.0235	0.0000
C(2)	4.05E-12	3.71E-13	10.91475	0.0000
R-squared	0.862450	Mean dependent var		8.482738
Adjusted R-squared	0.855211	S.D. dependent var		0.206228
S.E. of regression	0.078472	Akaike info criterion		-2.161755
Sum squared resid	0.116999	Schwarz criterion		-2.062277
Log likelihood	24.69843	Durbin-Watson stat		1.382464

Tableau 1.41 : Estimation du trafic par le modèle exponentiel

$$\ln TAG = 8,033 + 4,05.10^{-12} \ln PAPG$$

(180) (10,91)

Ou encore :

$$TAG = 3080,97 e^{4,05.10^{-12} PAPG}$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-2.677615	1.022283	-2.619250	0.0169
C(2)	0.440349	0.040330	10.91862	0.0000
R-squared	0.862534	Mean dependent var		8.482738
Adjusted R-squared	0.855299	S.D. dependent var		0.206228
S.E. of regression	0.078448	Akaike info criterion		-2.162365
Sum squared resid	0.116928	Schwarz criterion		-2.062887
Log likelihood	24.70483	Durbin-Watson stat		1.435618

Tableau 1.42 : Estimation du trafic par le modèle logarithme

$$\ln TAG = -2,678 + 0,440 \ln PAPG$$

(2,62) (10,92)

L'estimation de ce modèle donne de meilleurs résultats économétriques. Nous retenons donc le modèle log comme modèle de prévision du trafic pour l'axe Abidjan – Grand-Bassam. Toutefois, le modèle exponentiel peut servir de modèle de prévision, dans la mesure où les résultats ne diffèrent pas significativement.

Un accroissement de 10% du niveau de population d'Abidjan et Grand-Bassam, engendre une augmentation de 4,4% du trafic sur l'axe reliant ces deux villes.

Les résultats attestent d'une évolution du trafic basée essentiellement sur le transport de passagers (voitures particulières, transport commun). Les populations se déplacent, en général, sur cet axe pour le loisir, en direction des belles plages de Grand-Bassam et de ses environs. On y observe des congestions relativement importantes les week-ends.

Nous procédons au test de cointégration des deux variables retenues, en utilisant le test de Jansen.

Eigenvalue	Likelihood Ratio	5 Percent Critical Value	1 Percent Critical Value	Hypothesized No. of CE(s)
0.645469	34.44319	25.32	30.45	None **
0.539682	14.74094	12.25	16.26	At most 1 *
Unnormalized Cointegrating Coefficients:				
InTAG	InPAPG	@TREND(83)		
5.377988	-6.185312	0.262784		
4.649176	-19.42630	1.189482		
Normalized Cointegrating Coefficients: 1 Cointegrating Equation(s)				
InTAG	InPAPG	@TREND(83)	C	
1.000000	-1.150117	0.048863	20.14174	
	(0.44582)	(0.03059)		
Log likelihood	104.8100			

Tableau 1.43 : Test de cointégration

Le test de cointégration de Jansen montre que la combinaison linéaire des deux séries est intégrée d'ordre 2 au seuil de 5%. De toute évidence, ce résultat était prévisible, dans la mesure où LTAG est intégrée d'ordre 0, $I(0)$ et LPAPG intégrée d'ordre 2, $I(2)$, conformément à une propriété des séries intégrées.

Si $X_t \sim I(d_1)$ et $Y_t \sim I(d_2)$, alors, en général, $aX_t + bY_t \sim I(\max(d_1, d_2))$, où a et b sont des constantes non nulles.

Dans le tableau ci-dessous, nous présentons les résultats du test de causalité de Granger

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Probability
InPAPG does not Granger Cause InTAG	19	16.8445	0.00019
InTAG does not Granger Cause InPAPG		0.35884	0.70472

Tableau 1.44 : Résultats du test de Granger

L'hypothèse nulle de non causalité du trafic par la population est rejetée au seuil de 1%. Le test de causalité de Granger, confirme le fait que la population cause le trafic, mais que le trafic ne cause pas la population.

2.3.2. Détermination du modèle d'évolution du trafic sur l'Autoroute du Nord.

Le modèle estimé est le suivant :

$$T_{ij} = k(RP_j)^\alpha PIB^\gamma \quad (1)$$

Soit :

$$\ln T_{ij} = c + \alpha \ln P_i P_j + \gamma \ln PIB$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	6.855203	0.392956	17.44522	0.0000
C(2)	0.286527	0.039831	7.193513	0.0000
C(3)	-0.133021	0.030559	-4.352990	0.0004
R-squared	0.794234	Mean dependent var		7.721617
Adjusted R-squared	0.771371	S.D. dependent var		0.075970
S.E. of regression	0.036325	Akaike info criterion		-3.661044
Sum squared resid	0.023751	Schwarz criterion		-3.511826
Log likelihood	41.44096	Durbin-Watson stat		1.936143

Tableau 1.45 : Estimation du modèle 1 du trafic sur l'Autoroute du Nord

$$\ln TAY = 6,855 + 0,286 \ln PIB - 0,133 \ln PAPPY$$

(17,44) (7,19) (4,35)

Nous remarquons une relation négative entre le niveau de trafic et la population. Ce résultat n'est pas conforme à la théorie économique, qui veut que les flux migratoires ou la mobilité des individus augmentent avec le niveau de la population. Cela nous recommande donc une analyse plus poussée du modèle.

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.113183	0.800292	-0.141427	0.8893
C(2)	-0.060561	0.058033	-1.043565	0.3122
C(3)	0.625462	0.066331	9.429336	0.0000
R-squared	0.952835	Mean dependent var		7.848073
Adjusted R-squared	0.946940	S.D. dependent var		0.244668
S.E. of regression	0.056359	Akaike info criterion		-2.770214
Sum squared resid	0.050821	Schwarz criterion		-2.621092
Log likelihood	29.31703	Durbin-Watson stat		1.256261

Tableau 1.46 : Estimation du modèle 1' du trafic sur l'Autoroute du Nord

Une bonne spécification du modèle par la suppression des points aberrants de Phillips et de Perron, montre clairement que la population n'influence pas significativement le niveau de trafic. Seul, le niveau de production de la richesse (PIB) affecte positivement et significativement le niveau de trafic.

Le modèle précédent, à côté des régressions fallacieuses « *spiricious regression* » de Granger, constitue ce que nous pourrions appeler les *vraies fausses régressions* ou *vrai faux modèles*, dont une bonne spécification révèle leur caractère fallacieux.

Nous testons également le modèle qui consiste à séparer les populations des deux villes :

$$T_{ij} = kP_i^{\alpha_i} P_j^{\alpha_j} PIB^{\gamma} \quad (2)$$

Soit:

$$\ln T_{ij} = \ln k + \alpha_i \ln P_i + \alpha_j \ln P_j + \gamma \ln PIB$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-5.815075	3.133391	-1.855841	0.0809
C(2)	0.507242	0.105404	4.812374	0.0002
C(3)	1.610059	0.739778	2.176407	0.0439
C(4)	-1.506967	0.557768	-2.701783	0.0151
R-squared	0.941435	Mean dependent var		7.839652
Adjusted R-squared	0.931100	S.D. dependent var		0.233796
S.E. of regression	0.061368	Akaike info criterion		-2.574199
Sum squared resid	0.064023	Schwarz criterion		-2.375242
Log likelihood	31.02908	Durbin-Watson stat		1.524622

Tableau 1.47 : Estimation du modèle 2 du trafic sur l'Autoroute du Nord

$$\ln TAY = -5,815 + 0,507 \ln PIB + 1,610 \ln PA - 1,507 \ln PY$$

(1,86) (4,81) (2,18) (2,70)

Nous remarquons un effet positif de la population d'Abidjan et un effet négatif de celle de Yamoussoukro sur le trafic reliant ces deux villes.

Dans un premier temps, cela peut être interprété comme un trafic d'émission à partir d'Abidjan et non d'attraction du District de Yamoussoukro. Mais mieux, comme un trafic d'attraction du District d'Abidjan, le trafic enregistré étant celui des deux sens. Le district d'Abidjan reste depuis l'indépendance en 1960, le pôle de développement de la Côte d'Ivoire.

Toutefois, les résultats de l'estimation économétrique peuvent être interprétés, notamment en ce qui concerne le signe négatif du coefficient de la population de Yamoussoukro, comme un problème de spécification du modèle.

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-2.226413	3.539959	-0.628937	0.5389
C(2)	0.575598	0.105755	5.442740	0.0001
C(3)	0.502411	0.919546	0.546369	0.5928
C(4)	-0.518725	0.749144	-0.692423	0.4993
R-squared	0.953990	Mean dependent var	7.848073	
Adjusted R-squared	0.944788	S.D. dependent var	0.244668	
S.E. of regression	0.057490	Akaike info criterion	-2.689733	
Sum squared resid	0.049577	Schwarz criterion	-2.490904	
Log likelihood	29.55247	Durbin-Watson stat	1.227605	

Tableau 1.48 : Estimation du modèle 2' du trafic sur l'Autoroute du Nord

$$\ln TAY = -2,226 + 0,576 \ln PIB + 0,502 \ln PA - 0,519 \ln PY$$

$$(0,63) \quad (5,44) \quad (0,55) \quad (0,69)$$

Ici également, avec la respécification du modèle, nous remarquons que la constante et les coefficients des variables populations ne sont pas significatifs.

Enfin, en exprimant uniquement le niveau de trafic en fonction de la population (modèle 3) les résultats sont plus décevants.

$$T_{ij} = k(P_i P_j)^{\alpha} \quad (3)$$

Soit :

$$\ln T_{ij} = \ln k + \alpha \ln(P_i P_j)$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-3.274176	1.805270	-1.813676	0.0874
C(2)	0.421224	0.068359	6.161963	0.0000
R-squared	0.690739	Mean dependent var	7.848073	
Adjusted R-squared	0.672547	S.D. dependent var	0.244668	
S.E. of regression	0.140008	Akaike info criterion	-0.994940	
Sum squared resid	0.333236	Schwarz criterion	-0.895526	
Log likelihood	11.45193	Durbin-Watson stat	0.256252	

Tableau 1.49 : Estimation du modèle 3 du trafic sur l'Autoroute du Nord

$$\ln TAY = -3,274 + 0,421 \ln PAPY$$

$$(1,81) \quad (6,16)$$

Nous avons un R² assez élevé et des coefficients très significatifs, mais la faible valeur du DW traduit bien le caractère fallacieux de la régression, et donc du modèle. En appliquant le test de cointégration CRDW (*Cointegration Regression Durbin Watson*) portant sur la relation de long terme, on accepte l'hypothèse H₀, de présence d'autocorrélation des résidus, et donc d'absence de cointégration entre la population et le trafic sur l'axe Abidjan - Yamoussoukro.

On considère le processus suivant décrivant une autocorrélation des résidus :

$$\hat{\varepsilon}_t = \rho \hat{\varepsilon}_{t-1} + v_t$$

où $\hat{\varepsilon}_t$ désigne les résidus estimés et v_t un bruit blanc, le test consiste à tester l'hypothèse nulle $\rho=0$ (absence d'autocorrélation) contre l'hypothèse alternative $\rho \neq 0$ (présence d'autocorrélation). La statistique de Durbin Watson étant donnée par :

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^T (\hat{\varepsilon}_t - \hat{\varepsilon}_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T \hat{\varepsilon}_t^2}$$

Pour $T = 21$, $du = 0.97$ et $dl = 1.16$, au seuil de 10%

Nous estimons donc le modèle de prévision du trafic sur l'axe Abidjan - Yamoussoukro à partir du PIB, c'est-à-dire $T_{ij} = f(PIB)$.

Le modèle exponentiel :

$$T_{ij} = k e^{\gamma PIB} \quad (4)$$

Soit :

$$\ln T_{ij} = \ln k + \gamma PIB$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	7.300230	0.024210	301.5359	0.0000
C(2)	1.15E-07	4.69E-09	24.62054	0.0000
R-squared	0.972720	Mean dependent var		7.848073
Adjusted R-squared	0.971115	S.D. dependent var		0.244668
S.E. of regression	0.041582	Akaike info criterion		-3.422978
Sum squared resid	0.029395	Schwarz criterion		-3.323563
Log likelihood	34.51829	Durbin-Watson stat		1.356900

Tableau 1.50 : Estimation du modèle 4 du trafic sur l'Autoroute du Nord

$$\ln TAY = 7.300 + 1.15 \cdot 10^{-7} PIB$$

$$(301,54) \quad (24,62)$$

Soit :

$$TAY = 1481 e^{1,5 \cdot 10^{-7} PIB}$$

Nous retenons donc le modèle exponentiel, comme modèle de prévision du trafic sur l'axe Abidjan - Yamoussoukro, le modèle logarithmique n'étant pas concluant (voir annexe IV).

Le modèle explicatif du trafic étant validé, nous procédons au test de cointégration entre le trafic et le PIB, afin de valider la relation de long terme entre ces deux grandeurs.

$$LTAY_t = \alpha + \beta PIB_t + z_t$$

Nous déterminons \hat{z}_t

$$\hat{z}_t = LTAY_t - \hat{\alpha} - \hat{\beta} PIB_t$$

Si \hat{z}_t est stationnaire, alors TAY_t et PIB_t sont cointégrées.

L'estimateur des MCO ($\hat{\alpha}, \hat{\beta}$) converge vers sa vraie valeur si les variables sont cointégrées. Stock (1987) a montré que la vitesse de convergence était plus rapide que dans le cas usuel ($\frac{1}{T}$ au lieu de $\frac{1}{\sqrt{T}}$) : l'estimateur est super convergent. Si les variables sont cointégrées, alors on estime le modèle à correction d'erreur.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. | **	. | **	1	0.318	0.318	2.2347	0.135
. | ***	. | ***	2	0.412	0.346	6.2119	0.045
. | *	. | .	3	0.182	-0.017	7.0375	0.071
. | **	. | **	4	-0.076	-0.320	7.1898	0.126
. | **	. | ***	5	-0.269	-0.362	9.2581	0.099
. | **	. | .	6	-0.238	-0.001	10.995	0.089
. | ***	. | .	7	-0.368	-0.011	15.491	0.030
. | **	. | .	8	-0.275	-0.032	18.239	0.020
. | **	. | *	9	-0.258	-0.150	20.902	0.013
. | *	. | .	10	-0.132	-0.053	21.672	0.017
. | *	. | .	11	-0.069	0.007	21.907	0.025
. | .	. | .	12	0.008	-0.044	21.911	0.039

Tableau 1.51 : Corrélogramme du résidu du modèle retenu

Le corrélogramme montre que le résidu estimé est stationnaire en niveau, c'est-à-dire I(0). Ce qui laisse entrevoir une cointégration entre le PIB, I(1) et la trafic, LTAY, I(1), devant être confirmée par le test de PP.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RESIDTAY(-1)	-0.679858	0.237939	-2.857285	0.0114
C	0.000164	0.009577	0.017163	0.9865
R-squared	0.337860	Mean dependent var		0.000742
Adjusted R-squared	0.296476	S.D. dependent var		0.048432
S.E. of regression	0.040623	Akaike info criterion		-3.464538
Sum squared resid	0.026403	Schwarz criterion		-3.365608
Log likelihood	33.18084	F-statistic		8.164078
Durbin-Watson stat	2.183778	Prob(F-statistic)		0.011408

Tableau 1.52 : Test de PP sur le résidu, avec constante

RESIDTAY(-1)	-0.679944	0.230785	-2.946224	0.0090
R-squared	0.337848	Mean dependent var		0.000742
Adjusted R-squared	0.337848	S.D. dependent var		0.048432
S.E. of regression	0.039410	Akaike info criterion		-3.575631
Sum squared resid	0.026404	Schwarz criterion		-3.526166
Log likelihood	33.18068	Durbin-Watson stat		2.183506

Tableau 1.53 : Test de PP sur le résidu, sans tendance et sans constante

Le test de PP sur le résidu atteste que LTAY et PIB sont cointégrées au seuil de 1%, $(-2,98 < -2,71)$.
Ce qui confirme le caractère non fallacieux et la robustesse de cette régression.

L'hypothèse de cointégration étant acceptée, nous passons à la seconde étape de la procédure d'Engle et Granger en estimant le Modèle à Correction d'Erreur (MCE).

$$DLTAY_t = -\gamma \hat{z}_{t-1} + \eta DLTAY_{t-1} + \delta DPIB_{t-1} + \varepsilon_t$$

avec $\varepsilon_t \sim BB$ et \hat{z}_{t-1} est le résidu estimé de la relation de long terme retardé d'une période.

$$\hat{z}_{t-1} = LTAY_{t-1} - \hat{\alpha} - \hat{\beta} PIB_{t-1}$$

Ce résidu est tiré de l'estimation du modèle suivant :

$$LTAY_{t-1} = a + b PIB_{t-1} + z_{t-1}$$

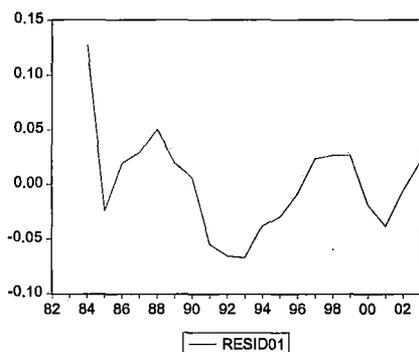
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	7.580659	0.026029	291.2433	0.0000
C(2)	3.03E-08	5.14E-09	5.893008	0.0000
R-squared	0.658622	Mean dependent var	7.721100	
Adjusted R-squared	0.639657	S.D. dependent var	0.077972	
S.E. of regression	0.046805	Akaike info criterion	-3.191004	
Sum squared resid	0.039433	Schwarz criterion	-3.091431	
Log likelihood	33.91004	Durbin-Watson stat	0.938170	

Tableau 1.54 : Estimation du trafic retardé

L'estimation du trafic retardé d'une période, nous donne le modèle significatif suivant :

$$LTAY_{t-1} = 7,58 + 3,03 \cdot 10^{-8} PIB_{t-1}$$

(291,24) (5,89)



Graphique 1.11 : Représentation du résidu retardé

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.425302	0.241252	-1.762896	0.0983
C(2)	3.09E-08	1.72E-08	1.799931	0.0920
C(3)	-0.319238	0.249914	-1.277389	0.2209
R-squared	0.162016	Mean dependent var	0.011167	
Adjusted R-squared	0.050285	S.D. dependent var	0.034944	
S.E. of regression	0.034054	Akaike info criterion	-3.770717	
Sum squared resid	0.017395	Schwarz criterion	-3.622322	
Log likelihood	36.93645	Durbin-Watson stat	1.443200	

Tableau 1.55 : Estimation du Modèle à Correction d'Erreur

Le modèle à correction d'erreur entre le trafic et le PIB est alors :

$$DLTAY_t = -0,425z_{t-1} - 0,319DLTAY_{t-1} + 3,09 \cdot 10^{-8} DPIB_{t-1}$$

(1,76) (0,25) (1,80)

Proposition :

La modélisation du taux de croissance du trafic en fonction du résidu de la période précédente, du PIB et du trafic retardés d'une période, montre que le coefficient lié à la force de rappel est négatif (-0,425) et significativement différent de zéro, au seuil de 10%. Il existe donc bel et bien un mécanisme de correction d'erreur, de sorte qu'à long terme, les déséquilibres entre le niveau de trafic et le PIB se compensent, pour avoir une évolution similaire.

Le test de causalité de Granger

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Probability
LNPIB does not Granger Cause lnTAY	19	23.9786	3.0E-05
LNTAY does not Granger Cause lnPIB		0.27544	0.76326

Tableau 1.56 : Test de Causalité de Granger

L'hypothèse nulle selon laquelle le PIB ne cause pas le niveau de trafic est rejeté au seuil de 1%.

Le test de causalité de Granger atteste d'une très forte influence du PIB sur le niveau de trafic en ce qui concerne l'axe Abidjan – Yamoussoukro. Par contre les résultats attestent de ce que le niveau de trafic ne cause pas le PIB.

Les résultats sont systématiquement opposés, en ce qui concerne les axes Abidjan – Grand-Bassam et Abidjan – Yamoussoukro.

Remarque :

Nous venons à conclure que l'Autoroute du Nord et la Voie Express Abidjan - Grand-Bassam, sont deux routes significativement opposées du point de vue géographique que du point de vue économétrique.

2.4 Estimation des modèles du trafic sur les axes Abidjan – Abengourou et Abidjan – Dabou

Compte tenu des particularités de chaque axe, nous nous sommes également intéressé aux axes Abidjan – Abengourou et Abidjan – Dabou.

2.4.1. Détermination du modèle d'évolution du trafic sur l'axe Abidjan - Abengourou

Le modèle de prévision du trafic sur l'axe Abidjan – Abengourou est basé sur l'évolution du PIB et de la population.

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	7.835688	0.065296	120.0018	0.0000
C(2)	2.92E-12	4.04E-13	7.243032	0.0000
R-squared	0.734123	Mean dependent var		8.274832
Adjusted R-squared	0.720129	S.D. dependent var		0.209984
S.E. of regression	0.111087	Akaike info criterion		-1.466609
Sum squared resid	0.234467	Schwarz criterion		-1.367130
Log likelihood	17.39939	Durbin-Watson stat		0.457883

Tableau 1.57 : Estimation de l'évolution du trafic par la population

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	7.858840	0.046761	168.0627	0.0000
C(2)	9.17E-08	9.40E-09	9.754378	0.0000
R-squared	0.833549	Mean dependent var		8.274832
Adjusted R-squared	0.824789	S.D. dependent var		0.209984
S.E. of regression	0.087895	Akaike info criterion		-1.934945
Sum squared resid	0.146787	Schwarz criterion		-1.835466
Log likelihood	22.31692	Durbin-Watson stat		0.743499

Tableau 1.58 : Estimation de l'évolution du trafic par le PIB

Le meilleur modèle est le modèle qui prend en compte le PIB comme variable explicative du niveau du trafic sur l'axe Abidjan – Abengourou.

$$\ln TAA = 7.859 + 9.17.10^{-8}PIB$$

(168,06) (9,75)

Ce qui correspond à la forme fonctionnelle de type exponentielle suivante :

$$TAA = 2588 \cdot e^{9.1710^{-8} \cdot PIB}$$

avec :

$$2588 = \exp(7,859)$$

Ce résultat n'est pas surprenant, dans la mesure où la région d'Abengourou reste une région agricole importante, notamment dans la production de café, cacao, banane, etc. Les insuffisances du modèle restent la non disponibilité de données sur le niveau de richesse produite par ville.

2.4.2. Détermination du modèle d'évolution du trafic sur l'axe Abidjan - Dabou

Nous estimons l'évolution du niveau de trafic par ici également par le biais du PIB et des populations.

L'évolution du trafic sur l'axe Abidjan – Dabou est donnée par les résultats suivants :

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	7.300437	0.116918	62.44041	0.0000
C(2)	3.59E-12	9.86E-13	3.642536	0.0017
R-squared	0.411183	Mean dependent var		7.687993
Adjusted R-squared	0.380192	S.D. dependent var		0.282144
S.E. of regression	0.222126	Akaike info criterion		-0.080751
Sum squared resid	0.937459	Schwarz criterion		0.018727
Log likelihood	2.847885	Durbin-Watson stat		0.343851

Tableau 1.59 : Estimation de l'évolution du trafic par rapport aux populations

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	7.203388	0.094110	76.54202	0.0000
C(2)	1.07E-07	1.89E-08	5.646162	0.0000
R-squared	0.626566	Mean dependent var		7.687993
Adjusted R-squared	0.606912	S.D. dependent var		0.282144
S.E. of regression	0.176895	Akaike info criterion		-0.536126
Sum squared resid	0.594546	Schwarz criterion		-0.436647
Log likelihood	7.629321	Durbin-Watson stat		0.499296

Tableau 1.60 : Estimation de l'évolution du trafic par rapport au PIB

Si le second modèle apparaît meilleur, les statistiques de Durbin Watson cachent mal le caractère fallacieux des modèles. Le PIB a lui seul, tout comme les populations d'Abidjan et de

Dabou ne semblent être des déterminants assez puissants pour expliquer le niveau de trafic. Nous nous intéressons donc au modèle prenant en compte le niveau du PIB et les populations.

Les résultats qui sont répertoriés dans le tableau ci-dessous confirment une nette amélioration du modèle.

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	6.014030	2.158105	2.786719	0.0122
C(2)	1.052492	0.194968	5.398282	0.0000
C(3)	-0.567627	0.175543	-3.233542	0.0046
R-squared	0.711281	Mean dependent var		7.687993
Adjusted R-squared	0.679201	S.D. dependent var		0.282144
S.E. of regression	0.159804	Akaike info criterion		-0.698173
Sum squared resid	0.459672	Schwarz criterion		-0.548956
Log likelihood	10.33082	Durbin-Watson stat		0.870547

Tableau 1.61 : Estimation de l'évolution du trafic par le PIB et les populations

$$\ln(T_{ad}) = 6,14 + 1,05 \ln PIB - 0,57 \ln(P_a P_d)$$

$$(2,78) \quad (5,39) \quad (3,23)$$

on a :

$$TAD = 464 PIB^{1,05} (P_a P_d)^{-0,57}$$

avec :

$$464 = \exp(6,14)$$

La statistique de DW est meilleure dans ce modèle, toutefois le coefficient négatif de la population fait que cette variable ne peut constituer un facteur explicatif pertinent à long terme. Ce résultat est lié à la forme en U, avec une tendance décroissante, puis croissante du trafic sur la période de l'étude. Cette situation peut s'expliquer par le fait que sur la période, la croissance des populations s'est traduite par une plus grande sédentarisation des populations de Dabou et/ou une expansion des résidences à la périphérie d'Abidjan, plutôt qu'en banlieue, dont Dabou.

CONCLUSION

Conformément à la théorie économique, les niveaux de PIB et de la population constituent des facteurs explicatifs significatifs du niveau de trafic interurbain. Concernant, les axes Abidjan – Abengourou et Abidjan – Yamoussoukro, axes qui jouent un rôle de premier plan dans les échanges économiques en Côte d’Ivoire, le PIB s’est révélé être le facteur explicatif déterminant du niveau de trafic sur ces axes. Pour ce qui est de l’axe Abidjan – Grand-Bassam, la mobilité des populations n’étant pas directement liée à des activités économiques (distractions, loisir, etc.), le niveau de population s’est avéré la variable explicative la plus significative. L’axe Abidjan – Dabou quant à elle, supporte un trafic dont les motifs de mobilité sont essentiellement dus à la Résidence et au transport de biens (Palmier à huile, hévéa, manioc, etc.). C’est en toute logique que le niveau de population et le PIB se sont illustrés comme facteurs explicatifs du niveau de trafic. Les relations établies dans le cadre de la modélisation de la prévision de trafic, sont significatives et stables à long terme. Si les statistiques sur les modèles élaborés attestent de leur pertinence, force est de reconnaître, qu’ils pêchent par endroit, par manque de données économiques spécifiques³⁰ sur chaque ville.

³⁰ La production nationale ou le revenu national ne procède pas d’une répartition de la richesse selon les villes.

CHAPITRE II : ANALYSE DE LA DEMANDE DE TRANSPORT INTERURBAIN

INTRODUCTION

L'infrastructure routière, certes, ne constitue pas un bien final, mais demeure une demande dérivée qui est un maillon essentiel du système productif, en reliant les centres de production et les marchés. Elle demeure un facteur de croissance économique et de développement. En effet, elle permet le bon fonctionnement et le développement des secteurs productifs tels que l'agriculture, le commerce, l'industrie et le tourisme, sans oublier ses effets favorables sur l'intégration régionale. Aussi, permet-elle de répondre aux besoins sociaux des populations rurales et urbaines en matière d'éducation, d'emploi, de santé et sur le plan culturel.

Les déterminants de la demande de voyage constituent un facteur important de l'analyse du comportement des usagers de la route. Pourquoi voyagent-ils ? Et quels sont les facteurs susceptibles d'influencer significativement le comportement des voyageurs. Déterminer ce qui pousse ou dissuade à voyager peut permettre de mettre en œuvre une politique efficace en matière d'accroissement de la demande de voyage et donc de la viabilité des projets de mise à péage des routes. Ce chapitre vise à révéler les facteurs qui ont une incidence significative sur le comportement des usagers, et le niveau de trafic sur le réseau routier interurbain ivoirien. Nous nous intéressons aux déterminants socioculturels, en matière de mobilité des populations vivants en Côte d'Ivoire, ainsi qu'aux déterminants d'ordre macroéconomiques qui oriente les grandes tendances du trafic interurbain.

La connaissance de la demande interurbaine est essentielle dans la mise en œuvre des infrastructures routières. Elle permet une bonne prévision des recettes attendues, mais, également de savoir comment orienter cette demande, sur la base de ce qui motive le choix des individus et des caractéristiques de la demande de voyage.

I. LES DETERMINANTS DE LA DEMANDE INDIVIDUELLE DE VOYAGE EN INTERURBAIN

1. Analyse du choix de mobilité de l'utilisateur

La demande de transport, tout comme celle des autres biens, est fondée sur la théorie du consommateur, dont nous rappelons ici les grands principes, pour une meilleure compréhension du modèle sur les trafics.

1.1. La maximisation de la fonction d'utilité du consommateur - usager

Le consommateur qui est supposé rationnel, cherche sa satisfaction maximale à partir de sa fonction d'utilité connue et de son revenu. On fait l'hypothèse que sa fonction d'utilité est définie à une fonction continue, monotone croissante près, et concave ou quasi-concave.

1.1.1 Approche classique de la théorie du consommateur

Le programme du consommateur se présente alors sous la forme :

$$\max_x [U(x_1, x_2, \dots, x_n)]$$

sous la contrainte :

$$\sum_{i=1}^n p_i x_i \leq R$$

La résolution de ce problème d'optimisation se fait en utilisant le Lagrangien :

$$L(x, \lambda) = U(x_i)_{i=1, \dots, n} - \lambda \left(\sum_{i=1}^n p_i x_i - R \right)$$

λ étant la variable duale associée à ce programme.

Les solutions de ce programme, qui correspondent aux demandes en chaque bien consommé, sont définies en fonction des prix et du revenu.

$$x_i^* = x_i(P_i, R)_{i=1, \dots, n}$$

La valeur de l'utilité maximale du consommateur est donnée par :

$$U_{\max} = U(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$$

On remarque que l'utilité maximale, à partir de la relation précédente, est donc fonction des prix et du revenu. Elle est noté V , et appelée fonction d'utilité indirecte.

On a :

$$V = V(P_i, R)_{i=1, \dots, n}$$

Avec :

$$\lambda = \frac{\partial V}{\partial R}$$

λ n'est donc rien d'autre que l'utilité marginale du revenu.

1.1.2 La maximisation de la fonction d'utilité et choix discret

Dans le cas de la demande de transport, et plus précisément en ce qui concerne le choix de mode ou de l'itinéraire, le consommateur se trouve dans une situation de choix finis, s'excluant mutuellement. Et ce, contrairement au cas classique de la théorie du consommateur, où ce dernier fait face à une combinaison de paniers de biens. Ici, la seule combinaison possible, correspond à un choix hiérarchique entre modes et itinéraires.

En effet, le consommateur ne peut bénéficier à un instant donné que de l'un des moyens de déplacement ou de l'une des infrastructures de transport. Il ne peut alors consommer que l'un des biens (de transport). Sa fonction d'utilité n'est donc plus continue et différentiable en ses composantes. Dans ce cas, tout se passe comme s'il avait plusieurs fonctions d'utilité. Notons z_0 l'ensemble des autres biens autre que les services et biens de transport. Si le consommateur fait face à k choix, $k = 1, \dots, K$, l'utilité prend alors K valeurs.

$$U_k = U(z_0, 0, \dots, 1, \dots, 0)_{k=1, \dots, K}$$

Où 1 est précisément à la $k^{\text{ème}}$ colonne de la fonction d'utilité.

En général, l'individu fait face à 2 ou 3 choix. S'il fait face à deux choix (train et voiture, transport en commun et voiture particulière, minicar et autocar, route et autoroute, par exemple), on a :

$$U_1 = U(z_0, 1, 0)$$

Et :

$$U_2 = U(z_0, 0, 1)$$

Si le consommateur a trois options qui s'offrent à lui (avion, train, et voiture ; voiture particulière, autocar et minicar ; autoroute, route 1 et route 2, par exemple), on a :

$$U_1 = U(z_0, 1, 0, 0)$$

$$U_2 = U(z_0, 0, 1, 0)$$

$$U_3 = U(z_0, 0, 0, 1)$$

L'approche classique, de la maximisation de l'utilité du consommateur, en la dérivant par rapport à ses composantes, n'est donc plus appropriée. A ce sujet, on peut lire « *Par ce que dans cet exemple, on fait face à un choix discret, il n'est plus possible d'utiliser les techniques de maximisation consistant à calculer la fonction de demande dérivée. Ainsi, la représentation discrète de l'ensemble des alternatives nécessite une approche analytique différente. Nous conservons le concept de rationalité du consommateur. La seule différence entre la théorie des choix discrets et la théorie du comportement du consommateur est qu'au lieu de dériver les fonctions de demande, nous travaillons directement avec les fonctions d'utilité.* » (Ben-Akiva et Lerman, 1985).

Avant d'aborder, véritablement, la théorie du consommateur dans le cadre de son application au transport, intéressons nous au cas de la fonction d'utilité quasi-concave ou « quasi-linéaire ». Considérons le cas de trois biens. L'utilité du consommateur est fonction d'un bien composite x_0 dont le prix est normalisé à l'unité (numéraire), et de deux autres biens sur lesquels porte l'analyse. On a :

$$U = x_0 + u(x_1, x_2)$$

Le programme du consommateur est alors :

$$\max_x [U(x_0, x_1, x_2)]$$

Sous la contrainte :

$$x_0 + p_1 x_1 + p_2 x_2 = R$$

Le Lagrangien associé au programme est :

$$L = U(x_0, x_1, x_2) - \lambda(x_0 + p_1 x_1 + p_2 x_2 - R)$$

Les solutions sont alors :

$$x_1^* = x_1(p_1, p_2)$$

$$x_2^* = x_2(p_1, p_2)$$

$$x_0^* = R - p_1 x_1^* - p_2 x_2^*$$

$$\lambda = 1$$

On constate qu'en dehors de la demande du bien composite 0, les demandes en bien 1 et 2 ne dépendent pas du revenu, mais des prix de ces deux biens. L'utilité marginale du revenu étant égale à l'unité. Loin d'être de la pure théorie, nous pensons que c'est ce qui se passe dans la réalité lorsque la décision d'achat ne vise pas des quantités considérables ou des biens dont les prix sont relativement élevés. Le cas inverse peut être également considéré, c'est-à-dire où le niveau revenu est très élevé, de sorte que le consommateur n'y prête pas attention, ses choix s'opérant à partir des prix observés. On entend bien souvent la réflexion « si le prix est intéressant, je prends » qui n'a pas nécessairement la signification « si mon revenu ou l'argent dont je dispose le permet, j'achète ». En général, face à un choix immédiat à opérer l'on fait bien référence aux prix, plutôt qu'au revenu. S'il est aussi vrai que la quantité achetée dépend du revenu, il en est d'autant moins vrai que le choix, du revenu. Le choix en général dépend des prix et de certaines caractéristiques³¹ des biens et des services. Et ce, en dehors des grands choix qui sont bien souvent des déclinaisons du cycle de vie. Par exemple, le choix entre voiture personnelle et transport collectif, changement de domicile, etc. chez les individus. Ce phénomène est beaucoup plus observé à court terme, l'ajustement par rapport au revenu se faisant à long terme. Nous pensons que cela pourrait être l'une des explications des dépassements budgétaires ou des situations d'endettement momentané, et non le fait d'une irrationalité des individus. C'est dans ce sens que l'évaluation de la disposition à payer des usagers, dans le cadre de la mise à péage des services d'utilité publique tels que les infrastructures autoroutières est importante.

La fonction d'utilité indirecte qui se déduit, en remplaçant les demandes dans la fonction d'utilité ordinaire, est de la forme :

$$V(p_1, p_2, R) = R + v(p_1, p_2)$$

Revenons à la situation du consommateur en face d'infrastructures ou services de transport. Ses choix, comme nous l'avons indiqué, correspondent à des fonctions d'utilité de type discret (McFadden, 2000). Sa satisfaction dépend de la consommation des biens et services de transport et

³¹ Pour Lancaster la demande du consommateur est essentiellement fonction des caractéristiques des biens, plutôt qu'à toute autre chose.

des autres biens, représentés par le bien composite z_0 , pris comme numéraire, son prix étant donc normalisé à l'unité.

S'il fait face à un choix portant sur deux modes de transport ou deux itinéraires 1 et 2, avec des prix respectifs p_1 et p_2 , alors ses fonctions d'utilités sont :

$$U_1 = U(z_0, 1, 0)$$

$$U_2 = U(z_0, 0, 1)$$

Et les fonctions d'utilité indirectes associées :

$$V_1 = V(p_1, R)$$

et

$$V_2 = V(p_2, R)$$

1.2. Déterminants de la demande, aléas et choix probabiliste

Il est clair que le choix de l'utilisateur ne dépend pas seulement des prix d'accès aux biens et services de transport (péage et ticket de voyage ou de fret), mais bien d'autres paramètres, tels le temps (porte à porte³²) lié au trajet, le coût d'utilisation du véhicule (carburant, huile), ainsi que des facteurs comme la qualité ou le confort.

1.2.1 Facteurs explicatifs et fonctions d'utilités aléatoires

Tous les coûts supportés par l'utilisateur sont placés sous le vocable coût généralisé, et peuvent être approximés par un péage moyen, qui est de fait, le coût généralisé moyen. Il peut être calculé par mode, par itinéraire ou les deux à la fois. En ce qui concerne la *qualité*, que Bonnafous et Baumstark (1998) appréhendent comme « *dépendant de deux facteurs, le nombre d'utilisateurs sur l'infrastructure (niveau de demande) et le niveau d'investissement* ». Ils précisent par ailleurs que la qualité est plus ou moins valorisée par les différents usagers. Cette approche nous paraît ingénieuse, dans la mesure où elle permet de donner un contenu réel au concept de *qualité* qui est une notion plus ou moins subjective, et donc assez difficile à mesurer.

³² Au temps de parcours, il faut adjoindre les temps d'accès domiciles - gares, ou domiciles - points de référence origine et destination.

En effet, un niveau optimal d'investissement et un péage adéquat permettent d'éviter les problèmes de congestion, et autres distorsions comme les ralentissements de précaution ou chocs liés aux cassis et nids de poule, les virages dangereux, et certains accidents. L'objectif étant, comme le précise ces deux auteurs, « *dégager le maximum de surplus disponible sur l'infrastructure* ». La qualité de service est de fait pris en compte par le péage optimal, et ne saurait de ce fait être intégré indépendamment dans le coût généralisé, au risque d'une double comptabilité. Elle est également, en partie, prise en compte par le temps de parcours, qui s'allonge à cause des phénomènes ci-dessus mentionnés.

Afin de lever toute ambiguïté, une enquête de préférence déclarée conduit à la détermination de la valeur que l'utilisateur accorde à la qualité. Il en est de même pour le confort, qui reste tout de même une notion un peu subjective et polysémique. Il porte sur les facteurs que nous venons d'évoquer en ce qui concerne la qualité, et fait intervenir de façon spécifique, des caractéristiques comme les stations d'essence, les boutiques, les airs de stationnement, l'aménagement du paysage, les autos phones, l'absence de secousses, d'arrêts et contrôles intempestifs dus aux barrages routiers.

De toute évidence, en dehors des coûts généralisés connus, un certain nombre de facteurs, a priori, mal connus, peuvent déterminer le choix de l'utilisateur.

Le modèle classique de la théorie du consommateur n'explique pas pourquoi lorsque les individus se trouvant dans des conditions similaires pour la satisfaction d'un même besoin, opèrent des choix différents. C'est ce à quoi répond la théorie des choix discrets, en incluant un facteur aléatoire dans l'utilité de chaque individu.

Les modèles à utilité aléatoire s'inscrivent dans la tradition néoclassique des choix, conformément à l'approche "psychophysique" de Thurstone, selon laquelle l'individu « fluctue » lors du processus d'évaluation des attributs associés aux actions possibles. En d'autres termes, l'individu opère des classements différents selon le contexte de choix, autrement dit il n'optera pas toujours pour la même action, même s'il est confronté à un ensemble de choix identique dans le temps. En clair, avec le même revenu, les mêmes modes de transport, les mêmes contraintes de temps, etc., une personne n'opérera pas toujours le même choix. Son choix peut changer d'un moment à l'autre, à la vue d'une personne, après un coup de fil, selon son état de santé, et même son humeur, etc.

Avec les règles de décision stochastique, l'individu n'opte pas nécessairement l'action qui lui procure l'utilité maximale, il a une probabilité "positive" de choisir les différentes actions possibles, conformément au principe de la rationalité limitée.

Les fonctions d'utilité indirectes stochastiques de l'utilisateur i (Quinet, 1998), selon qu'il décide le train ou la voiture sont données respectivement par :

$$V_A^i = \underbrace{r + v_A(P_A, t_A)}_{\text{partie déterministe}} + \underbrace{\varepsilon_A^i}_{\text{partie aléatoire}}$$

$$V_R^i = \underbrace{r + v_R(P_R, t_R)}_{\text{partie déterministe}} + \underbrace{\varepsilon_R^i}_{\text{partie aléatoire}}$$

Ces fonctions d'utilité indirectes, dépendent des variables aléatoires liées au goût plus ou moins prononcé pour le confort et la sûreté ou pour le risque et l'absence de monotonie du trajet.

1.2.2 Analyse des choix probabilistes de l'utilisateur

On perçoit bien que l'utilisateur, qu'il soit transporteur ou pas, va choisir son mode ou son itinéraire en fonction des coûts généralisés qu'il supporte par rapport à chaque choix. Son utilité indirecte dépend de son revenu r , du péage (officiel) ou clandestin, du ticket de voyage et du temps qu'il y met pour atteindre sa destination, mais aussi d'autres caractéristiques de qualité et de confort. Il sera d'autant plus heureux qu'il paye un prix raisonnable, ressent moins de secousses (confort) ou se fatigue peu, et met moins de temps, pour une destination donnée. Le terme aléatoire permet de prendre en compte l'incertitude liée à la mesure exacte des déterminants du choix du consommateur (l'utilisateur) qui interviennent dans son utilité. Le choix de l'utilisateur est en réalité mesuré par la perception qu'il a des coûts qu'il supporte de façon directe ou indirecte.

On ne peut alors déterminer a priori le choix de l'utilisateur entre les deux modes, mais plutôt la probabilité d'opter pour l'autoroute ou le rail, ainsi que la proportion d'individus dans la population qui auront une préférence donnée. Un utilisateur quelconque décidera de choisir l'autoroute (la voiture) que si :

$$Pr(A) = Pr(V_A^i \geq V_R^i)$$

ce qui peut se récrire, en fonction des aléas, de la façon suivante :

$$Pr(A) = Pr[(\varepsilon_A^i - \varepsilon_R^i) \geq v_R(P_R, t_R) - v_A(P_A, t_A)]$$

L'utilité indirecte v_A qui n'est rien d'autre que le coût généralisé lié au service transport autoroutier, est donnée par la relation :

$$v_A = \alpha P_A + \beta t_A$$

On a celle correspondant à l'usage du rail est :

$$v_R = \eta P_R + \delta t_R$$

Connaissant v_A et v_R , il nous faut déterminer la loi que suivent ε_A^i et ε_R^i .

Nous supposons que les variables aléatoires ε_A^i et ε_R^i sont indépendantes et suivent une distribution de Weibull, c'est-à-dire une loi de Gumbel de paramètres (μ, m) (Ben-Akiva et Lerman, 1985). La loi de Gumbel est donnée par :

$$P_r(\varepsilon) = \exp(-\exp(-\mu(x-m)))$$

permet d'aboutir au modèle logit (Quinet, 1998). La moyenne de cette loi est $\left(m + \frac{\gamma}{\mu}\right)$ et sa variance $\sigma^2 = \frac{\pi^2}{6\mu^2}$, γ étant la constante d'Euler ($\gamma = 0,577\dots$)

La loi de Gumbel est un cas particulier de la loi des valeurs extrême généralisée :

$$F(\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n) = \exp(-G(\exp(-\varepsilon_1), \dots, \exp(-\varepsilon_n)))$$

où G est définie par les propriétés sous dessous :

- fonction positive ;
- fonction homogène de degré μ ;
- fonction dont la $N^{\text{ième}}$ dérivée partielle est non négative si N est impair, et non positive si N est pair.

Les aléas suivent alors les lois suivantes :

$$P_r(1) = \frac{\exp(\nu_1 G_1'(\exp(\nu_1), \dots, \exp(\nu_n)))}{\mu G(\exp(\nu_1), \dots, \exp(\nu_n))}$$

Les valeurs de temps suivent une loi log-normale³³, les variables aléatoires ε_A^i et ε_R^i suivent par conséquent une loi de Gumbel, de sorte que $\varepsilon = \varepsilon_A^i - \varepsilon_R^i$ suit une loi logistique définie par :

$$P_r(\varepsilon \leq x) = \frac{1}{1 + \exp(-\mu x)}$$

Le choix opéré par l'individu i quant à l'usage de l'autoroute est donc déterminé par :

$$P_r(A) = P_r[\varepsilon \leq v_A - v_R] = \frac{1}{1 + \exp(\mu(v_A - v_R))}$$

ce qui conduit à :

$$P_r(A) = \frac{\exp(\mu v_A)}{\exp(\mu v_A) + \exp(\mu v_R)}$$

La probabilité de choix du rail est alors donnée par :

$$P_r(R) = 1 - \frac{\exp(\mu v_R)}{\exp(\mu v_A) + \exp(\mu v_R)}$$

d'où :

$$P_r(R) = \frac{\exp(\mu v_R)}{\exp(\mu v_A) + \exp(\mu v_R)}$$

Le rapport des deux probabilités nous donne :

$$\frac{P_r(A)}{P_r(R)} = \frac{\exp(\mu v_A)}{\exp(\mu v_R)}$$

En prenant le log on obtient :

$$\ln\left(\frac{P_r(A)}{P_r(R)}\right) = \mu(v_A - v_R)$$

On sait que :

$$v_A = C_{gA}$$

et :

$$v_R = C_{gR}$$

On a alors :

$$\ln\left(\frac{P_r(A)}{P_r(R)}\right) = \mu(C_{gA} - C_{gR})$$

³³ Les revenus élevés suivent une loi de Pareto (C. Abraham et al, 1969), cas de concurrence train - avion. Ici, les revenus observés conduisent à une loi log-normale.

Le choix du mode s'offrant à l'utilisateur ne dépend que de la différence entre les utilités de ces deux alternatives, ou de façon spécifique, de celle de leurs coûts généralisés. C'est la propriété de l'IIA (Indépendance Irrelevant Alternatives), pouvant se traduire par la non pertinence de l'indépendance des alternatives. En effet, l'introduction d'un nouveau mode dans l'un des deux modes, modifie les parts absolues de marché, mais laisse inchangés les parts relatifs des modes, pris deux à deux. Ce qui à l'évidence, n'est pas réaliste, et est connu sur le nom de *paradoxe du bus rouge – bus bleu*. A notre avis, cet état de fait, mis en exergue pour la première fois par Luce, devait porter le nom de *paradoxe de Luce*.

Nous déterminons alors les paramètres des fonctions de coûts généralisés et la répartition du trafic entre l'autoroute et la route.

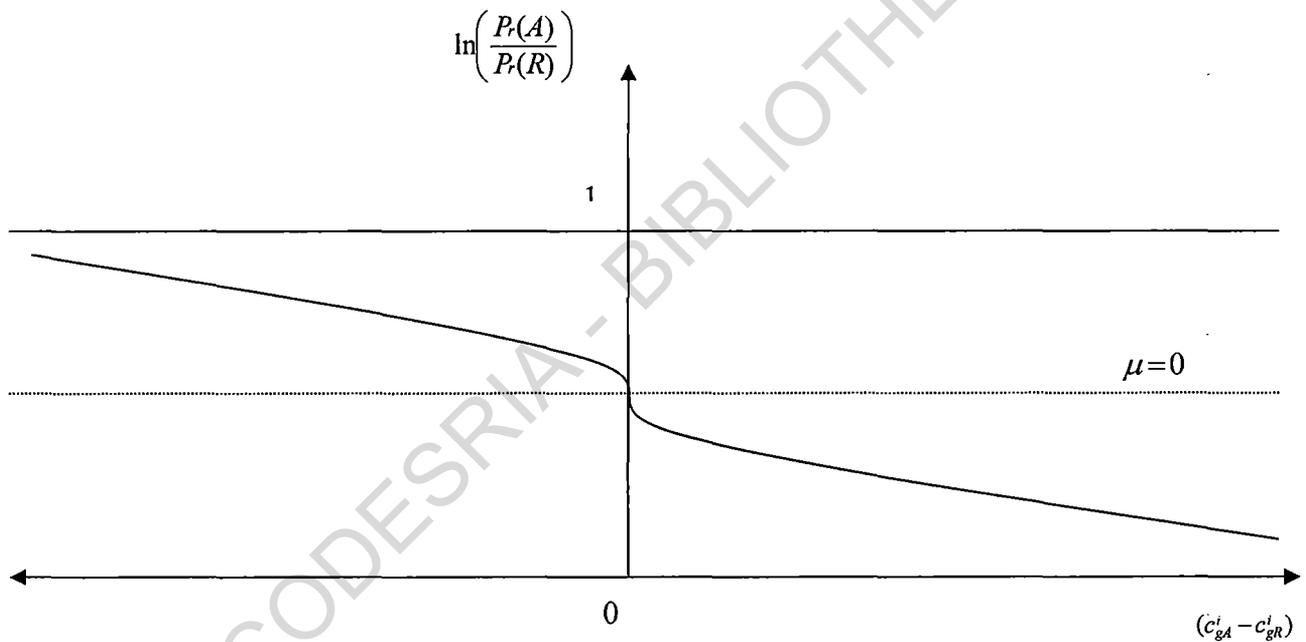


Schéma 2.1 : Répartition logistique de trafic route / autoroute

• **Les Modèles hiérarchiques dans l'analyse du choix des usagers**

- **Choix de l'itinéraire (sous-jacent au mode)**

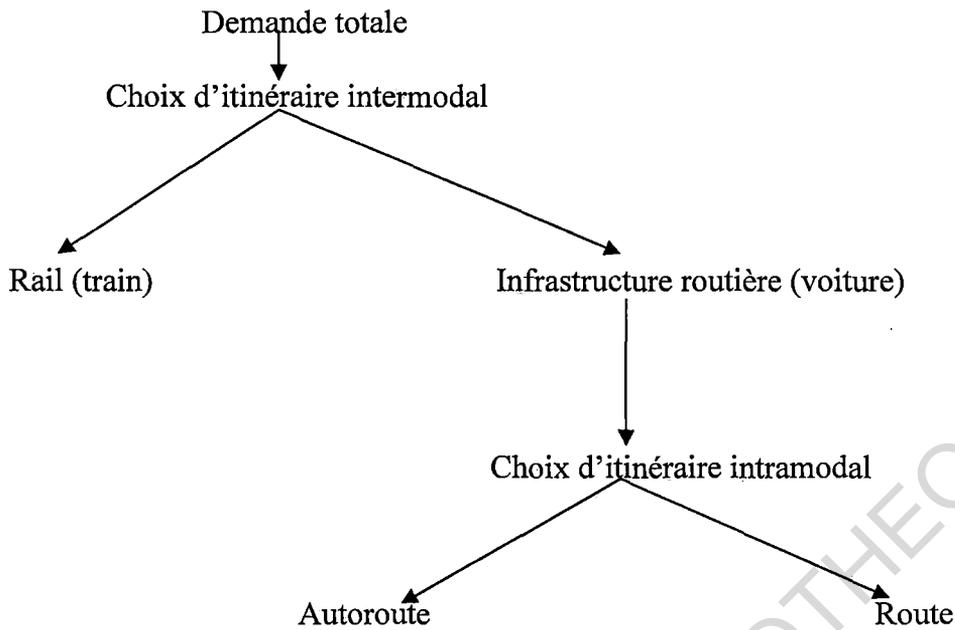


Schéma 2.2 : Le choix d'itinéraire

- **Choix du mode impliquant l'itinéraire**

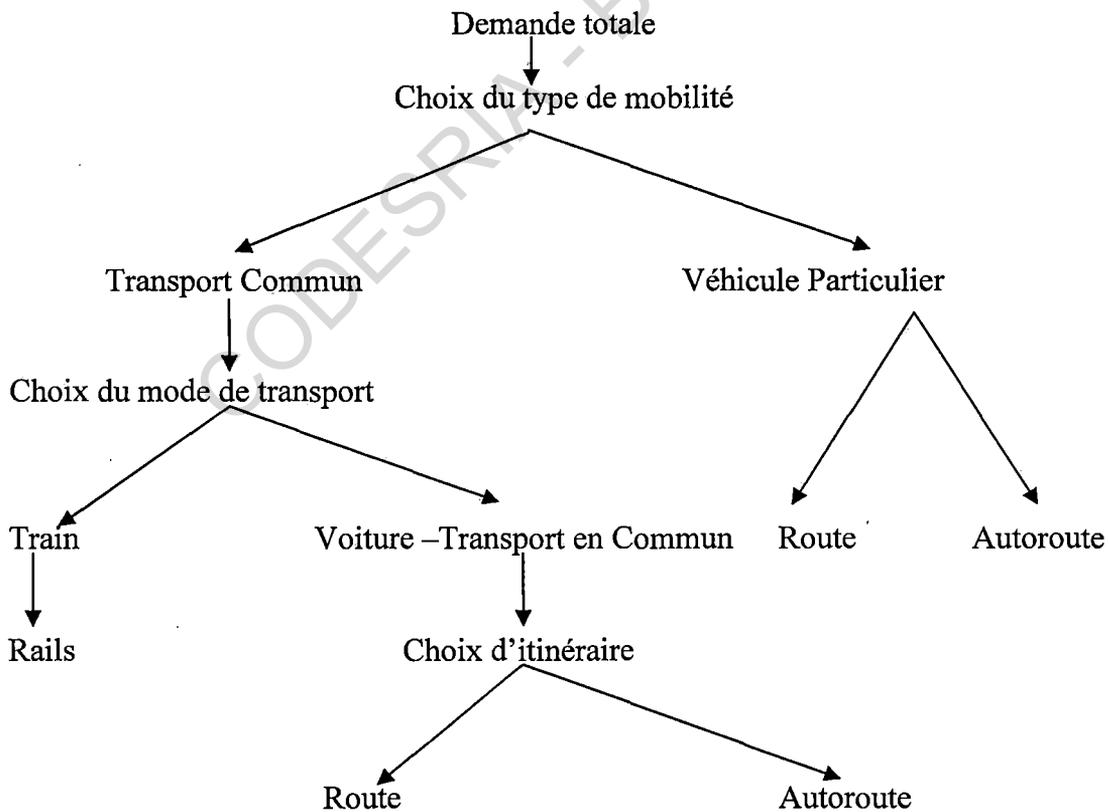


Schéma 2.3 : Le choix du mode

- Choix du mode et de l'itinéraire

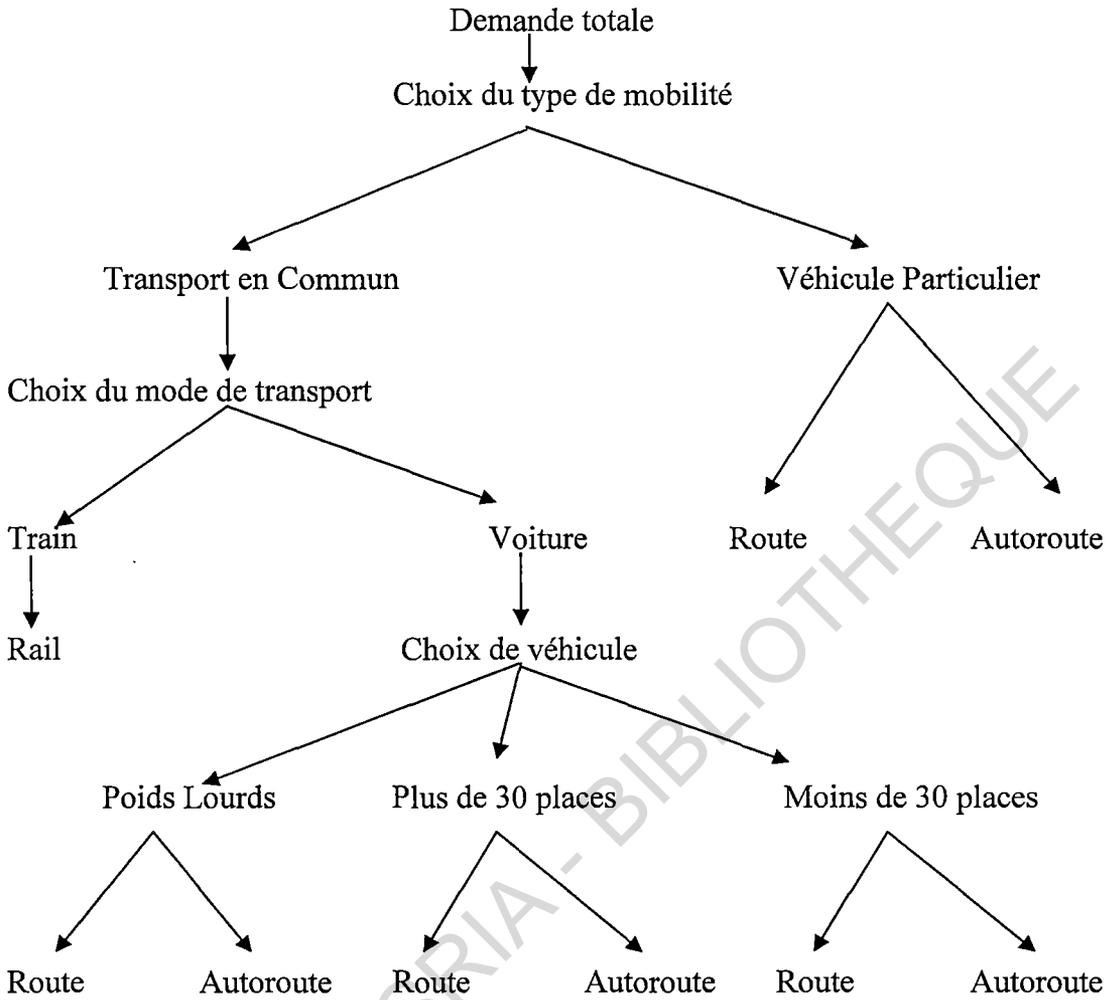


Schéma 2. 4 : Choix modal fin et itinéraire

• Les modèles de choix

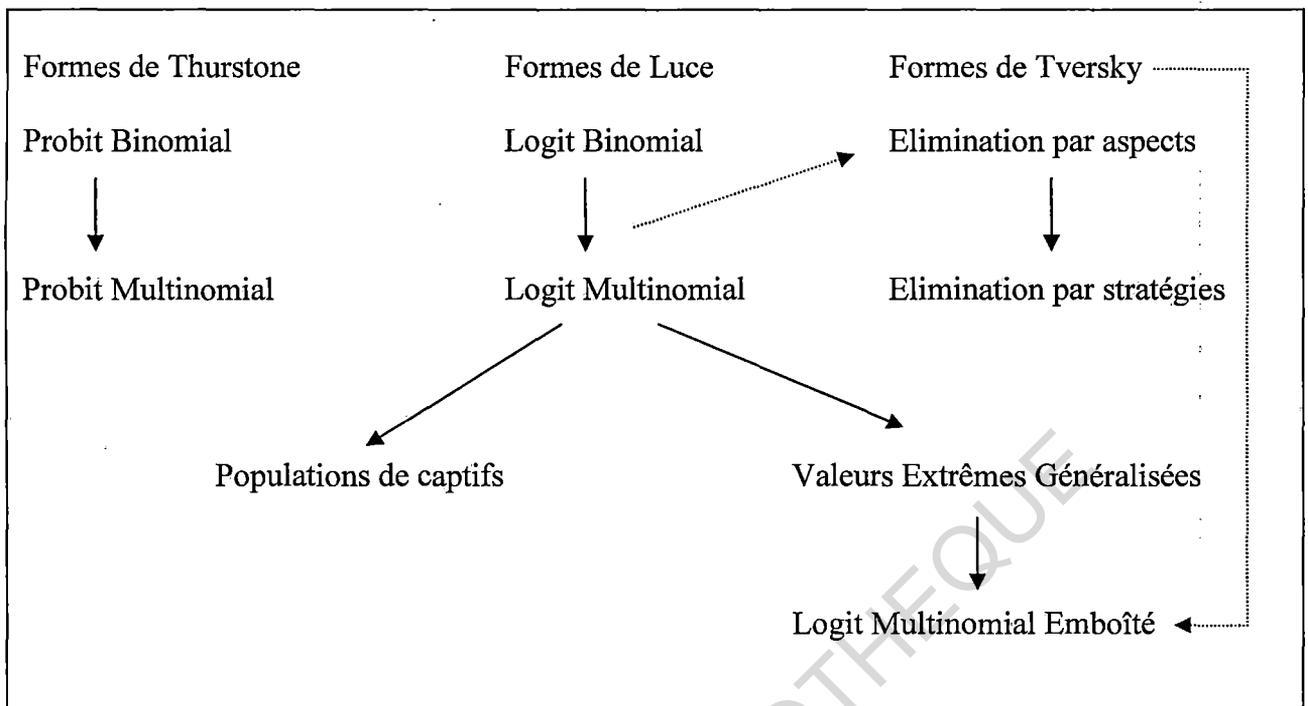


Schéma 2.5 : Typologie des choix discrets

Source : McFaden (1981)

- Le modèle logit multinomial

Si nous faisons l'hypothèse que les termes d'erreurs sont indépendamment et identiquement distribués, hypothèse équivalente à l'hypothèse IIA et que les résidus suivent une distribution de Gumbel, nous obtenons le modèle logit multinomial :

$$P_{n^p_n}(i) = \frac{\exp(V_{in})}{\sum_{j \in J} \exp(V_{jn})}$$

Si la fonction d'utilité est linéaire sur les paramètres, le modèle s'écrit :

$$P_n(i) = \frac{\exp(\beta' X_{in})}{\sum_{j \in J} \exp(\beta' X_{jn})}$$

où :

X_{in} : variables explicatives portant sur les caractéristiques du voyageur et du service de transport

β : vecteur de paramètres à estimer.

- Le modèle logit à paramètres aléatoires

Dans le modèle logit, les coefficients sont constants (fixés pour tous les individus), ils ne peuvent donc pas saisir les effets des caractéristiques des modes utilisés. Pour cela, on peut supposer que certains coefficients sont des variables aléatoires de distribution normale ou spécifique. Dans ce cas, la probabilité de choix peut s'écrire de la façon suivante :

$$P_n(i) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} P_n'(i) f(\beta_{1n}, \dots, \beta_{kn}) d\beta_{1n} \dots d\beta_{kn}$$

avec :

$$P_n'(i) = \frac{\exp(\beta' X_{in})}{\sum_{j \in C_n} \exp(\beta' X_{jn})}$$

où $f(\beta_1, \dots, \beta_k)$ est la fonction de densité des paramètres de la fonction d'utilité individuelle.

Pour la fonction d'utilité :

$$U_i = \alpha P_i + \beta t_i + \varepsilon_i$$

Supposons que le coefficient du temps (valeur du temps) prenne une valeur aléatoire, suivant une distribution normale, la fonction de densité probabiliste de β , est alors :

$$f(\beta) = \frac{1}{\sigma\beta\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\beta-m}{\sigma}\right)^2\right),$$

avec $\beta > 0$

$$P_n(i) = \frac{1}{\sigma\beta\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\exp(\alpha P_i + \beta t_i)}{\sum_{j=1}^J \exp(\alpha P_j + \beta t_j)} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\beta-m}{\sigma}\right)^2\right) d\beta,$$

Bien que ce modèle se base aussi sur l'hypothèse IIA, le fait que les coefficients des attributs peuvent varier parmi les individus, améliore la spécification du modèle logit.

- Le modèle logit emboîté

Afin de résoudre le problème IIA, une solution consiste à hiérarchiser les choix, notamment dans le cas où les alternatives sont corrélées, avec des paramètres fixes.

Le modèle logit emboîté nous permet de reconstituer le choix combiné du mode de transport et de l'itinéraire.

$$U_{im} = V_i + V_m + V_{im} + \varepsilon_i + \varepsilon_m + \varepsilon_{im}$$

Si nous supposons que les termes d'erreurs sont les mêmes pour le mode et la destination, c'est-à-dire $\varepsilon_m = \varepsilon_i = 0$, et que ε_{mi} suit une distribution de Gumbel indépendamment et identiquement distribuée, nous avons un modèle LMN conjoint pour le choix combiné du mode et de l'itinéraire.

$$P_n(m,i) = \frac{\exp(V_m + V_i + V_{mi})}{\sum_{(m',i') \in C_n} \exp(V_{m'} + V_{i'} + V_{mi'})}$$

Cette équation nous permet de dériver facilement les probabilités conditionnelles et marginales. Pour cela, nous définissons les ensembles de choix conditionnels et marginaux des modes et des itinéraires, comme i_n et m_n . En clair, m_n est un sous ensemble des modes inclus dans C_n , et i_n un sous ensemble des itinéraires inclus dans C_n .

Les probabilités marginales s'écrivent alors :

$$P_n(m) = \sum_{i \in i_n} P_n(m,i)$$

$$P_n(i) = \sum_{m \in m_n} P_n(m,i)$$

La probabilité de choisir l'itinéraire i est donnée par :

$$P_n(i) = \frac{\exp(V_i + V_i')}{\sum_{i' \in i_n} \exp(V_{i'} + V_{i'})}$$

La probabilité de choix de l'itinéraire (choix conditionnel) est donné par :

$$P_n(i/m) = \frac{P_n(m,i)}{P_n(i)}$$

$$P_n(i/m) = \frac{\exp(V_i + V_{mi})}{\sum_{i' \in i_n} \exp(V_{i'} + V_{mi'})}$$

Si les termes d'erreurs sont différents pour le mode et l'itinéraire, alors, on utilise soit la modélisation logit emboîté, si l'un des termes d'erreurs est assez petit pour être négligé, soit la modélisation probit.

Supposons que ε_m soit négligeable, et donc de variance nulle, compte tenu du fait que la possibilité de choix en terme de mode de transport reste assez limitée. La fonction d'utilité est alors :

$$U_{im} = V_i + V_m + V_{im} + \varepsilon_i + \varepsilon_{im}$$

En faisant les hypothèses suivantes :

H1 ε_i et ε_{mi} sont indépendants pour tous les $i \in I_n$ et $m \in M_n$,

H2 ε_{mi} suit une distribution de Gumbel i. i. d. de constante μ^m ,

H3 ε_i et $\max_{m \in M_n}(U_{mi})$ suivent une distribution de Gumbel de constante μ^i ,

La probabilité conditionnelle de choisir un itinéraire donné est alors définie de la façon suivante :

$$P_n(i/m) = \frac{\exp(V_i + V_{im}) \cdot \mu^i}{\sum_{j \in I_{nm}} \exp(V_j + V_{mj}) \cdot \mu^j}$$

Où :

$$V_i = \frac{1}{\mu} \ln \sum_{j \in I_{im}} \exp(V_j + V_{mj}) \cdot \mu^j$$

Si on suppose que les termes d'erreurs suivent une distribution normale de moyenne nulle et de matrice variance-covariance Ω (résidus non indépendants), et si on suppose que l'itinéraire i est choisi comme première alternative dans C_n , le modèle probit multinomial a la formulation suivante :

$$P_n(j) = \int_{-\infty}^{\infty} d\varepsilon_{1n} \int_{-\infty}^{X_i \bar{\beta} - X_j \bar{\beta} + \varepsilon_i} d\varepsilon_{2n} \dots \int_{-\infty}^{X_i \bar{\beta} - X_n \bar{\beta} + \varepsilon_i} \phi(\varepsilon_{1n}, \dots, \varepsilon_{jn}, \Omega) d\varepsilon_{jn}$$

où ϕ est la fonction de densité normale multiple de moyenne nulle et de matrice variance-covariance Ω . L'estimation requiert la résolution de l'intégrale multiple d'ordre J_{n-1} (J_n nombre d'alternatives (itinéraires)).

Si la composante déterministe de la fonction d'utilité est linéaire sur les paramètres, on peut introduire des paramètres aléatoires dans le modèle probit. Dans ce cas, les paramètres aléatoires peuvent être exprimés par $\beta_n = \beta + \varphi_n$, où φ_n est un vecteur définissant la différence entre le paramètre de l'itinéraire utilisé n et la valeur moyenne des paramètres. Ainsi, la fonction d'utilité s'écrit :

$$u_{in} = \beta_n' X_{in} + \varepsilon_{in}$$

D'où :

$$u_{in} = \beta_n' X_{in} + (\varphi_n' X_{in} + \varepsilon_{in})$$

Nous savons que ε_n suit une distribution normale, si φ_n suit une distribution normale multivariée de moyenne nulle et de variance-covariance Ω_φ , la combinaison linéaire $\varepsilon_{in}^* = \varepsilon_{in} + \varphi_n' X_{in}$ suit en conséquence une distribution normale de moyenne nulle et de matrice variance-covariance $\Omega_\varepsilon + X_n' \Omega_\varphi X_n$. On s'aperçoit donc que dans le modèle PMN, la linéarité de la fonction d'utilité sur les paramètres permet d'introduire une distribution normale des paramètres comme dans le cas du modèle LMN à paramètres aléatoires.

Le modèle probit exige que la distribution des paramètres suive une loi normale, alors que le modèle logit à paramètres aléatoires n'impose a priori aucune forme de distribution aléatoire. Le modèle logit à paramètres aléatoires s'avère donc plus souple que le modèle probit.

• Les élasticités

Aussi bien que les élasticités jouent un rôle important dans l'approche classique de l'analyse des comportements des individus face au changement de certaines variables socio-économiques, elles sont très utiles dans l'analyse des choix des individus.

Comme nous l'avons définie dans la section 1 du chapitre 1, cette grandeur sans unité, permet de mesurer l'incidence de la variation d'une grandeur donnée sur la variable spécifique à laquelle l'on s'intéresse. Le tableau que nous présentons ci-dessous donne les élasticités directes de quelques fonctions usuelles :

Type de fonction	Forme fonctionnelle y(x)	Elasticité directe $\varepsilon_{y/x} = \frac{\partial y}{\partial x} \cdot \frac{x}{y}$
Linéaire	$y=ax+b$	$\frac{1}{1+b/ax}$
Log-linéaire	$\ln y=ax+b$	ax
Log-log	$\ln y=a \ln x+b$	a
Puissance	$y=ax^b$	b
Exponentielle	$y=ae^{bx}$	bx
Logistique	$y=\frac{a}{1+e^{-bx}}$	$\frac{bcxe^{-bx}}{1+e^{-bx}}$

Tableau 2.1 : calcul des élasticités des fonctions usuelles

Dans le cas des choix discrets, on calcule également les élasticités directes et croisées (Ben-Akiva et Lerman, 1985).

L'élasticité prix directe est donnée par :

$$E_{x_{ink}}^{P_n(i)} = \frac{\partial P_n(i)}{\partial x_{ink}} \cdot \frac{x_{ink}}{P_n(i)} = \frac{\partial \ln P_n(i)}{\partial \ln x_{ink}}$$

$$E_{x_{ink}}^{P_n(i)} = [1 - P_n(i)] x_{ink} \beta_{ik}$$

L'élasticité - prix croisée ou indirecte étant :

$$E_{x_{jnk}}^{P_n(i)} = \frac{\partial P_n(i)}{\partial x_{jnk}} \frac{x_{jnk}}{P_n(i)} = \frac{\partial \ln P_n(i)}{\partial \ln x_{jnk}}, \text{ pour } j \neq i$$

Soit :

$$E_{x_{jnk}}^{P_n(i)} = -P_n(j) x_{jnk} \beta_{jk}$$

L'une des caractéristiques du modèle logit multinomial est l'égalité des élasticité croisées de toutes les alternatives, dans le cadre du changement d'un attribut affectant uniquement l'utilité de l'alternative j , pour $i \neq j$. Ce qui est une autre façon d'exprimer la propriété IIA, (Bonnell, 2005). Les formulations de ces élasticité ne sont valables que pour des variables exogènes. Lorsqu'une variable est une transformée d'une autre variable indépendante, par exemple $x_{ink} = h^k(z_{ink})$, on a alors :

L'élasticité prix directe :

$$E_{x_{ink}}^{P_n(i)} = \frac{\partial P_n(i)}{\partial x_{ink}} \frac{x_{ink}}{P_n(i)} = \frac{\partial \ln P_n(i)}{\partial \ln x_{ink}} ;$$

$$E_{x_{ink}}^{P_n(i)} = [1 - P_n(i)] \frac{\partial h^k}{\partial z_{ink}} z_{ink} \beta_{ik}$$

L'élasticité - prix croisée :

$$E_{x_{jnk}}^{P_n(i)} = \frac{\partial P_n(i)}{\partial x_{jnk}} \frac{x_{jnk}}{P_n(i)} = \frac{\partial \ln P_n(i)}{\partial \ln x_{jnk}}, \text{ pour } j \neq i$$

$$E_{x_{jnk}}^{P_n(i)} = -P_n(j) \frac{\partial h^k}{\partial z_{jnk}} z_{jnk} \beta_{jk}$$

Lorsque la variable explicative intervient dans l'utilité de plusieurs alternatives, les formulations sont plus complexes, (Wen et Koppelman, 2001).

2. Détermination des facteurs explicatifs individuels de la demande interurbaine

Pour Bonnel (2004), l'analyse de la mobilité permet de combiner plusieurs facteurs socioéconomiques influant sur les pratiques de mobilité : l'âge, le sexe, la profession, la position du ménage, la présence d'enfants, etc. Il va plus loin en affirmant : « *En fait, l'analyse de la littérature propose un grand nombre d'approches de cette question mettant en évidence la multiplicité des facteurs à prendre en compte, certains d'entre eux de nature plus psychosociologique posant d'ailleurs de redoutables problèmes de mesurabilité* ».

Avant de déterminer les facteurs qui expliquent la mobilité des individus, intéressons-nous aux motifs de voyage en interurbain.

2.1 Les motifs de voyage interurbain en Côte d'Ivoire

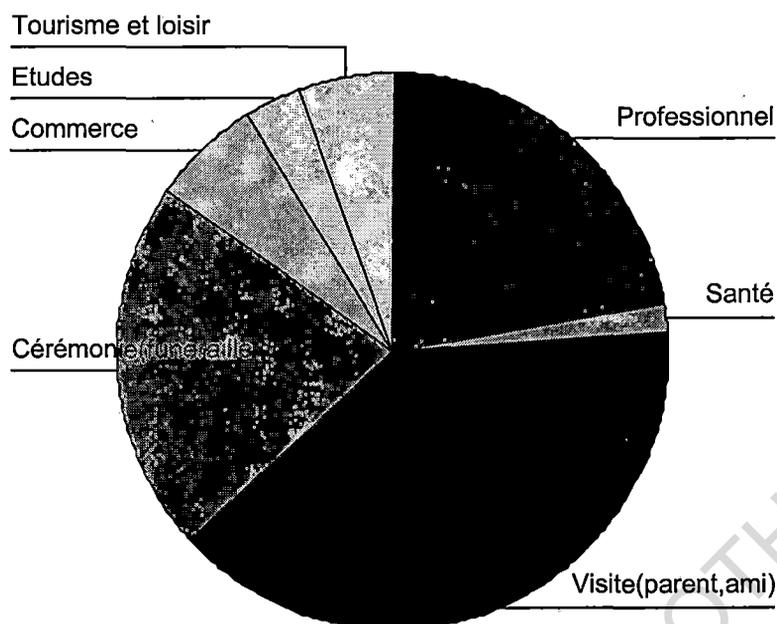
L'étude que nous avons réalisée nous a permis d'établir que les individus voyagent, dans le cadre du transport routier interurbain en Côte d'Ivoire, pour des motifs professionnels, de santé, de cérémonie, de commerce, d'études, de visites à des parents et amis, et de tourisme et loisir.

Les résultats obtenus sont répertoriés dans le tableau ci-dessous :

Motifs	Fréquences absolues	Pourcentage	Fréquences relatives cumulées
Professionnel	84	22,3	22,3
Santé	6	1,6	23,9
Visites (parents, amis)	148	39,3	63,1
Cérémonies (funérailles, mariage,...)	81	21,5	84,6
Commerce	24	6,4	91,0
Etudes	13	3,4	94,4
Tourisme et loisir	21	5,6	100,0
Total	377	100,0	

Tableau 2.2. : Statistiques sur les motifs de voyage

Les motifs de voyage



Graphique 2.1 : Les motifs de voyage interurbain en Côte d'Ivoire

Nous remarquons que les individus voyagent le plus souvent pour rendre visite à des parents ou à des connaissances (39,3%), ensuite pour des raisons professionnelles (22,3%). Les voyages effectués, pour se rendre à des cérémonies, en l'occurrence les funérailles, occupent une place assez importante dans les comportements de mobilité en Côte d'Ivoire, soit 21,5% des raisons de voyager. Les autres motifs de voyage, par ordre d'importance, étant respectivement le commerce (6,4 %), le tourisme et loisir (5,6%), les études (3,4%) et enfin la santé (1,6%).

A l'évidence, les activités socioculturelles jouent un rôle essentiel dans les comportements de mobilité des individus. Pour mieux percevoir les facteurs qui conditionnent les décisions de voyage, nous déterminons à présent les facteurs explicatifs de la demande de voyage interurbain.

2.2. La spécification du modèle explicatif de la demande de voyage

En ce qui concerne les facteurs explicatifs de la demande individuelle de voyage, nous avons retenu les variables socioéconomiques suivantes : *le Revenu, le Racket, la Sécurité, l'Age, la Taille du Ménage (la pression communautaire), le Groupe Ethnique, la Religion, l'Emploi, l'Appréciation du Tarif (coût ressenti).*

Nous considérons l'appréciation du coût du transport ici, pour deux raisons essentielles :

- D'abord, dans la littérature, l'on considère que ce qui détermine le choix de l'individu en matière de transport, ce n'est pas le coût réel, mais bien le coût ressenti.
- En second lieu, les données d'enquête étant en coupe instantanée, le coût du transport, mentionné sur la fiche d'enquête, correspond à celui du dernier voyage effectué par l'individu. Il ne peut, par conséquent, servir de déterminant pertinent pour l'ensemble des voyages effectués dans l'année par ce dernier.

Si notre modèle semble emprunter une démarche ad hoc, il est évident, comme nous l'avons souligné plus haut, qu'il s'inscrit dans une approche souple et adaptative que nous enseignons la littérature.

Les variables qualitatives sont :

Le Racket, la Sécurité, le Groupe Ethnique, l'Emploi, la Religion, et l'Appréciation du Tarif

Les variables quantitatives étant :

Le Revenu, la Taille du Ménage, et l'Age.

Nombre Voyage = f(Revenu, Religion, Ethnie, Sécu, Emploi, Age, Taille Ménage, Appréciation Tarif, Racket)

De façon plus explicite, le modèle s'écrit de la façon suivante :

$$\ln(Voy) = A + \alpha \ln(Rev) + \beta Reli + \delta Sécu + \eta Emploi + \rho TailleM. + \gamma Ethnie - \sigma Age - \lambda Tarif - \theta Racket + \varepsilon$$

La variable dépendante :

ln(Voy) : Logarithme Népérien du nombre de voyages effectués dans l'année.

Les variables explicatives :

A : Constante

$\ln(\text{Rev})$: Logarithme Népérien du revenu mensuel

Religion : Catholique, Autres Religions Chrétiens, Musulman, Autres Religions, Sans Religion ; variables binaires, prenant les valeurs 1 et 0.

Sécu : variable binaire ; y a-t-il la sécurité sur la route ? oui = 1, non = 0.

Emploi : variable binaire ; occupe un emploi = 1, sans emploi = 0.

Age : variable quantitative

Taille du Ménage : nombre d'individus dans le ménage (conjoint(e), enfants, autres)

Ethnie : variable qualitative, prenant la valeur 1 et 0 ;

Groupe Ethnique (Akan, Gur, Krou, Mandé du nord, Mandé du sud, Etranger)

Tarif : appréciation du tarif (coût ressenti) : variable qualitative, bas = 1, normal = 2, élevé = 3 ;

Racket : variable qualitative binaire ; êtes-vous l'objet de racket ? oui = 1, non = 0.

Le modèle 1 à estimer est :

$$\ln(\text{Voy}) = A + \alpha \ln(\text{Rev}) + \beta \text{Reli} + \delta \text{Sécu} + \eta \text{Emploi} + \rho \text{TailleM.} + \gamma \text{Ethnie} - \sigma \text{Age} - \lambda \text{Tarif} - \theta \text{Racket} + \varepsilon$$

2.3. Estimation du modèle 1 de demande de voyage

L'estimation du modèle linéaire multiple sur SPSS, nous les résultats suivants :

R	R-deux	R-deux ajusté	Ecart type de l'estimation
0,554	0,307	0,277	1,40427

Tableau 2.3 : Récapitulatif du modèle 1 de demande de voyage

Variable dépendante : ln(Voyage)

Valeurs prédites :

A (constante), Sécurité, âge, Racket, Tarif, Sans Emploi, Taille du Ménage, ln(Revenu), Krou, Gur, Mandé du sud, Mandé du nord, Etranger, Catholique, Autres Religions, Autres Chrétiens, Sans Religion.

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Significativité
Régression	314,967	16	19,685	9,983	0,000
Résidu	709,912	360	1,972		
Total	1024,879	376			

Tableau 2.4 : Significativité globale du modèle 1

Les coefficients (paramètres) des variables explicatives sont répertoriés dans le tableau ci-dessous :

Variables explicatives	Coefficients		Coefficients standardisés	t	Significativité
	B	Ecart type				Bêta
Constante	4,464	1,475		3,027	0,003
ln(Revenu)	7,223E-02	0,123	0,029	0,588	0,557
Racket	-0,643	0,191	-0,175	-3,376	0,001
Taille Ménage	4,939E-02	0,019	0,151	2,625	0,009
Sans Emploi	-0,609	0,227	-0,126	-2,685	0,008
Sécurité	0,480	0,150	0,145	3,194	0,002
Tarif	-0,920	0,123	-0,351	-7,476	0,000
Age	-0,304	0,110	-0,162	-2,773	0,006
Gur	0,454	0,276	0,097	1,648	0,100
Mandé du nord	0,193	0,323	0,040	0,598	0,550
Etranger	-0,464	0,259	-0,084	-1,788	0,075
Krou	-0,627	0,305	-0,112	-2,057	0,040
Mandé du sud	-0,812	0,349	-0,110	-2,324	0,021
Sans Religion	0,746	0,368	0,108	2,025	0,044
Autres Religions	0,480	0,390	0,067	1,231	0,219
Autres Chrétiens	0,167	0,289	0,041	0,577	0,565
Catholique	0,339	0,257	0,099	1,321	0,187

Tableau 2.5 : Estimation des coefficients

Les variables exclues sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

	Bêta	t	Significativité	Corrélation partielle	Statistiques de colinéarité
					Tolérance
Emploi	,	,	,	,	0,000
Akan	,	,	,	,	0,000
Musulman	,	,	,	,	0,000

Tableau 2.6 : Les variables exclues

L'analyse de la significativité des coefficients des variables explicatives nous amène à procéder à une respécification du modèle, en scindant les modalités de la variable Religion en deux : Musulman et Autres Religions non Musulmanes (ARNM) ; et les modalités de la variable Groupe Ethnique en deux : Gur, Mandé (GurMn) et Autres Groupes Ethniques (ATGE).

2.4. Respécification et estimation du modèle 2

Le modèle 2 à estimer :

$$\ln(Voy) = A + \alpha \ln(Rev) + \beta Reli + \delta Sécu + \eta Emploi + \rho TailleM. + \gamma Ethnie - \sigma Age - \lambda Tarif - \theta Racket + \varepsilon$$

Variable dépendante : $\ln(Voyage)$

Respécification des variables explicatives Religion et Groupe Ethnique

Variables qualitatives binaires ;

Musulman = 1, Autres Religions non Musulmanes (ARNM) = 0

Gur et Mandé du nord (GurMn) = 1, Autres Groupes Ethniques (ATGE) = 0.

R	R-deux	R-deux ajusté	Ecart type de l'estimation
0,530	0,281	0,264	1,41671

Tableau 2.7 : Récapitulatif du modèle 2 de demande de voyage

Valeurs prédites :

A, âge, Sans Emploi, Sécurité, ARNM, Tarif, Racket, $\ln(Revenu)$, GurMn, Taille Ménage

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Significativité
Régression	288,289	9	32,032	15,960	0,000
Résidu	736,590	367	2,007		
Total	1024,879	376			

Tableau 2.8 : Significativité globale du modèle 2

Tableau récapitulatif des coefficients des variables explicatives et de leur significativité.

	Coefficients		Coefficients standardisés	t	Significativité
	B	Ecart type	Bêta		
Constante	4,095	1,449		2,826	0,005
ln(Revenu)	6,478E-02	0,122	0,026	0,532	0,595
Racket	-0,446	0,177	-0,122	-2,518	0,012
Taille Ménage	4,957E-02	0,018	0,152	2,728	0,007
Sans Emploi	-0,567	0,228	-0,118	-2,486	0,013
Sécurité	0,459	0,150	0,139	3,050	0,002
Tarif	-0,950	0,123	-0,363	-7,752	0,000
GurMn	0,728	0,234	0,198	3,117	0,002
ARNM	0,532	0,234	0,149	2,272	0,024
Age	-0,304	0,107	-0,162	-2,855	0,005

Tableau 2.9 : Estimation des coefficients

Les variables exclues sont celles figurant dans le tableau suivant :

	Bêta	t	Significativité	Corrélation partielle	Statistiques de colinéarité
					Tolérance
Emploi	,	,	,	,	0,000
Musulman	,	,	,	,	0,000
ATGE	,	,	,	,	0,000

Tableau 2.10 : Les variables exclues

$$\ln(Voy) = 4,09 + 0,06 \ln(Rev) - 0,45 Rac + 0,05 TM - 0,57 SE + 0,46 Séc - 0,95 Tar + 0,73 GM + 0,53 AR - 0,30 Ag$$

(2,83)
(0,53)
(2,52)
(2,73)
(2,49)
(3,05)
(7,75)
(3,12)
(2,27)
(2,85)

Les résultats de cette études confirment un certains nombre de faits observés chez les populations, en matière de mobilité interurbaine en Côte d'Ivoire. Les groupes ethniques *Gur* et *Mandé* du nord ont une mobilité plus importante que les autres groupes ethniques. Les adeptes des religions autres que la religion musulmane³⁴, ont une plus grande mobilité que ceux de cette dernière religion. L'âge, le racket et le coût ressenti influencent négativement la mobilité des individus. La taille du ménage et la sécurité influencent positivement la mobilité. Les sans emplois se déplacent moins que les personnes qui ont un emploi. Le revenu n'est pas apparu significatif pour deux raisons essentielles : une bonne partie des enquêtés ont pour profession conducteur et une partie des enquêtés ayant un revenu relativement élevé effectue souvent leur déplacement par avion, ce qui n'est pas pris en compte par l'enquête. Il s'agit ici de la mobilité par la route.

³⁴ La religion musulmane est la plus importante religion en Côte d'Ivoire, soit 34% de la population (INS).

II. LES DETERMINANTS MACRO-ECONOMIQUES DE LA DEMANDE INTERURBAINE

1. Modélisation du trafic global à partir d'Abidjan

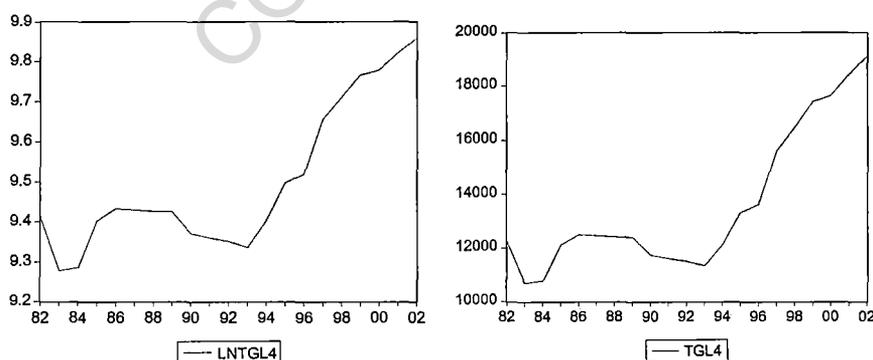
Au niveau macroéconomique, sur la base des données disponibles, nous avons considéré comme variables explicatives du trafic, le PIB et la Population. Pour ce qui est du niveau général du trafic en entrée et sortie d'Abidjan, nous avons retenu, Population, les importations, les exportations et l'IPC. Lorsqu'on dispose de données spécifiques, la demande peut, être stratifiée en demande *voyageurs transport collectif, voyageurs véhicule personnel, fret*, dans une considération unimodale. Dans un cadre multimodal, on considère le fret et le passager avion, ainsi que train, sans oublier les premières et deuxièmes classes. Dans la modélisation de la demande de fret, l'on utilise outre le PIB, les importations et exportations, ainsi que l'Indice des Prix à la Consommation (IPC) de certains secteurs influençant le niveau de trafic, (Lenormand, 2002).

Nous procédons à l'estimation de la demande de transport interurbain du District d'Abidjan à partir de l'Indice des Prix à la Consommation du Transport (IPCT), les importations, et les exportations.

1.1 Analyse des variables du modèle

- La variable indépendante

La variable indépendante est le flux global de trafic en entrée et sortie du district d'Abidjan sur l'ensemble des axes, TGLA.



Graphique 2.2 : Evolution du trafic à partir d'Abidjan

Le graphique montre un trafic croissant sur la période 1983-1986, constant sur la période 1986 – 1989, décroissant entre 1986 et 1993 et croissant de 1993 à 2002.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.836	0.836	16.872	0.000
. |*****|	. |**|	2	0.635	-0.213	27.108	0.000
. |***|	. |*|	3	0.438	-0.096	32.253	0.000
. |**|	. |*|	4	0.245	-0.127	33.965	0.000
. |*|	. |.	5	0.086	-0.040	34.188	0.000
. |.	. |*|	6	-0.053	-0.098	34.279	0.000
. |*|	. |.	7	-0.142	0.018	34.978	0.000
. |**|	. |*|	8	-0.214	-0.099	36.673	0.000
. |**|	. |*|	9	-0.224	0.096	38.685	0.000
. |**|	. |*|	10	-0.220	-0.078	40.804	0.000
. |**|	. |*|	11	-0.219	-0.063	43.120	0.000
. |**|	. |*|	12	-0.218	-0.077	45.673	0.000

Tableau 2.11 : Corrélogramme de LTGLA

Le corrélogramme atteste d'une série non stationnaire. LTGLA n'est pas stationnaire en niveau.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |**|	. |**|	1	0.304	0.304	2.1377	0.144
. |.	. |*|	2	-0.014	-0.117	2.1424	0.343
. |.	. |*|	3	0.047	0.098	2.2006	0.532
. |*|	. |*|	4	0.188	0.157	3.1738	0.529
. |*|	. |*|	5	-0.057	-0.187	3.2706	0.658
. |.	. |*|	6	-0.015	0.104	3.2780	0.773
. |.	. |*|	7	-0.023	-0.090	3.2960	0.856
. |*|	. |*|	8	-0.086	-0.099	3.5680	0.894
. |.	. |*|	9	-0.025	0.108	3.5925	0.936
. |.	. |*|	10	0.008	-0.077	3.5950	0.964
. |*|	. |*|	11	-0.104	-0.078	4.1285	0.966
. |*|	. |*|	12	-0.185	-0.098	6.0192	0.915

Tableau 2.12: Corrélogramme de DLTGA

Le corrélogramme montre que LTGA est stationnaire en différence première, c'est-à-dire I(1).

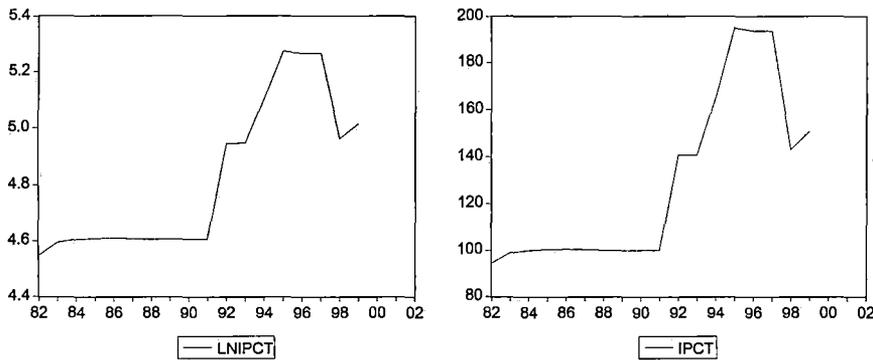
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(lnTGLA(-1))	-0.798212	0.208372	-3.830699	0.0015
C	-2.88E-05	0.031682	-0.000911	0.9993
@TREND(1982)	0.002619	0.002827	0.926559	0.3679
R-squared	0.507581	Mean dependent var		0.011081
Adjusted R-squared	0.446028	S.D. dependent var		0.076408
S.E. of regression	0.056870	Akaike info criterion		-2.752166
Sum squared resid	0.051747	Schwarz criterion		-2.603045
Log likelihood	29.14558	F-statistic		8.246315
Durbin-Watson stat	1.936603	Prob(F-statistic)		0.003457

Tableau 2.13 : Test de PP sur DLTGLA avec constante et tendance

Le test de PP confirme que LTGA est intégré d'ordre 1, avec la non significativité de la constante et du trend.

- Les Variables indépendantes

L'Indice des Prix à la Consommation du Transport (IPCT)



Graphique 2.3 : Evolution de l'IPCT

Le graphique ci-dessus montre que l'IPCT est légèrement croissant sur la période 1982 – 1985, constant sur la période 1985 – 1987, tendanciellement décroissant de 1987 à 1991, puis fortement croissant de 1991 à 1992, constant de 1992 à 1993, croissant de 1993 à 1995, constant de 1995 à 1997, décroissant de 1997 à 1998 et enfin croissant à partir de 1998.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LIPCT(-1))	-1.006887	0.278391	-3.616811	0.0031
C	0.042000	0.081071	0.518061	0.6131
@TREND(1982)	-0.001633	0.007593	-0.215101	0.8330
R-squared	0.501969	Mean dependent var		0.000348
Adjusted R-squared	0.425349	S.D. dependent var		0.183773
S.E. of regression	0.139310	Akaike info criterion		-0.936866
Sum squared resid	0.252296	Schwarz criterion		-0.792005
Log likelihood	10.49493	F-statistic		6.551400
Durbin-Watson stat	1.988142	Prob(F-statistic)		0.010769

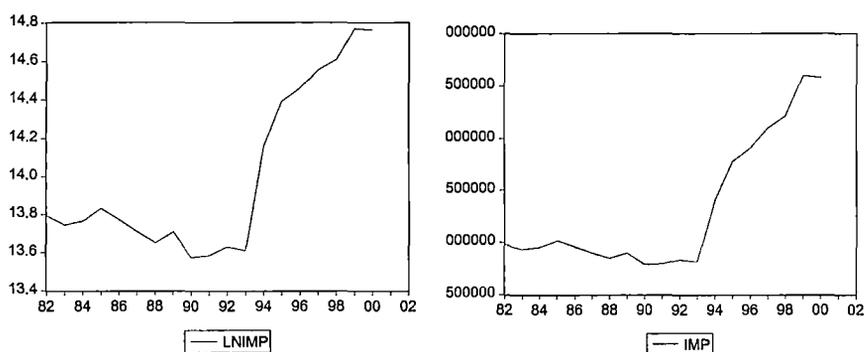
Tableau 2.14 : Test de PP sur DLIPCT avec constante et tendance

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LIPCT(-1))	-0.959448	0.258258	-3.715081	0.0021
R-squared	0.479198	Mean dependent var		0.000348
Adjusted R-squared	0.479198	S.D. dependent var		0.183773
S.E. of regression	0.132623	Akaike info criterion		-1.142157
Sum squared resid	0.263831	Schwarz criterion		-1.093871
Log likelihood	10.13726	Durbin-Watson stat		2.003938

Tableau 2.15 : Test de PP sur DLIPCT

Le test de PP montre que LIPCT est stationnaire en différence première, c'est-à-dire intégré d'ordre 1 (LIPCT I(1)). Elle suit une marche aléatoire, sans dérive et sans tendance.

- Les importations



Graphique 2.4 : Evolution des importations

Le graphique montre que les importations sont en croissance de 1983 à 1985, décroissantes de 1985 à 1988, croissantes de 1988 à 1989, décroissantes de 1989 à 1990, constantes de 1990 à 1991, croissantes de 1991 à 1992, décroissantes de 1992 à 1993 et croissantes entre 1993 à 2000.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. | ** .	. | ** .	1	0.223	0.223	1.0544	0.304
. | * .	. | . .	2	0.103	0.056	1.2944	0.524
. | * .	. | * .	3	0.127	0.098	1.6839	0.641
. | * | .	. | * | .	4	-0.107	-0.169	1.9771	0.740
. | * .	. | * .	5	0.082	0.136	2.1635	0.826
. | ** | .	. | ** | .	6	-0.212	-0.286	3.5160	0.742
. | * | .	. | . .	7	-0.139	0.011	4.1452	0.763
. | ** | .	. | ** | .	8	-0.204	-0.250	5.6442	0.687
. | * | .	. | * | .	9	-0.089	0.173	5.9593	0.744
. | . .	. | * | .	10	-0.004	-0.138	5.9599	0.819
. | ** | .	. | . .	11	-0.190	-0.038	7.8255	0.729
. | * | .	. | * | .	12	-0.063	-0.166	8.0648	0.780

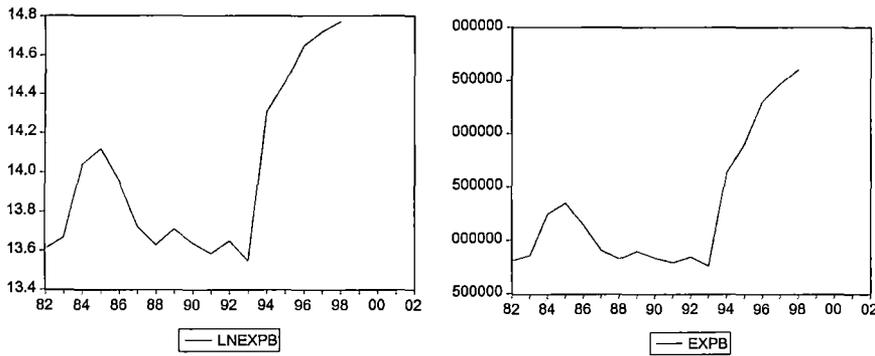
Tableau 2.16: Corrélogramme de DLIMP

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LIMP(-1))	-0.670754	0.235339	-2.850164	0.0116
R-squared	0.336625	Mean dependent var		0.002500
Adjusted R-squared	0.336625	S.D. dependent var		0.191675
S.E. of regression	0.156115	Akaike info criterion		-0.819425
Sum squared resid	0.389950	Schwarz criterion		-0.770413
Log likelihood	7.965115	Durbin-Watson stat		2.051186

Tableau 2.17 Test de PP sur DLIMP

Le corrélogramme et le test de PP attestent que les importations constituent une série temporelle stationnaire en différence première, LIMP est I(1).

- Les exportations de biens



Graphique 2.5 : Evolution des exportations de biens

Le graphique 2.5 montre que les exportations sont en croissance sur la période 1982 – 1985. Cette grandeur reste tendanciellement décroissante de 1985 à 1993, puis fortement croissante à partir de 1993. Il y a rupture de tendance en 1985 et en 1993.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |* |.	. |* |.	1	0.096	0.096	0.1760	0.675
. |* |.	. |* |.	2	0.080	0.072	0.3084	0.857
. |* |.	. |* |.	3	-0.131	-0.147	0.6899	0.876
. |* |.	. |* |.	4	-0.116	-0.099	1.0143	0.908
. |* |.	. |* |.	5	0.058	0.106	1.1038	0.954
. |* |.	. |* |.	6	-0.143	-0.166	1.6910	0.946
. |** |.	. |** |.	7	-0.255	-0.294	3.7699	0.806
. |** |.	. |** |.	8	-0.250	-0.193	6.0199	0.645
. |* |.	. |* |.	9	-0.123	-0.088	6.6449	0.674
. |** |.	. |* |.	10	0.224	0.176	9.0440	0.528
. |.	. |* |.	11	0.024	-0.103	9.0774	0.615
. |.	. |* |.	12	0.046	-0.073	9.2277	0.683

Tableau 2.18 : Corrélogramme de DLEXPB

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LEXPB(-1))	-0.823084	0.262978	-3.129858	0.0074
R-squared	0.411666	Mean dependent var		-0.000276
Adjusted R-squared	0.411666	S.D. dependent var		0.327576
S.E. of regression	0.251261	Akaike info criterion		0.139690
Sum squared resid	0.883848	Schwarz criterion		0.186894
Log likelihood	-0.047676	Durbin-Watson stat		1.933848

Tableau 2.19 : Test de PP sur DLEXPB

Le corrélogramme montre une série stationnaire en différence première (DLEXP). Ce qui est confirmé par le test de PP. LEXP est donc I(1).

1.2. Estimation du modèle

Nous estimons le niveau de trafic en entrée et sortie du district d'Abidjan à partir d'un modèle linéaire général prenant en compte l'IPCT, les importations, les exportations de biens, et la population du district d'Abidjan comme variables explicatives. L'utilisation du double log nous permet de déterminer immédiatement les élasticités, et donc d'apprécier la sensibilité du trafic aux variables explicatives identifiées.

Soit :

$$\ln TGLA = A + \alpha \ln IMP + \beta \ln IPCT + \gamma \ln EXPB + \zeta \ln PA + \varepsilon$$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	1.256359	1.235998	1.016473	0.3295
C(2)	0.475044	0.135577	3.503860	0.0044
C(3)	-0.118578	0.103209	-1.148914	0.2730
C(4)	-0.336148	0.093121	-3.609789	0.0036
C(5)	0.332933	0.094674	3.516603	0.0042
R-squared	0.872197	Mean dependent var		9.429012
Adjusted R-squared	0.829596	S.D. dependent var		0.114807
S.E. of regression	0.047392	Akaike info criterion		-3.020783
Sum squared resid	0.026952	Schwarz criterion		-2.775720
Log likelihood	30.67666	Durbin-Watson stat		1.834215

Tableau 2.20: Estimation du modèle macro du trafic routier interurbain

$$\ln TGLA = 1.256 + 0.475 \ln IMP - 0.1186 \ln EXPB - 0.336 \ln IPCT + 0.333 \ln PA$$

(1,07)
(3,50)
(1,15)
(3,61)
(3,52)

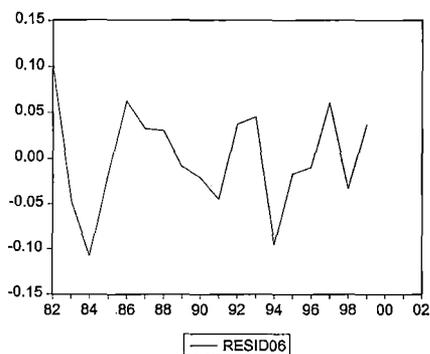
Les coefficients de la constante et des exportations de biens ne sont pas significativement différents de 0. Nous respécifions alors le modèle en omettant les exportations.

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	2.420137	1.270106	1.905461	0.0775
C(2)	0.410467	0.058317	7.038562	0.0000
C(3)	0.217804	0.112718	1.932284	0.0738
C(4)	-0.355801	0.102974	-3.455268	0.0039
R-squared	0.862177	Mean dependent var		9.605415
Adjusted R-squared	0.832643	S.D. dependent var		0.148995
S.E. of regression	0.060953	Akaike info criterion		-2.564307
Sum squared resid	0.052013	Schwarz criterion		-2.366446
Log likelihood	27.07876	Durbin-Watson stat		1.828719

Tableau 2.21: Estimation du modèle macro respécifié

$$\ln TGLA = 2.420 + 0.410 \ln IMP + 0.2178 \ln PA - 0.3558 \ln IPCT$$

(1,90)
(7,04)
(1,93)
(3,45)



Graphique 2.6 : Représentation des résidus

Les résidus suivent une loi normale et sont des bruits blancs.

Les variables dépendantes et explicatives utilisées sont toutes intégrées d'ordre 1, et elles sont co-intégrées d'ordre 0. Le trafic est donc co-intégré aux importations, à la population d'Abidjan et à l'IPC transport.

Les résultats de l'estimation montrent que les importations, la population et l'IPC transport déterminent le niveau de trafic, mais les exportations n'influencent pas significativement le niveau de trafic. L'estimation du modèle respécifié, nous a permis d'obtenir le résultat suivant :

$$\ln TGLA = 2.420 + 0.410 \ln IMP + 0.2178 \ln PA - 0.3558 \ln IPCT$$

(1,90)
(7,04)
(1,93)
(3,45)

Les coefficients estimés étant les élasticités, nous pouvons affirmer qu'une hausse des importations de 10% engendre un accroissement du trafic de 4,10 % ; un accroissement de la population abidjanaise de 10% engendre une augmentation du trafic de 2,18% ; et une hausse de l'indice des prix à la consommation du secteur des transports (IPCT) provoque une baisse du trafic routier interurbain en entrée et sortie d'Abidjan de 3,56%.

2. Analyse intermodale par rapport au rail et à l'air

Existe-il des relations de concurrence ou de complémentarité entre transports routier interurbain, ferroviaire et aérien ?

2.1 La relation entre la demande de transport routier interurbain et aérien

Nous formalisons la relation entre niveau de trafic routier interurbain (Tr) et le trafic aérien (Ta) par le modèle linéaire simple suivant :

$$\ln Tr = \alpha + \beta \ln Ta$$

Estimation du modèle :

R	R-deux	R-deux ajusté	Ecart type estimé
0,821	0,675	0,648	0,08069

Tableau 2.22: Pertinence de la régression

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Regression	0,162	1	0,162	24,894	0,000
Résidu	0,078	12	0,007		
Total	0,240	13			

Tableau 2.23: Significativité du modèle

Nous procédons à la détermination et à l'analyse de la significativité des coefficients.

	Coefficients		Coefficients standardisés	t	Sig.
	B	Ecart type	Bêta		
Constante	5,072	0,884		5,737	0,000
ln(avion)	0,457	0,092	0,821	4,989	0,000

Tableau 2.24 : Les coefficients estimés

$$\ln Tr = 5,07 + 0,46 \ln Ta$$

(5,74) (4,99)

Nous constatons qu'il existe une relation positive entre le trafic routier et le trafic aérien. Un accroissement du trafic aérien intérieur de 10% correspond à un accroissement de 4,57 % du trafic routier interurbain. Il n'y a donc pas de concurrence entre la route et les airs en Côte d'Ivoire. La route et la voie aérienne jouent alors comme deux biens complémentaires.

2.2 La relation entre la demande de transport routier interurbain et celle des rails

La relation entre le niveau de trafic routier interurbain et le trafic par rails est donnée par le modèle linéaire simple suivant :

$$\ln Tr = \alpha + \beta \ln Tt$$

Estimation du modèle :

R	R-deux	R-deux ajusté	Ecart type estimé
0,731	0,534	0,495	0,14058

Tableau 2.25: Pertinence de la régression

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Regression	0,272	1	0,272	13,756	0,003
Résidu	0,237	12	0,020		
Total	0,509	13			

Tableau 2.26: Significativité du modèle

Détermination et significativité des coefficients

	Coefficients		Coefficients standardisés	t	Sig.
	B	Ecart type	Bêta		
Constante	10,465	0,253		41,385	0,000
ln(train)	-0,168	0,045	-0,731	-3,709	0,003

Tableau 2.27 : Les coefficients estimés

$$\ln Tr = 10,47 - 0,17 \ln Tt$$

(41,39) (3,71)

Nous constatons qu'il existe une relation négative entre le trafic routier et le trafic rail. Une hausse du trafic par rails de 10% correspond à une baisse de 1,68 % du trafic routier interurbain. La route et les rails jouent alors comme deux biens substituables. Nous pouvons donc affirmer que la route, notamment l'autoroute du nord et les rails sont en situation de concurrence en Côte d'Ivoire. Une segmentation fine du trafic routier en transport passagers et marchandises, nous aurait clairement montré que cette concurrence relève du fret.

CONCLUSION

Les déterminants de la demande de transport jouent un rôle prépondérant dans l'analyse des choix des individus. Bien cerner ces déterminants constitue un outil précieux pour les pouvoirs publics, et un facteur clé dans la gestion managériale des routes à péage. Les variables qui se sont avérées être des facteurs explicatifs de la demande de voyage sont : la sécurité, l'âge, le racket, le coût ressenti, la fonction, la taille du ménage, le groupe ethnique et la religion. Le revenu ne s'est pas révélé significatif dans la mesure où en Afrique le revenu ne constitue pas un frein à la mobilité. Au plan socioculturel, les gens trouvent toujours les moyens de voyager dès lors que la nécessité se présente. La sollicitation d'un parent, d'un ami, l'endettement, ou encore l'organisation de convoi, en sont la parfaite illustration. Aussi, faut-il rappeler qu'une partie des enquêtés ont pour fonction de voyager (c'est-à-dire conducteur), et dont l'extraction affecterait considérablement les résultats de l'étude. Pour ce qui est de la demande de transport au plan macroéconomique, les déterminants significatifs sont : les importations, l'IPC transport et la population. Les exportations, notamment de biens, n'ont pas constitué une variable pertinente et significative, dans la mesure où elles ne constituent pas un maillage dans les échanges économiques nationaux, mais plutôt dans les pays importateurs³⁵.

³⁵ Les services constituent l'illustration parfaite de cette situation, et leur prise en compte, dans les exportations globalement, a un effet négatif sur le niveau de trafic.

Deuxième Partie : Péage et rentabilité des infrastructures routières interurbaines

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

CHAPITRE III : ANALYSE DES COMPORTEMENTS ET EVALUATION DES DISPOSITIONS A PAYER

INTRODUCTION

Contrairement aux biens naturels, l'évaluation de la disposition à payer d'un bien matériel, marchand ou non, peut se faire soit par la fixation d'un prix égal au coût moyen, en vue du remboursement des coûts d'investissement du concessionnaire, soit par un prix égal au coût social marginal lié à l'usage de l'infrastructure, ici la route. Mais, en matière de péage pour l'usage d'un bien de service d'utilité publique, notamment les routes, la prise en compte de la disposition à payer est un élément fondamental dans la bonne exécution du projet. En effet, l'identification des seuils psychologiques, en terme de péage plancher et de péage plafond, permet un meilleur ajustement des péages.

La méthode de la carte de paiement permet d'éliminer les péages extrêmes ou invraisemblables. La carte proposée à l'enquête est faite sur la base d'une évaluation grossière du coût moyen, et à partir d'un échantillon test qui permet de corriger la carte de paiement, en fonction des premières réponses données. Les bornes de l'intervalle des dispositions à payer correspondent aux péages plancher et plafond.

L'évaluation de la disposition à payer, notamment l'évaluation contingente, trouve son fondement dans la valorisation des ressources naturelles. (Point et Desaignes, 1993). Ces biens, dans leur état de nature, ne s'échangeant pas sur un marché, leur valorisation passe par une enquête de préférence révélé ou de préférence déclarée.

Aussi, certains biens et services publics requièrent dans le cadre de leur financement par l'utilisateur plutôt que par le contribuable, une évaluation de la disposition à payer des populations, afin d'éviter les situations de rejet.

Plusieurs techniques d'évaluation existent selon l'approche retenue pour l'enquête. Selon les exigences de l'étude, elle peut se faire par courrier postal, téléphone ou contact direct entre enquêteur et enquêté. Les questions peuvent être ouvertes, fermées ou semi-ouvertes. Chaque approche a ses avantages et ses inconvénients, qui peuvent plus ou moins biaiser les résultats.

Les habitants des grandes villes de l'intérieur du pays et des villes de la banlieue d'Abidjan, à savoir Bingerville, Bonoua, Grand-Bassam, Dabou, Anyama, Adzopé, Agboville, aspirent à des routes qui garantissent des trajets sûrs, sécurisés, rapides et sans tracasseries. Et pour ça, ils sont prêts à payer le prix. La réhabilitation et le prolongement de l'Autoroute du Nord jusqu'à Yamoussoukro, la capitale politique, qui compte désormais jouer un rôle de premier plan de ce domaine, rapprochera davantage les deux capitales³⁶. Ce rapprochement, aura un effet induit sur le trafic et facilitera les échanges socioéconomiques.

Les populations sont disposées à payer le prix qui garantit la sécurité, la sûreté et l'absence de tracasseries. La détermination des péages plancher et plafond permettra d'orienter l'intervalle de variation du péage optimal selon la conjoncture du moment et le changement de certains paramètres fondamentaux liés à la gestion des infrastructures routières.

I. LA METHODOLOGIE D'ENQUETE ET COMPORTEMENTS FACE AUX PEAGES

Dans cette section, nous exposons la méthode de collecte de données utilisée, notamment en ce qui concerne les données primaires, ainsi que les comportements stratégiques développés par les usagers, face au système de péage. La collecte des données secondaires a été faite auprès des institutions et structures que sont la Banque Mondiale, la DRV (Direction des Routes et Voieries), les Ministères des Infrastructures Economiques et des Transports, le BNETD (Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement), le groupe Colas, l'OSER (Office de la Sécurité Routière), et l'INS (Institut National de la Statistique). Ces données, figurant en annexes, concernent les trafics interurbains, le PIB, la population, les importations, les exportations, les coûts d'investissement et d'exploitation. Elles sont spécifiées dans les différentes sections des chapitres concernant les applications économétriques.

³⁶ Le District d'Abidjan étant la capitale économique de la Côte d'Ivoire.

1. La méthodologie d'enquête

L'utilisation de l'approche de préférences déclarées est due à l'inexistence de données répertoriées, sur la mobilité interurbaine dans les pays en voie de développement, et principalement en Côte d'Ivoire. Cette méthode exige un certain nombre de dispositions méthodologiques, afin de s'assurer de la fiabilité des informations et des données collectées.

1.1. Le choix des enquêtés

L'échantillon de l'enquête porte sur 400 individus interrogés dans le district d'Abidjan. S'il est vrai que l'échantillon est de petite taille, du fait d'une contrainte financière et d'une contrainte de temps, la méthode de choix raisonnée utilisée, permet de renforcer, de toute évidence, la significativité et la représentativité de cet échantillon (voir annexe). La collecte de données primaires s'est faite auprès des usagers de la route (voyageurs et transporteurs), principalement au niveau des gares routières et des ménages des dix communes de la ville d'Abidjan. Sur un échantillon cible de 500 individus, nous avons enregistré 393 réponses, soit un taux de réponse de 78,6%. De cet échantillon, nous avons retenus 377 individus dont nous avons jugé les réponses suffisamment satisfaisantes pour être prises en compte, dans notre étude. Ce qui correspond à ce que nous pourrions appeler *taux de réponses viables* de 75,4 %.

Afin de donner une portée d'ordre générale à la disposition à payer quelque soit les axes abordés, et les distances effectuées, la disposition à payer a été fixée au 100 Km. Cette distance comme *unité de péage* nous est apparue pertinente, dans la mesure où "le péage au Km" est difficile à appréhender par l'enquêté qui effectue des centaines de kilomètres, pour lesquels il n'a souvent pas une idée très précise.

1.2. La méthode de la carte de paiement

Dans le cadre de cette étude, pour éviter les biais liés aux réponses non réalistes, du fait de la non connaissance des systèmes de péage routier par certains individus, et pour ne pas non plus restreindre le choix des enquêtés, nous avons utilisé la méthode de la carte de paiement (MCP). Cette approche qui correspond à la méthode de questions semi-ouvertes, propose à l'enquêté, une

série de péages, et lui donne la possibilité d'indiquer d'autres péages autres que ceux proposés par la fiche d'enquête.

La méthode que nous utilisons permet également de réduire les effets de distorsions liés aux comportements stratégiques dans le processus de révélation de la valeur sur un marché contingent. En effet, soit l'enquêté pense qu'il payera effectivement le montant qu'il déclarera, et dans ce cas, il suppose que son intérêt est de déclarer un péage proche de zéro, soit il pense ne pas devoir payer la somme annoncée, mais que ce montant influencera la décision de réalisation de l'ouvrage, il surévalue alors sa disposition à payer. (Desaigues et Point, 1993).

La méthode de la carte de paiement permet, comme nous l'avons dit plus haut, d'éliminer les péages extrêmes ou invraisemblables. La carte proposée à l'enquêté est faite sur la base d'une évaluation grossière du coût moyen, et de l'expérience de la pratique de péage routier en Afrique³⁷ et ailleurs dans le monde. La fiche définitive est arrêtée sur la base d'un échantillon test qui permet de corriger la carte de paiement, en fonction des premières réponses données. Le péage doit permettre le remboursement des coûts d'investissements, notamment les coûts de construction et d'exploitation. Il peut être réel ou fictif ou la combinaison des deux (système de péage avec subsides³⁸).

L'étude porte notamment sur les principaux axes routiers ivoiriens que sont : l'Autoroute du Nord, la nationale A1, l'axe Abidjan – Dabou, la voie express Abidjan – Grand-Bassam. L'objectif étant de connaître avec précision les déterminants et les caractéristiques de la demande de voyage interurbain en Côte d'Ivoire.

Le questionnaire (voir annexe) porte sur les caractéristiques socioculturelles de l'individu, mais, également sur la perception que ce dernier a de la qualité du système de transport, ainsi que de sa disposition à payer.

³⁷ En Afrique subsaharienne, le péage à court dans nombres de pays, on peut citer notamment, le Ghana, le Togo, le Burkina Faso, le Cameroun, et en état d'expérimentation au Bénin et au Niger.

³⁸ Voir chapitre IV, la section sur la détermination de péages, avec subsides.

2. Analyse des choix stratégiques face au système de péage

Les déterminants de la demande de voyage constituent un facteur important de l'analyse du comportement des usagers de la route. Pourquoi voyagent-ils ? Et quels sont les facteurs susceptibles d'influencer significativement le comportement des voyageurs. Déterminer ce qui dissuade ou pousse à voyager peut permettre de mettre en œuvre une politique efficace en matière d'accroissement de la demande de voyage et donc de la viabilité des projets de mise à péage des routes. Cette partie de notre étude consiste à révéler les facteurs qui ont une incidence significative sur le comportement des usagers du réseau routier interurbain en Côte d'Ivoire.

2.1 Les comportements stratégiques face aux péages

Un des problèmes importants à prendre en considération dans l'établissement de péages routiers interurbains est incontestablement le niveau d'acceptation du péage. Notre étude à ce sujet, s'est essentiellement intéressée, sur la base d'une enquête en coupe instantanée, à l'acceptation ou non du système de péage, ainsi qu'aux mécanismes qui renforceraient ou accroîtraient l'acceptation. Les motivations à l'acceptation portent sur l'utilisation d'une route de qualité, l'absence de rackets et de tracasseries policières et douanières. Cette approche permet de s'intéresser directement à l'acceptation du système de péage et au phénomène de reflux. (figure 1)

Mais, son comportement est analysé dans une perspective de long terme, sur la base d'hypothèses renforçant sa perception négative du péage et donc son refus de payer, ou remettant en cause sa perception négative du péage, le transférant du coup vers ceux qui acceptent le système de péage. (figure 2)

Les comportements des enquêtés vis-à-vis du péage peuvent être schématisés de la façon suivante :

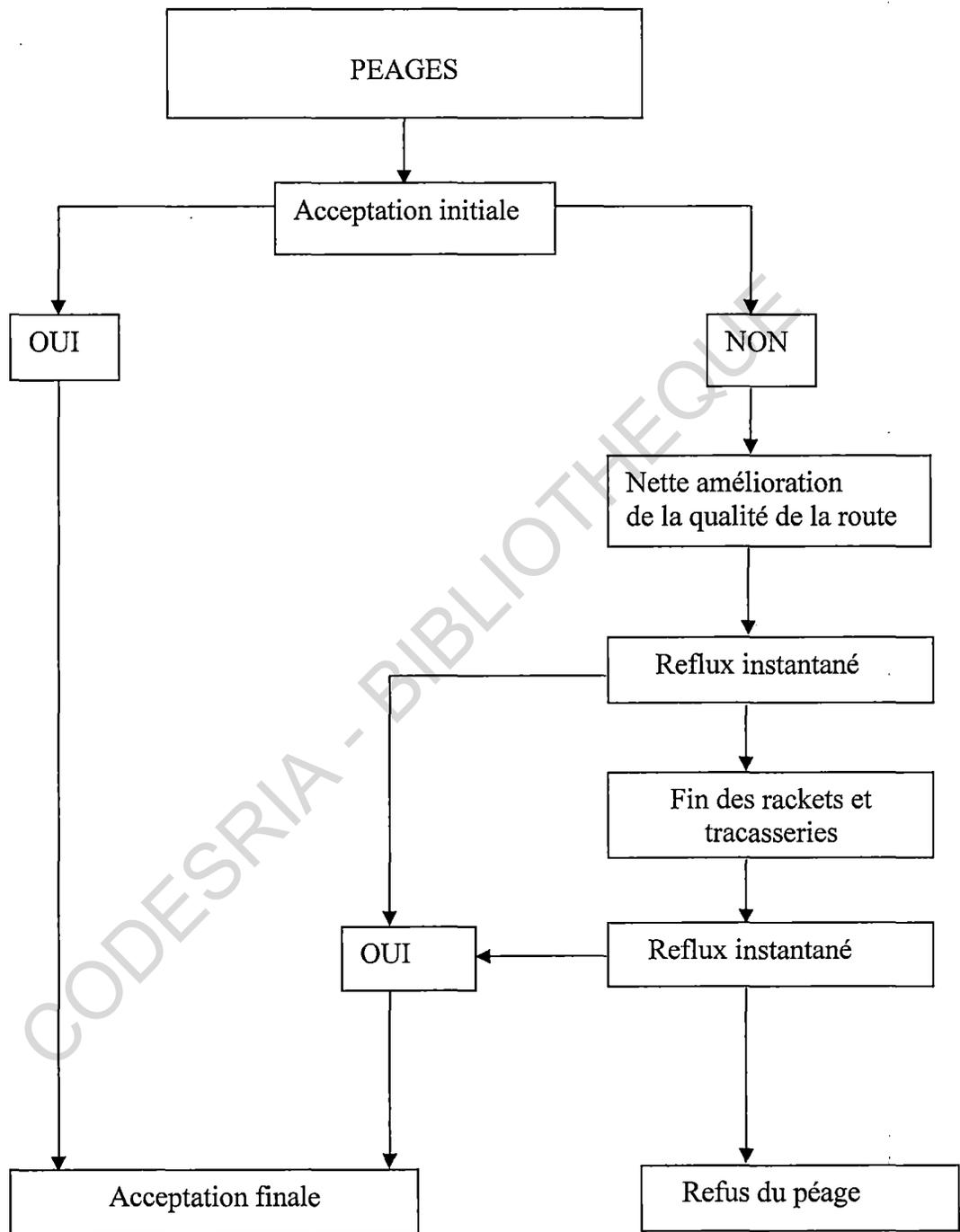


Figure 3.1 : Acceptation du péage à court terme

La figure 3.1 est la schématisation du comportement des enquêtés vis-à-vis du péage. Si certains individus de façon instantanée acceptent le principe du péage, car percevant de façon précise ou approximative ses tenants et aboutissants, d'autres ont besoin d'être rassurés sur les implications réelles du système de péage.

L'enquête de préférence déclarée a permis d'avoir une idée sur la perception des péages routiers interurbains par les usagers de la route en Côte d'Ivoire. Une partie des individus à qui l'on affirme que le système de péage améliore la qualité de l'ouvrage et permet de mettre fin aux rackets et tracasseries policière et douanière en général, deviennent favorables aux péages, alors qu'ils étaient réticents initialement.

Il faut noter que si la disposition à payer peut être perçue, selon sa valeur (en dehors du péage nul), comme un refus (péage non viable) ou une acceptation, il y a également la gradation des péages significatifs chez un même individu, selon la réponse favorable ou non du système de péage à ses attentes (figure 3.3).

L'analyse de l'acceptation à long terme peut être schématisée de la manière suivante :

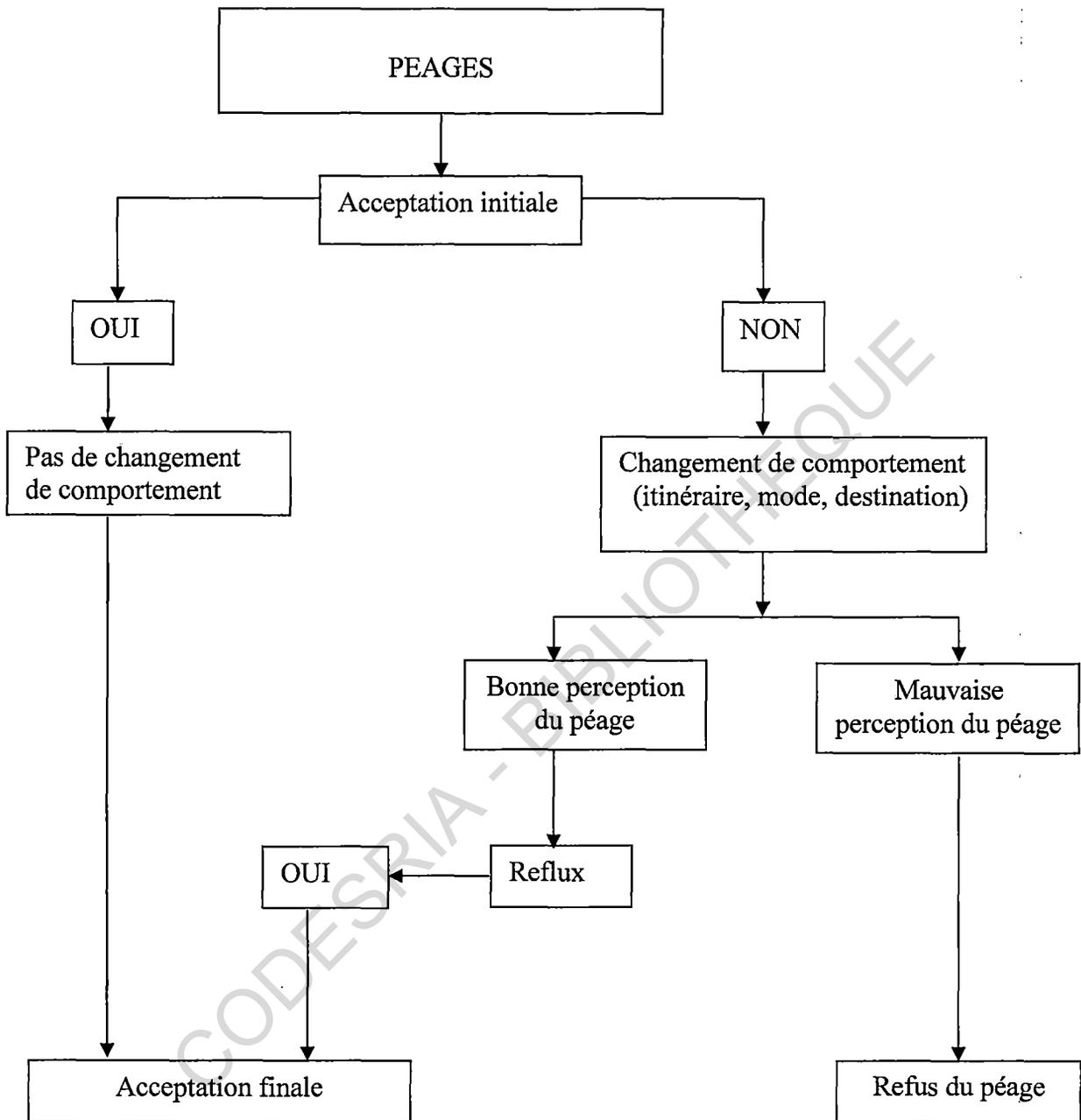


Figure 3.2 : Acceptation du péage à moyen et long terme

La figure 3.2 procède à une analyse de long terme sur les comportements stratégiques que les usagers de la route développent selon l'évolution de l'environnement du système de péage.

La branche de gauche est l'illustration de l'attitude des personnes qui adoptent instantanément le système de péage, et pour qui le péage n'affecte, bien entendu, nullement leur comportement de mobilité. Ils se déterminent donc, aussi bien à court terme qu'à long terme, par leur acceptation quasi inconditionnelle du péage.

La branche de droite exprime les options de ceux qui refusent initialement le péage. Ils peuvent adopter plusieurs comportements d'ajustement, notamment par le changement d'itinéraire, en empruntant des routes non à péage ; le changement de mode, en passant de la voiture particulière au transport collectif³⁹ ; le changement de destination, avec l'absence de péage sur les axes des nouvelles destinations. Nous pouvons avoir un changement simultané de mode et d'itinéraire, par exemple le passage de l'utilisation de la route et de la voiture à l'utilisation des rails, du train.

Toutefois, ce refus initial de payer, peut évoluer positivement par une bonne perception du péage, ex-post. Les motivations sont, en général, liées à une désillusion de gain d'utilité par l'usage sur les routes gratuites.

En effet, les routes non soumises à péage ont généralement des problèmes d'entretien (routes dégradées), d'allongement des distances parcourues (contournements), avec la possibilité de tracasseries et de rackets. Tout cela peut accroître, à terme, de façon assez importante, le coût d'exploitation des véhicules. Ceux-ci se rendant compte qu'ils ont échangé un cheval sain contre un cheval borgne, ils constatent les avantages qu'offre le système de péage, et procèdent, par conséquent, à leur retour sur la route à péage.

Ces derniers constituent alors un reflux, accroissant le nombre des individus qui acceptent le système de péage. A côté du reflux de ces individus qu'on pourrait qualifier de retour des enfants prodiges, il y a ceux qui n'utilisant pas au préalable la route soumise à péage, et qui du fait des échos favorables ou d'une expérience concluante là-dessus, décident de l'emprunter

³⁹ Changement intramodal (voiture à voiture) de la voiture personnelle au transport collectif, avec l'hypothèse de non répercussion ou de répercussion marginale du péage sur le ticket du transport passager.

désormais. Ce reflux constitue, dans ce cas, un trafic induit, que nous qualifions de trafic induit externe, par rapport au reflux des anciens usagers (enfants prodiges), qui demeure un trafic induit interne.

Il y a finalement, ceux qui, dans tous les cas, rejettent initialement, puis de façon définitive le système de péage, du fait d'une mauvaise perception permanente du péage. Ce sont ces individus qu'on pourrait qualifier à tort ou à raison de "brebis égarés". Mais, plus à raison qu'à tort, selon les motifs sus mentionnés, dans le cas de notre étude.

Si nous reconsidérons la branche de droite, c'est à dire les individus qui acceptent ou subissent le système de péage, il y a ceux qui optent pour la route ou l'autoroute à péage pour des raisons de rationalité, et ceux pour qui ce choix est le fait des habitudes ou des inerties, ou encore le fait de ne pas être du tout tentés par "l'aventure".

Nous verrons dans la section suivante, et de façon précise, les facteurs qui déterminent le choix rationnel. Toujours est-il que, avec de nouvelles informations, le degré d'acceptation (disposition à payer) peut s'accroître de façon considérable, à court terme (figure 3.3). Tout comme à terme, la perception de ces individus peut évoluer de façon positive ou négative. (figure 3.4).

La schématisation du comportement des enquêtés vis-à-vis du péage, avec ajustement de la disposition à payer, après informations, peut être illustrée de la façon suivante :

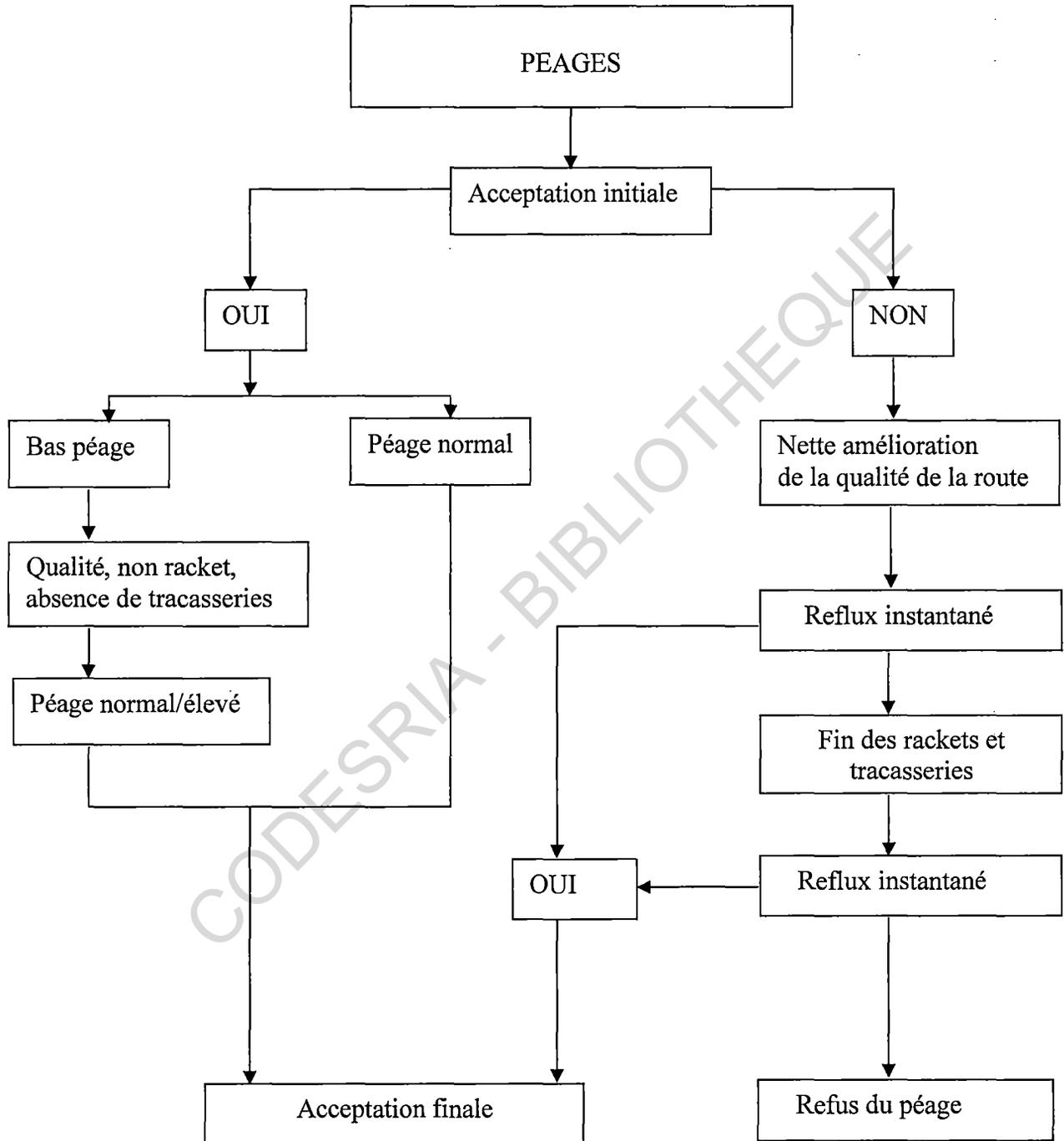


Figure 3.3 : Acceptation du péage à court terme, avec bas niveau de péage

Pour ce qui est de la figure 3.3, la branche de droite étant identique à celle de la figure 3.1, nous nous intéressons à la branche de gauche, qui prend cette fois-ci en compte les changements de comportement liés au degré d'acceptabilité du péage.

En effet, si pour certains, comme nous l'avons souligné plus haut, l'option de l'acceptation du système de péage est intrinsèque, pour d'autres, leur disposition à payer s'élève rapidement dès lors qu'ils ont la certitude, sinon l'information complémentaire, faisant état de l'amélioration de la qualité de l'ouvrage, ainsi que de la fin des rackets et tracasseries, avec la mise à péage de l'usage de l'infrastructure routière. Cette analyse mérite d'être poussée plus loin, dans le cadre d'une approche de long terme, le projet s'inscrivant dans le long terme. (figure 3.4)

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Schématisation de l'acceptation à long terme, avec possibilité de changement du choix opéré initialement, que ce soit le non ou le oui :

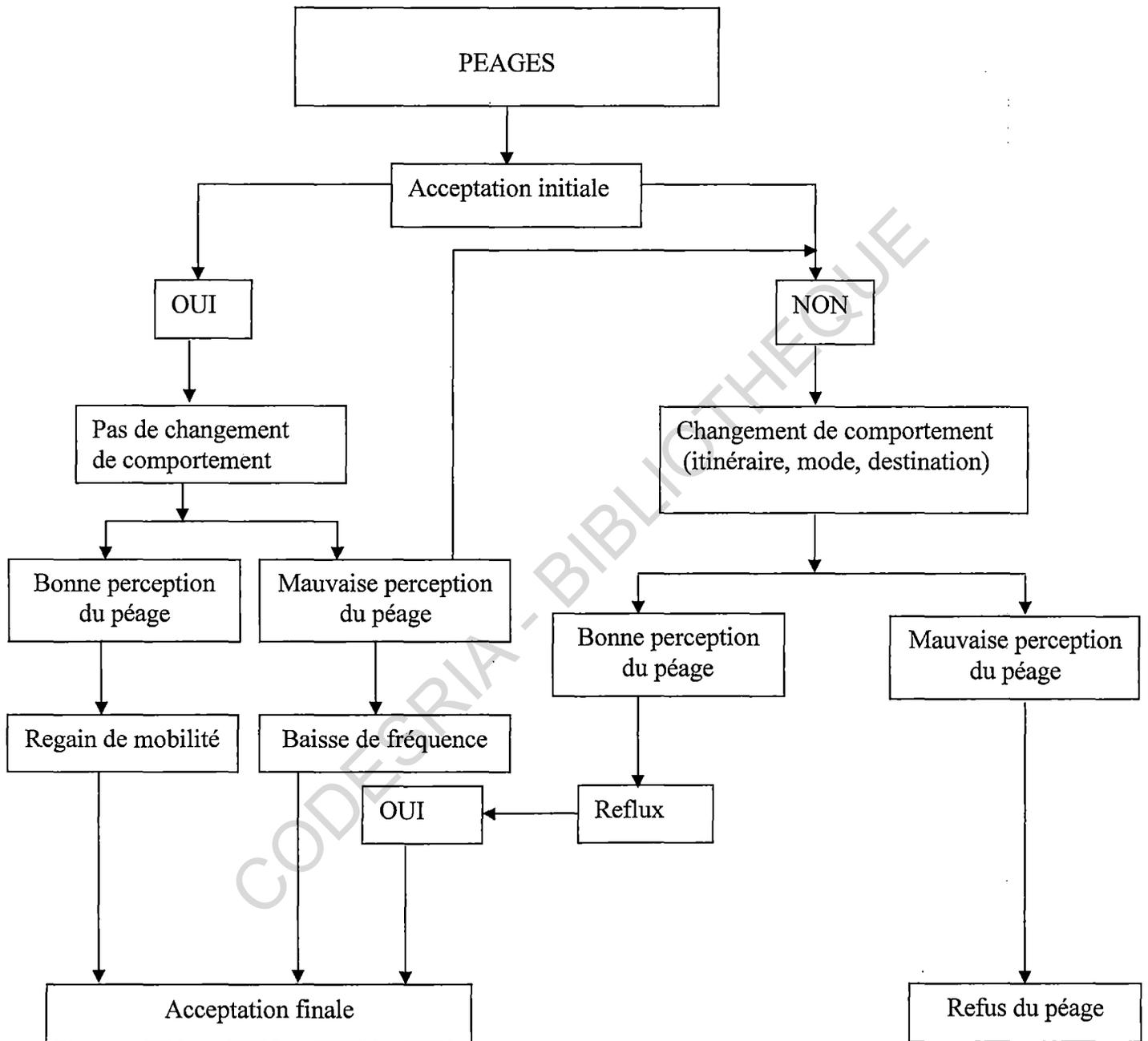


Figure 3. 4 : Acceptation de péage avec possibilité de rejet à terme

La figure 3.4 illustre la situation où, tout comme il existe des reflux d'individus ayant dit initialement non au système de péage, il peut avoir des rejets du système de péage, de la part des personnes ayant initialement adopté de façon volontaire le péage et qui s'en trouvent déçues par la suite. Des deux choses l'une, ou il accepte de continuer de s'acquitter du péage, tout en baissant éventuellement ses fréquences de voyage, ou bien, il quitte l'autoroute à péage pour la route gratuite.

Toutefois, s'il constate de lui même la réalité du terrain, pour ce qui est de la route gratuite, deux options s'offrent à lui, soit il se fait de façon définitive une bonne opinion du péage, et revient sur l'autoroute à péage (reflux), soit il se conforte dans sa mauvaise perception du péage, et réfute définitivement le système de péage.

Une telle analyse permet d'appréhender le comportement des usagers par une enquête de préférence déclarée, suite à des changements dans la structure de l'offre de transport ou de la politique tarifaire. Et ce, avant la mise en œuvre du projet, tout comme après sa réalisation.

2.2. Affectation sur le réseau : le modèle *prix-temps*

Ce modèle a été introduit dans la littérature par Abraham (1969) dans le cadre d'une analyse de la répartition de part modal entre l'avion et le train. Il s'applique aussi bien à la répartition de trafic entre d'autres modes de transports, la voiture et le train par exemple, qu'à la répartition du trafic entre deux itinéraires. Nous nous intéressons à ce dernier cas. Notre analyse porte sur les proportions de trafic entre routes et autoroute à péage.

On suppose que chaque individu rationnel quelconque i , porte son choix sur la route ou l'autoroute en fonction des coûts généralisés de transport liés aux prix des tickets, au coût du carburant, au péage, et ce que lui coûte le temps de parcours.

La fonction de coûts généralisés de l'utilisateur de la route est :

$$C_R^i = P_R + w_i t_R$$

La fonction de coûts généralisés de l'utilisateur de l'autoroute est :

$$C_A^i = P_A + w_i t_A$$

De ces formules, on retient que :

- C_A^i et C_R^i sont les coûts généralisés de transport supportés par l'utilisateur i , respectivement sur l'autoroute et sur la route.
- P_R et P_A sont respectivement les prix moyens du transport (prix du ticket, carburant, péage autoroutier, péage clandestin, autres coûts perçus).
- w_i est la valeur monétaire du temps horaire de l'individu i .
- t_A est le temps mis pour arriver à destination en empruntant l'autoroute
- t_R est le temps mis pour arriver à la même destination en utilisant la route.

L'individu i optera pour l'autoroute aussi longtemps que :

$$C_A^i \leq C_R^i$$

Le point de *retournement* ou de *basculement*, pour l'un des deux itinéraires étant :

$$\bar{w} = \frac{P_A - P_R}{t_R - t_A}$$

Nous faisons les hypothèses suivantes :

- le coût moyen du ticket sur l'autoroute est supérieur à celui de la route

$$P_A > P_R$$

- le temps moyen de parcours sur l'autoroute est inférieur à celui de la route

$$t_A < t_R$$

- tous les individus qui ont une valeur de temps supérieur à \bar{w} sont des usagers potentiels de l'autoroute.

La probabilité pour l'utilisateur i de porter son choix sur l'autoroute est alors :

$$Pr(A) = Pr(w_i > \bar{w})$$

Le point de basculement lié à l'alternative de choix entre route et autoroute à péage est illustré par le graphique ci-dessous :

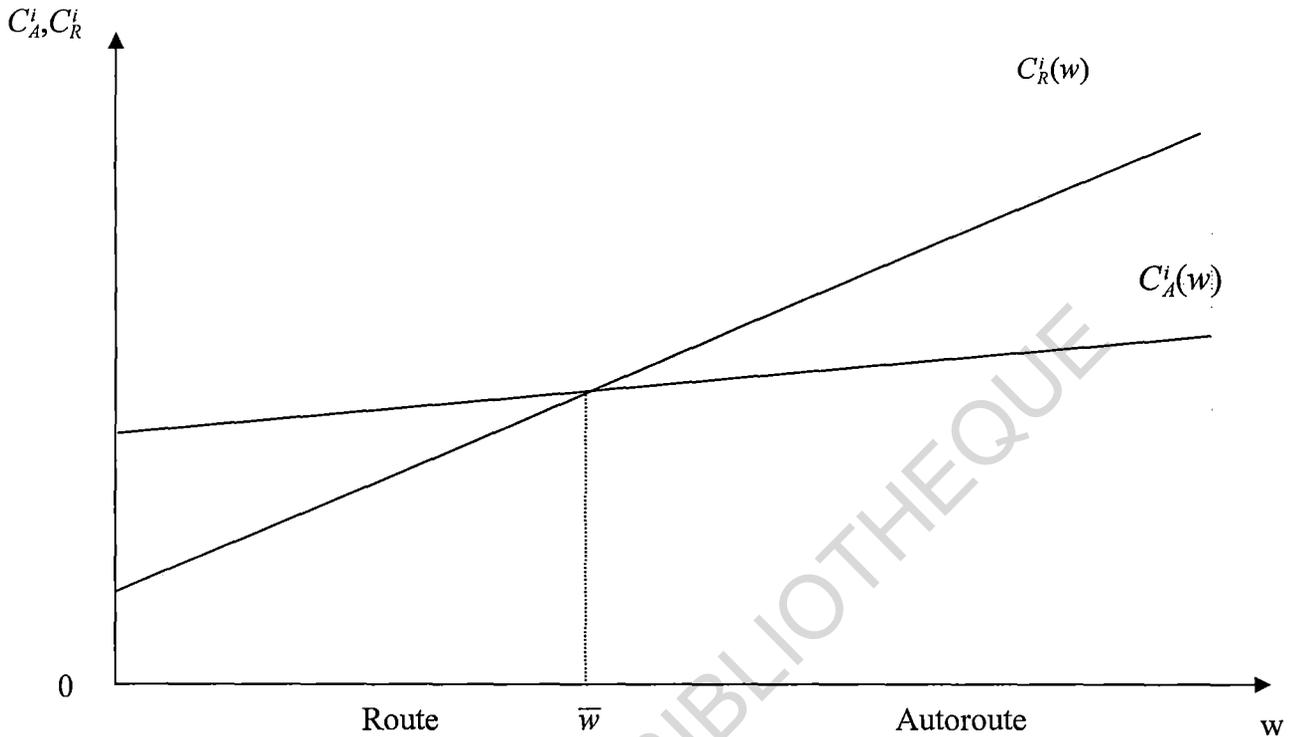


Figure 3.5 : Choix d'itinéraire route - autoroute

La proportion de trafic pour laquelle w est inférieure à \bar{w} est donnée par :

$$\theta = F(w) = \int_0^w f(x) dx$$

Et la proportion de trafic pour laquelle w est supérieure à \bar{w} est :

$$\bar{\theta} = 1 - F(w) = \int_w^{+\infty} f(x) dx$$

avec :

$$\theta = \frac{n_R(w)}{n_R(w) + n_A(w)}$$

et :

$$\bar{\theta} = \frac{n_A(w)}{n_R(w) + n_A(w)}$$

où $n_R(w)$ est le trafic routier et $n_A(w)$ le trafic autoroutier, dont la somme donne le trafic total.

Les valeurs du temps des individus, tout comme leurs revenus, suivent une loi log-normale de moyenne m et d'écart type σ . La fonction de densité de la valeur du temps est :

$$f(w) = \frac{1}{w\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(\frac{-(\ln w - \ln m)^2}{2\sigma^2}\right)$$

σ : écart type des valeurs du temps

m : moyenne des valeurs du temps

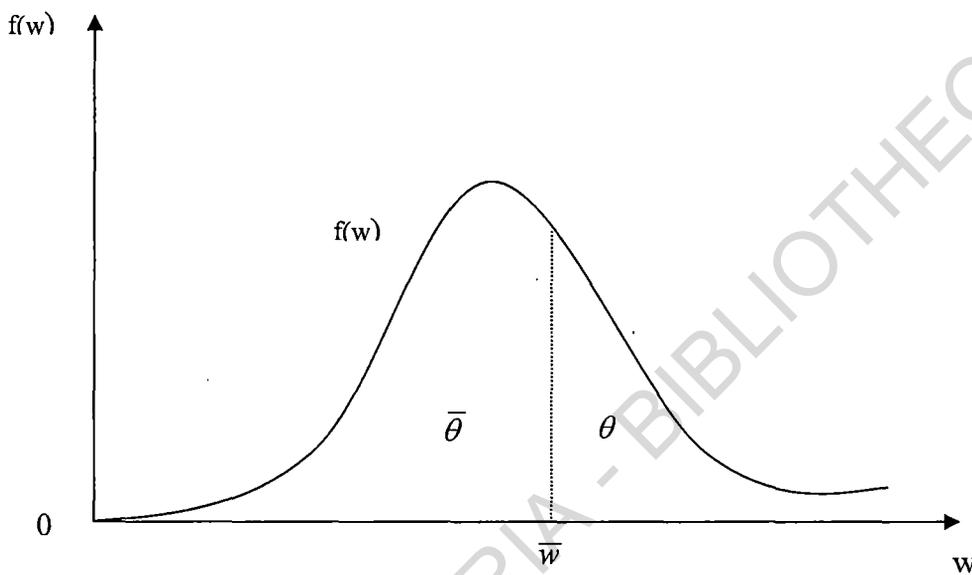


Figure 3.6 : Fonction de densité de la valeur du temps

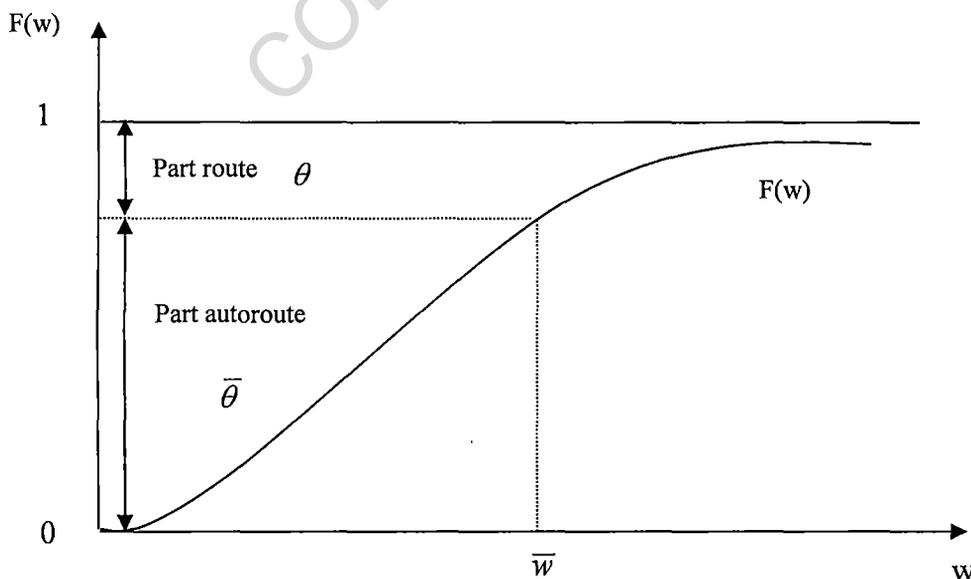


Figure 3.7 : Fonction de répartition du trafic

II. ANALYSE DES DISPOSITIONS A PAYER

1. Analyse de l'acceptabilité et de l'équité

Le péage pose en général un problème d'acceptabilité et d'équité chez certains individus, pour qui la libre circulation des personnes sur les voies publiques constitue un droit fondamental. D'un point de vue formel, cette vision n'est pas dénuée de tout fondement économique. En effet, les infrastructures routières présentant un faible niveau de trafic et des externalités négatives négligeables, constituent des biens publics purs dont les coûts marginaux sont quasiment nuls. Ce qui exclut le recours au péage comme instrument d'efficacité économique. En l'absence d'une importante contrainte budgétaire, de telles routes doivent être financées par le budget de l'Etat. Compte tenu du fait de la non soutenabilité de l'inexistence de contrainte budgétaire, le péage s'évertuera à réduire les inefficacités sur la base des coûts d'opportunité.

Cependant, dans les zones développées, les phénomènes de congestion engendrent des coûts marginaux élevés, ce qui justifie l'usage du système de péage comme moyen de financement, d'entretien et de réglementation. Et ce, même si la tarification au coût marginal n'offre pas la garantie de financer entièrement la construction et l'entretien de l'infrastructure.

Aussi, convenons-nous que si le péage constitue un moyen d'allocation optimale des ressources, il reste vrai qu'il peut poser des problèmes d'acceptabilité et d'équité, au plan social, régional, et générationnel, etc. En effet, bien souvent les coûts d'usage des infrastructures routières sont relativement élevés, leur rentabilité diffère selon les zones où elles sont construites, et les bénéfices qu'elles génèrent s'étendent sur plusieurs années.

1.1- L'acceptabilité

Une des principales causes du rejet social des systèmes de péage est liée au fait que les routes ont toujours été considérées par les populations comme des biens relevant du domaine public, indispensables pour garantir la mobilité, et qui par conséquent doit être financées par les impôts et être utilisées gratuitement par le citoyen. Dans certains pays la législation s'exprime clairement en ces termes.

Cette vision traduit bien le fait que dans la plupart des pays, une route à péage n'est construite que lorsqu'il existe un itinéraire alternatif d'usage gratuit. Ce qui provoque parfois une mauvaise allocation des trafics, avec des routes sans péage fortement congestionnées et des routes à péages de très bonne qualité sous utilisées. Et cela pose un problème de d'efficacité dans une analyse de rentabilité socioéconomique.

En réalité, la plupart des théories prônant la gratuité totale des routes manquent de rigueur et de perspicacité. Le principal argument selon lequel le péage limite la libre mobilité – la liberté d'aller et venir constituant le droit fondamental du citoyen – ne tient pas compte de ce que dans tous les cas, tout individu qui entreprend un voyage, que ce soit en véhicule particulier ou en transport en commun, supporte un coût. Ce à quoi les tenants de cette position peuvent rétorquer en disant que de tout évidence le péage provoque un renchérissement de ces coûts. Toutefois, si l'on veut pousser l'argument plus loin, nous pouvons affirmer que rien n'indique que les coûts supportés – carburant, huile, et autres coûts d'exploitation (pneumatique, durées de rotations, réparations, etc.) y compris le péage - sont supérieurs sur route à péage que sur route gratuite.

Un autre argument contre le péage provient du fait que le système routier supporte une fiscalité spécifique en ce qui concerne les taxes sur le carburant, les vignettes, patentes, etc. qui constitue d'une certaine façon, un prix pour l'utilisation de l'infrastructure routière. Par conséquent, l'instauration d'un péage apparaît alors comme une double imposition.

Si ce dernier argument possède, il faut le reconnaître, des fondements solides, la justesse du financement des routes par impôts ne peut être validée que par une analyse plus poussée sur la pratique des finances publiques. En effet, l'équité et l'efficacité d'une telle imposition spécifique, ne peuvent être clairement établies qu'en l'absence d'une politique d'unicité des comptes, et où l'on est convaincu que les fonds spécifiques collectés vont là où ils sont attendus.

1.2- L'équité

Pour nous, l'objectif clé du système de péage est de conduire à une allocation optimale des ressources (financement de l'infrastructure routière et péage d'usage). Toutefois, il n'est pas impossible que les péages puissent susciter des problèmes d'équité sociale, régionale, intergénérationnelle, etc.

Du point de vue de l'équité entre classes sociales, ceux qui crient à l'injustice due au système de péage fondent leur argument sur le fait que la route étant un bien d'utilité publique de première nécessité, et donc à faible élasticité (bien fortement inélastique), les usagers à faibles revenus dépensent une part beaucoup plus importante de leurs revenus en transport. Pour eux, il est donc clair que le péage ne contribue nullement à la réduction du fossé entre les classes pauvres et les classes riches, bien au contraire. Pour ces défenseurs de la gratuité des infrastructures routières, compte tenu de leur caractéristique de *monopole naturel fort*⁴⁰, les routes étant uniques et offrant les mêmes caractéristiques pour toutes les classes sociales, il n'est pas équitable qu'une famille à faible revenu paie le même montant de péage qu'une famille à revenu élevé.

Si l'argument présente une cohérence évidente, il n'est toutefois pas exempt de tout reproche du point de vue d'une analyse basée sur une cohésion interne globale, en ce qui concerne la fourniture d'un certain nombre de biens d'utilité publique.

En effet, les biens et services tels que l'eau, la téléphonie fixe, etc. qui offrent un même niveau de qualité, et soumis à la même tarification indépendamment des revenus dont disposent les usagers, ne sont présentés comme allant à l'encontre de la justice sociale et de l'équité. (Izquierdo et Vassallo, 2002).

Une chose paraît indéniable à nos yeux, l'instauration des péages implique l'existence d'infrastructures de qualité pour lesquelles tout le monde en bénéficie, et qui seront en grande partie payées (viabilité) par les classes à revenus plus ou moins élevés.

⁴⁰ Le *monopole naturel fort* fait référence à une situation où la production d'un bien ne peut se faire de façon efficiente que par un seul opérateur du fait de l'existence de phénomènes de rendements d'échelle croissants, pour lequel aucune technologie ne peut à terme faire baisser les coûts par unité de production.

Aussi, faut-il rappeler que les politiques de subventions ou d'aides, ainsi que la progressivité dans l'impôt, en faveur des couches défavorisées pour la consommation ou l'usage des services d'utilité publique, constituent les mécanismes les plus fiables pour assurer une équité entre catégories sociales.

En définitive, le péage ne va pas bien évidemment à l'encontre de l'équité entre classes sociales, dès lors que des mécanismes appropriés sont mis en œuvre pour une distribution juste – ce qui d'ailleurs, il faut le souligner, n'est pas pris en compte par le critère de Pareto dans la recherche de l'optimum social – des ressources entre les différentes catégories sociales.

Pour ce qui est de l'équité interrégionale, des critiques se lèvent pour fustiger les déséquilibres ne favorisant nullement le développement soutenable des régions d'un même territoire donné, par la pratique du système de péage. Et ce, pour la simple raison que la viabilité des projets d'infrastructures ne trouve écho favorable que dans les régions plus ou développées, offrant des trafics potentiels à mesure d'assurer une rentabilité financière avérée.

En Côte d'Ivoire, deux grands axes, l'autoroute du nord et la voie express Abidjan - Grand-Bassam, et dans une moindre mesure, la nationale A1 (axe Abidjan – Abengourou) offrent des potentialités de construction d'infrastructures routières à péage.

Toutefois, l'inquiétude en terme d'iniquité interrégionale est fortement atténuée, et peut être levée par une réallocation des ressources, dans la mesure où l'implication du privé permet de libérer des fonds publics d'entretien et de réhabilitation qui pourront servir à la mise en œuvre d'infrastructures dans les régions moins développées. De plus, le fait de disposer de l'infrastructure avant terme, les bénéfices peuvent très bien, de façon diffuse, par l'imbrication des régions, atteindre celles qui sont moins avancées. Aussi, par le biais du péage fictif – couverture de risque, subventions, exonération, etc. – rendant viable l'infrastructure à faible trafic pour être financée exclusivement par le privé.

Il faut également souligner le fait que l'option d'une mise en œuvre par financement PPP n'exige pas une rentabilité financière de l'infrastructure d'une région donnée, avant sa construction, et permet de régler pas mal de problèmes. En somme, le péage ne peut être perçu comme un facteur de distorsion de l'équité interrégionale, si les politiques économiques prennent en compte le développement harmonieux du pays.

En ce qui est de l'équité intergénérationnelle, la pratique du péage en elle-même prend en compte cette préoccupation. Comme le relèvent Izquierdo et Vassallo *«Les infrastructures de transport se distinguent par la nécessité d'investissement très lourds et soumis à un risque considérable pendant la période de construction, tandis que, lorsque les travaux sont terminés, les frais annuels d'entretien et d'exploitation ne supposent pas un niveau aussi élevé d'investissements. Cette situation fait en sorte qu'il n'est pas juste d'imputer les coûts élevés de construction aux contribuables de l'année pendant laquelle les travaux sont réalisés, car ces derniers ne doivent pas payer le prix des bénéfices futurs dont ils ne sont pas sûr de pouvoir en jouir»*.

La pertinence de cet argument enseigne que l'équité intergénérationnelle exige une répartition des coûts de construction et d'exploitation, aussi bien au niveau de l'utilisateur que du contribuable, entre utilisateurs réels et potentiels actuels que ceux des générations futures, avant l'amortissement complet des différents coûts. Contrairement au financement public, où le fonctionnement du budget public requiert l'affectation des recettes de l'année aux dépenses et investissements de la même année, le système de péage est le mécanisme par excellence de l'équité intergénérationnelle. Toutes les générations qui tirent avantage d'une infrastructure routière doivent contribuer efficacement à son financement.

2. L'estimation des déterminants des dispositions à payer

La détermination des dispositions à payer ainsi que de leurs déterminants est un facteur important dans la politique tarifaire de tout service d'utilité publique. Elle oriente la fixation du péage plafond et révèle les paramètres et variables sur lesquels le concessionnaire peut s'appuyer pour consolider sa politique managériale.

2.1 Analyse des dispositions à payer par catégorie de véhicules

Quatre catégories de véhicules ont été retenues, il s'agit notamment des véhicules légers, des véhicules de transport collectif de moins de 30 places, des véhicules de transport collectif de plus de 30 places et des véhicules de transport marchandises poids lourds.

Les résultats de l'enquête sur les dispositions à payer des usagers sont répertoriés, selon les catégories de véhicules, dans le tableau ci-dessous :

Disposition à payer	véhicules légers	TC moins de 30 places	TC plus de 30 places	TM poids lourd
Valide	258	235	230	241
Manquant	119	142	147	136
Moyenne	634,50	864,26	1091,74	1840,25
Médiane	700,00	850,00	1000,00	1500,00
Mode	700	850	1000	1500
Minimum	0	0	0	0
Maximum	1300	1400	2000	4000

Tableau 3.1 : Statistiques sur les dispositions à payer par catégorie de véhicule

Le consentement moyen à payer par catégorie de véhicule est de 634, 5 FCFA, pour les véhicules légers ; 864, 26 FCFA, pour les véhicules de transport collectif de moins de 30 places ; 1091, 74 FCFA, pour les véhicules de plus de 30 places ; 1840, 25 FCFA pour les poids lourds. Le péage qui divise le montant des péages en deux, c'est à dire la médiane⁴¹ est égale à la disposition à payer la plus annoncée (le mode), par catégorie de véhicule. Nous avons respectivement, par catégorie, les modes et médianes : 700 ; 850 ; 1000 et 1500 F CFA.

⁴¹ La médiane : la moitié des dispositions à payer lui est inférieur et l'autre moitié lui est supérieur.

- Analyse des dispositions à payer des véhicules légers

Les dispositions à payer, en ce qui concerne les véhicules légers, sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

Péage	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
0	7	1,9	2,7	2,7
250	42	11,1	16,3	19,0
500	51	13,5	19,8	38,8
700	111	29,4	43,0	81,8
1000	37	9,8	14,3	96,1
1300	10	2,7	3,9	100,0
Total	258	68,4	100,0	
Manquant	119	31,6		
Total	377	100,0		

Tableau 3.2 : Dispositions à payer des véhicules légers

L'analyse du tableau, nous conduit à négliger le péage nul et le péage maximal de 1300, correspondant respectivement à une proportion de 2,7% et de 3,9% des enquêtés ayant répondu à cette question. Pour les péages de 250 et de 500 F CFA, les pourcentages des personnes interrogées ayant répondu à cette question sont respectivement de 16,3% et de 19,8%. Le péage sur lequel la majorité des enquêtés a porté son choix est le péage de 700 F CFA, avec un pourcentage de 43%.

Il y a 14,3% des enquêtés qui acceptent le péage de 1000 F CFA au 100 Km. Le consentement moyen à payer étant de 635 F.

Au total, le péage optimal, en terme de disposition à payer est de 700 FCFA, le péage plancher s'établit à 250 et le péage plafond à 1000 F, chez les personnes interrogées. Le consentement moyen à payer sur l'autoroute Abidjan – Yamoussoukro est de 1500 F pour les véhicules légers. En effet, on a :

$$DEP_i = \frac{CMP * D_i}{100}$$

DEP_i : Disposition Effective à Payer sur l'axe i

CMP : Consentement Moyen à Payer

D_i : Distance effectuée par l'utilisateur de la route

Soit :

$$DEP_{av} = \frac{635 * 236}{100} = 1500$$

- Analyse des dispositions à payer des véhicules de moins de 30 places

Les dispositions à payer, pour les véhicules de moins de 30 places, sont répertoriées dans le tableau suivant :

Péage	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
0	5	1,3	2,1	2,1
500	50	13,2	21,3	23,4
850	112	29,5	47,7	71,1
1000	12	3,2	5,1	76,2
1150	30	7,9	12,8	88,9
1400	26	6,8	11,1	100,0
Total	235	61,8	100,0	
Manquant	145	38,2		
Total	380	100,0		

Tableau 3.3 : Dispositions à payer des véhicules de moins de 30 places

L'analyse du tableau ci-dessus, nous conduit à négliger le péage nul et le péage de 1000 F, correspondant respectivement à une proportion de 2,1% et de 5,1% des enquêtés ayant répondu à cette question. Pour le péage de 500 F CFA, le pourcentage des personnes interrogées ayant répondu à cette question est 21,3%. Le péage sur le plus mentionné par les enquêtés est 850 F CFA, avec un pourcentage de 47,7%. Les péages de 1150 et 1400 F ont des pourcentages d'acceptation respectifs de 12,8% et de 11,1%. Le consentement moyen à payer s'établit à 865 F CFA au 100 Km, pour les véhicules de plus de 30 places.

Au total, le péage optimal, en terme de disposition à payer est de 850 FCFA, le péage plancher s'établissant à 500 et le péage plafond à 1400 F, chez les personnes interrogées. Le consentement moyen à payer sur l'autoroute Abidjan – Yamoussoukro est de 2000 F pour les véhicules de moins de 30 places. En effet, on a :

$$DEP = \frac{CMP * D_i}{100}$$

Soit :

$$DEP_{ay} = \frac{865 * 236}{100} = 2000$$

- Analyse des dispositions à payer des véhicules de plus de 30 places

Les dispositions à payer, pour les véhicules de plus de 30 places, sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

Péage	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
0	4	1,1	1,7	1,7
500	26	6,9	11,3	13,0
1000	117	31,0	50,9	63,9
1200	23	6,1	10,0	73,9
1500	53	14,1	23,0	97,0
2000	7	1,9	3,0	100,0
Total	230	61,0	100,0	
Manquant	147	39,0		
Total	377	100,0		

Tableau 3.4. : Dispositions à payer des véhicules de plus de 30 places

L'analyse du tableau ci-dessus, nous conduit à négliger le péage nul et le péage maximum de 2000 F, correspondant respectivement à une proportion de 1,7% et de 3,0% des enquêtés ayant répondu à cette question. Pour le péage de 500 F CFA, le pourcentage des personnes interrogées ayant répondu à cette question est 11,3%. Le péage le plus choisi par les enquêtés est 1000 F CFA, avec un pourcentage de 50,9%, soit plus de la moitié. Les péages de 1200 et 1500 F ont des pourcentages d'acceptation respectifs de 10,0% et de 23,0%. Le consentement moyen à payer s'établit à 1090 F CFA au 100 Km, pour les véhicules de plus de 30 places.

En sommes, le péage optimal, en terme de disposition à payer est de 1000 FCFA, le péage plancher s'établissant à 500 et le péage plafond à 1500 F, chez les personnes interrogées. Le consentement moyen à payer sur l'autoroute Abidjan – Yamoussoukro est de 2500 F pour les véhicules de moins de 30 places. En effet, on a :

$$DEP = \frac{CMP * D_i}{100}$$

Soit :

$$DEP_{av} = \frac{1090 * 236}{100} = 2500$$

- Analyse des dispositions à payer des véhicules poids lourds

Les dispositions à payer, pour les véhicules poids lourds, sont classées dans le tableau suivant :

Péage	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage Cumulé
0	11	2,9	4,6	4,6
1000	36	9,5	14,9	19,5
1500	77	20,4	32,0	51,5
2000	40	10,6	16,6	68,0
2500	64	17,0	26,6	94,6
4000	13	3,4	5,4	100,0
Total	241	63,9	100,0	
Manquant	136	36,1		
Total	377	100,0		

Tableau 3.5. : Dispositions à payer des véhicules poids lourds

L'analyse du tableau ci-dessus, nous conduit à négliger le péage nul et le péage maximum de 4000 F, correspondant respectivement à une proportion de 4,6% et de 5,4% des enquêtés ayant répondu à cette question. Pour le péage de 1000 F CFA, le pourcentage des personnes interrogées ayant répondu à cette question est 14,9%. Le péage sur lequel les enquêtés ont porté majoritairement leur choix est 1500 F CFA, avec un pourcentage de 32,0%. Les péages de 2000 et 2500 F ont des pourcentages d'acceptation respectifs de 16,6% et de 26,6%. Le consentement moyen à payer s'établit à 1840 F CFA au 100 Km, pour les véhicules poids lourds.

En sommes, le péage optimal, en terme de disposition à payer est de 1000 FCFA, le péage plancher s'établissant à 500 et le péage plafond à 1500 F, chez les personnes interrogées. Le consentement moyen à payer sur l'autoroute Abidjan – Yamoussoukro est de 4340 F pour les véhicules poids lourds. En effet, on a :

$$DER = \frac{CMP * D_i}{100}$$

Soit :

$$DEP_{ay} = \frac{1840 * 236}{100} = 4340$$

2.2 Estimation du modèle

Conformément à la théorie sur la détermination des facteurs explicatifs de la disposition à payer, l'enquête a permis de retenir comme déterminants : le sexe, le revenu, le niveau d'instruction, le racket, et la distance.

$$\text{Disposition à payer} = f(\text{sexe, revenu, niveau d'instruction, racket, distance})$$

Variables qualitatives : sexe, revenu, racket

Variables quantitatives : revenu, niveau d'instruction, distance

Les résultats des estimations ont été répertoriés selon les catégories de véhicules :

- Les véhicules poids lourds, transport marchandises

R	R-deux	R-deux ajusté	Ecart type estimé
0,309	0,095	0,075	785,811

Tableau 3.6: Modèle estimé, véhicules transport marchandises

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Regression	14636352,914	5	2927270,583	4,741	0,000
Résidu	138937240,160	225	617498,845		
Total	153573593,074	230			

Tableau 3.7: Significativité globale du modèle

*** La détermination des coefficients**

	Coefficients		Coefficients standardisés	t	Sig.
	B	Ecart type	Bêta		
Constante	1577,762	206,833		7,628	0,000
Distance	-0,674	0,292	-0,149	-2,306	0,022
Niveau instruction	61,351	38,056	0,115	1,612	0,100
Rackets	297,665	131,645	0,159	2,261	0,025
Revenu	0,000	0,000	0,067	0,996	0,320
Sexe	-58,902	119,689	-0,033	-0,492	0,623

Tableau 3.8 : Les coefficients du modèle estimé

$$\begin{aligned}
 \text{Disposition à payer} = & 1577,76 + 0,00 \text{Revenu} + 61,35 \text{Instruction} + 297,66 \text{Racket} - 0,67 \text{Distance} - 58,9 \text{Sexe} \\
 & (7,63) \quad (0,32) \quad (1,61) \quad (2,26) \quad (2,31) \quad (0,49)
 \end{aligned}$$

En ce qui concerne les véhicule poids lourds, transport marchandises, le revenu et le sexe ne sont pas des facteurs explicatifs de la disposition à payer. Le péage mettant de facto fin au racket, le fait d'être l'objet de racket influence positivement la disposition à payer au seuil de 5%. Certains enquêtés sont prêts à doubler leur disposition à payer, si le système de péage devait effectivement mettre fin au racket.

Le niveau d'instruction influence positivement la disposition à payer au seuil de 10%, dans cette catégorie de véhicule.

Le péage étant indexé à la distance parcourue pour le système de péage fermé, la distance influence négativement la disposition à payer au seuil de 5%.

- Le transport collectif de plus de 30 places.

R	R-deux	R-deux ajusté	Ecart type estimé
0,279	0,078	0,056	352,870

Tableau 3.9: Modèle estimé, véhicule de plus de 30 places

	Somme des carrés	ddl	Somme des carrés	F	Sig.
Regression	2268866,743	5	453773,349	3,644	0,003
Résidu	26895682,807	216	124517,050		
Total	29164549,550	221			

Tableau 3.10: Significativité globale du modèle

* La détermination des coefficients

	Coefficients		Coefficients standardisés	t	Sig.
	B	Ecart type	Bêta		
Constante	981,025	97,448		10,067	0,000
Distance	-0,310	0,132	-0,156	-2,348	0,020
Niveau instruction	-2,468	17,704	-0,010	-0,139	0,889
Rackets	136,557	60,812	0,157	2,246	0,026
Revenu	0,000	0,000	0,140	2,004	0,046
Sexe	97,865	53,938	0,123	1,814	0,071

Tableau 3.11: Les coefficients du modèle estimé

$$\text{Disposition à payer} = 981,02 + 0,00\text{Revenu} - 2,47\text{Instruction} + 136,56\text{Racket} - 0,31\text{Distance} + 97,86\text{Sexe}$$

(10,07)
(2,04)
(0,14)
(2,25)
(2,35)
(1,81)

Pour la catégorie de véhicule de plus de 30 places, seul le niveau d'instruction n'a pas d'influence sur la disposition à payer. La distance a un effet négatif sur la disposition à payer au seuil de 5%. Le revenu a une influence positive sur la disposition à payer au seuil de 5%. Les hommes ont une disposition à payer plus élevée que celle des femmes. Le sexe est significatif au seuil de 10%. Le fait que les personnes interrogées soient victimes de rackets les pousse à proposer des péages plus élevés, afin que les systèmes de péage mettent fin aux péages clandestins (rackets).

- Le transport collectif de moins de 30 places

R	R-deux	R-deux ajusté	Ecart type estimé
0,264	0,070	0,048	291,000

Tableau 3.12: Modèle estimé, véhicule de moins de 30 places

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Regression	1393625,988	5	278725,198	3,291	0,007
Résidu	18629836,401	220	84681,075		
Total	20023462,389	225			

Tableau 3.13: Significativité globale du modèle

*** La détermination des coefficients**

	Coefficients		Coefficients standardisés	t	Sig.
	B	Ecart type	Bêta		
Constante	778,246	78,610		9,900	0,000
Distance	-0,267	0,108	-0,164	-2,477	0,014
Niveau instruction	8,234	14,446	0,041	0,570	0,569
Rackets	101,795	49,713	0,144	2,048	0,042
Revenu	0,000	0,000	0,087	1,251	0,212
Sexe	57,098	44,244	0,088	1,291	0,198

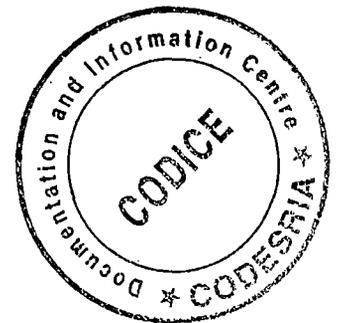


Tableau 3.14: Les coefficients du modèle estimé

$$Disposition \text{ à payer} = 778,25 + 0,00Revenu + 8,23Instruction + 101,79Racket - 0,27Distance + 57,10Sexe$$

(9,90)
(1,25)
(0,57)
(2,05)
(2,48)
(1,29)

Pour les véhicules transport collectif de moins de 30 places, le revenu, le sexe, et le niveau d'instruction n'influencent pas la disposition à payer. La distance influence négativement la disposition à payer au seuil de 5%, et les rackets ou plus précisément la fin des rackets ont un effet positif sur la disposition à payer au seuil de 5% également.

- Les véhicules légers

R	R-deux	R deux ajusté	Ecart type estimé
0,262	0,068	0,049	274,256

Tableau 3.15: Modèle estimé, véhicules légers

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Régression	1337576,970	5	267515,394	3,557	0,004
Résidu	18202412,949	242	75216,582		
Total	19539989,919	247			

Tableau 3.16: Significativité globale du modèle

*** La détermination des coefficients**

	Coefficients		Coefficients standardisés	t	Sig.
	B	Ecart type	Bêta		
Constante	467,013	72,732		6,421	0,000
Distance	-0,180	0,099	-0,115	-1,818	0,070
Niveau instruction	29,218	13,161	0,150	2,220	0,027
Racket	62,579	45,831	0,091	1,365	0,173
Revenu	6,140E-05	0,000	0,035	0,537	0,592
Sexe	76,210	39,312	0,126	1,939	0,054

Tableau 3.17: Les coefficients du modèle estimé

$$\begin{aligned}
 \text{Disposition à payer} = & 467,01 + 0,00 \text{Revenu} + 29,22 \text{Instruction} + 62,58 \text{Racket} - 0,18 \text{Distance} - 76,21 \text{Sexe} \\
 & (6,42) \quad (0,54) \quad (2,22) \quad (1,36) \quad (1,82) \quad (1,94)
 \end{aligned}$$

En ce qui concerne la catégorie de véhicules légers, la distance influence négativement la disposition à payer, au seuil de 10%. La variable sexe influence positivement la disposition à payer au seuil de 10%, ainsi que le niveau d'instruction, au seuil de 5%. Chez cette catégorie de véhicule, les rackets sont nettement moins prononcés, et le coefficient de cette variable n'est pas significatif.

CONCLUSION

L'évaluation de la disposition à payer dans la mise en œuvre des infrastructures de service d'utilité publique, initialement d'accès gratuit, est nécessaire pour l'analyse de l'acceptabilité ou du rejet du projet. Aussi, permet-elle d'orienter la fixation du péage plancher et du péage plafond. L'étude montre, sans ambiguïté, une acceptation du système de péage par les populations. Toutefois, cette réponse positive à l'acceptation du péage, correspond à une attente clairement exprimée, en terme d'amélioration des infrastructures routières, ainsi qu'à la cessation des rackets et tracasseries policières. Les variables qui se sont illustrées comme influençant significativement la disposition à payer, selon les catégories de véhicules, étant le revenu, les rackets, le niveau d'instruction, le sexe, et la distance. Quelque soit le type de véhicule, le revenu a un impact positif sur la disposition à payer dès lors qu'il est significatif. La distance a un impact négatif sur la disposition à payer. En d'autres termes, plus la distance augmente, plus la disposition à payer correspondante baisse. Pour les autres variables, selon le type de véhicule, l'impact est soit positif soit négatif sur la disposition à payer.

CHAPITRE IV : QUEL PEAGE OPTIMAL ?

INTRODUCTION

Le péage a connu une évolution dans le temps et dans l'espace selon la politique économique des pouvoirs publics. Dès le départ, lorsqu'on remonte dans la Rome antique, le péage avait un caractère de taxe pour l'usage des routes, des ponts, des rivières, etc. Il ne visait donc initialement pas à contribuer au financement des infrastructures. C'est à partir du XVII^{ème} siècle que le péage revêtit un caractère économique, avec les théories libérales d'Adam Smith. Pour lui le péage est la contribution des usagers directs ou indirects⁴² des infrastructures de transport, permettant de libérer le budget de l'Etat d'une lourde charge. En effet, le financement des services d'utilité publique ne doit en aucune façon, au risque de créer une injustice, être systématiquement du ressort du contribuable, qui ne bénéficie pas toujours de l'infrastructure.

Dans «La Richesse des Nations», plus précisément dans le livre V, il soulève le problème d'équité du système de péage. Le paragraphe suivant est suffisamment éloquent à cet effet : *«Quand les voitures qui passent sur une grande route ou sur un pont, ou les bateaux qui naviguent sur un canal, paient un droit proportionné à leur poids ou à leur port, ils paient alors l'entretien de ces ouvrages publics, précisément dans la proportion du déchet qu'ils y occasionnent. Il paraît presque impossible d'imaginer une manière plus équitable de pourvoir à l'entretien de ces sortes d'ouvrages. D'ailleurs, si ce droit ou taxe est avancé par le voiturier, il est toujours payé en définitive par le consommateur, qui s'en trouve chargé dans le prix de la marchandise».*

Le système de péage sera pratiqué quasiment par tous les pays occidentaux jusqu'à la seconde moitié du XIX^{ème} siècle, avant de tomber sous la coupe du principe de l'unicité du budget. Mais, depuis les années 90, l'approche du financement par péage, dans le cadre d'un partenariat public-privé gagne du terrain, dans la plupart des pays, notamment les pays en développement.

Le financement des infrastructures routières peut être effectué par le biais de différentes approches tarifaires spécifiques à chaque pays. Dans certains pays, le péage est utilisé dans le cadre de partenariats public - privé pour le financement et la mise en œuvre des routes, alors que dans la

⁴² Les bénéficiaires indirects sont par exemple les consommateurs qui utilisent les biens transportés sur l'ouvrage.

plupart des pays, ce sont les impôts qui sont utilisés pour financer les routes. Pour l'entretien et l'exploitation du réseau l'on a recours à la taxation générale (TVA, impôt sur revenu, etc.) ou à des taxes spécifiques (vignette, taxe à l'essieu, etc.). Mais, de plus en plus, dans les pays en développement, la mise en place de fonds routiers permet de faire face aux besoins spécifiques liés à la gestion des routes.

Le péage revêt plusieurs fonctions, nous pouvons citer, entre autres : la recherche de l'optimum social, le financement des entreprises, la régulation de l'accès, la recherche d'équité.

I. LE PEAGE COMME INSTRUMENT D'EFFICIENCE ECONOMIQUE

1. La tarification au coût social marginal

Pour certains auteurs le péage ne représente pas un instrument d'efficacité économique, et ne contribue donc pas à une allocation optimale des ressources au sens de Pareto. Même si cette assertion présente un intérêt certain, il faut faire la part des choses.

1.1- Le principe de la tarification au coût marginal

Il est bien connu que dans les conditions de concurrence pure et parfaite, la tarification au coût marginal, est celle sensée conduire à l'optimum social. De façon précise, l'équilibre est atteint lorsque l'utilisateur de l'infrastructure paye un prix égal au coût marginal occasionné par le dernier véhicule qui emprunte cette infrastructure.

Toutefois, les infrastructures routières s'illustrent clairement par leur caractère de *monopole naturel fort*. En d'autres termes, les coûts de production sont sous additivement croissants; c'est-à-dire qu'il n'existe aucune technologie permettant d'éviter la duplication des coûts et la destruction des économies d'échelle, si l'infrastructure est fournie par deux ou plusieurs entreprises. Dans ce cas, la courbe de demande coupe la courbe de coût moyen sur sa partie décroissante, la courbe de coût marginal étant inférieure à ce point.

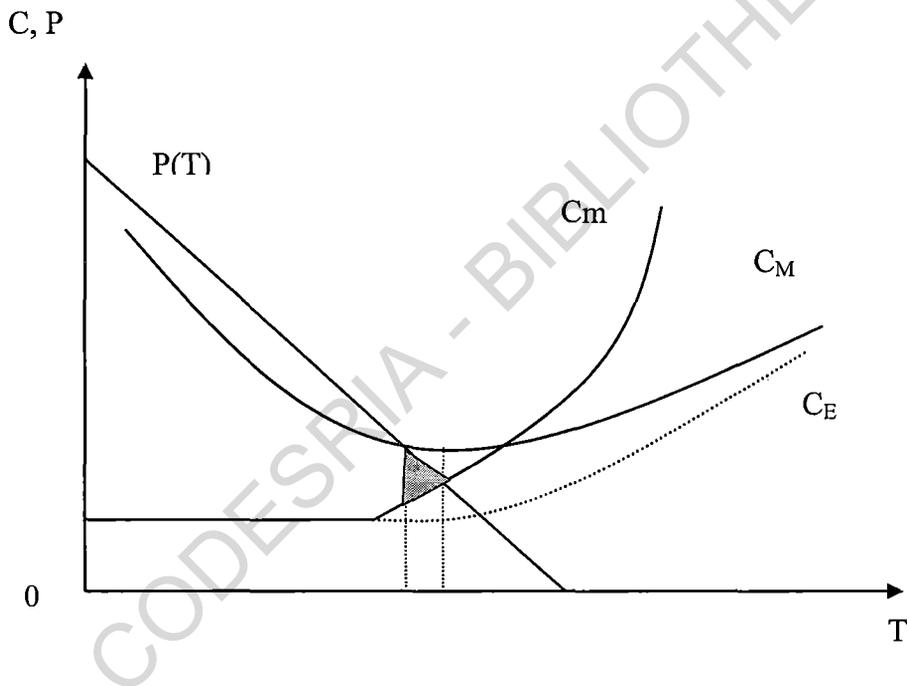
Par conséquent, toute tarification au coût marginal entraîne systématiquement une perte pour le concessionnaire. Le caractère de biens publics mixtes des infrastructures routières, du fait de la possibilité d'exclusion par les prix, et de l'existence de situations d'effets d'encombrement autorise leur mise à péage.

Définition :

Un bien est dit bien public lorsqu'il ne respecte pas le principe d'exclusion par les prix et le principe de rivalité. Il sera qualifié de pur s'il respecte simultanément les conditions suivantes :

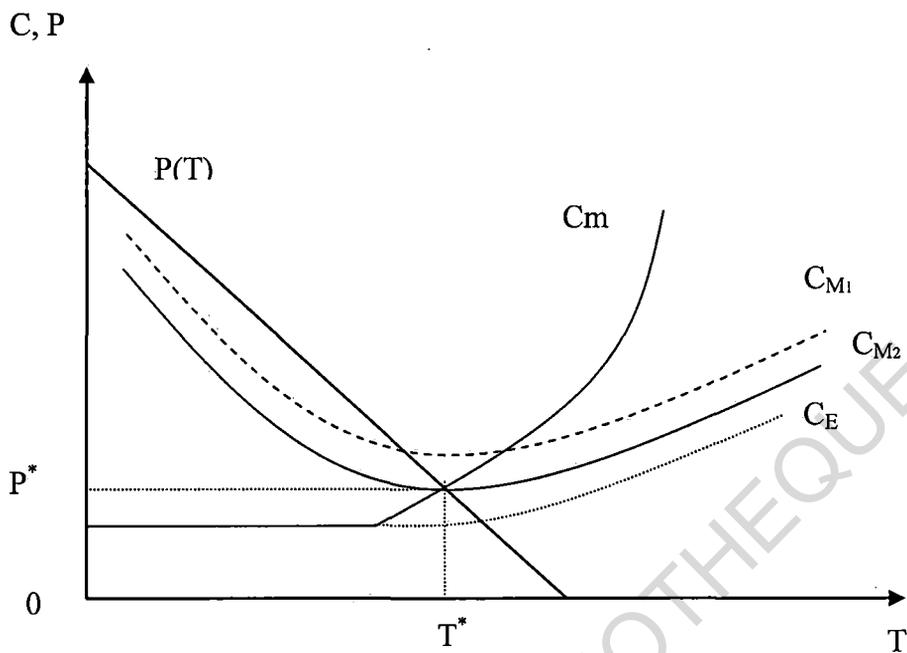
- *Impossibilité d'exclusion d'usage*
- *Absence d'effets d'encombrement*
- *Obligation d'usage*

Dans le cas contraire, il sera qualifié de bien public mixte ou bien de club.



Graphique 4.1 : Illustration de la perte (zone grise) liée à une tarification au C_m

Le coût moyen (C_M) étant supérieur au coût marginal (C_m) en la partie où ce dernier intercepte le coût moyen, il y a inéluctablement une perte pour l'entreprise en cas de tarification au C_m . C_E étant le coût d'exploitation du concessionnaire. La tarification au coût moyen détériorant le surplus du consommateur, il faut procéder à un dimensionnement de l'infrastructure routière.



Graphique 4.2 : illustration du dimensionnement de l'investissement (tarification au Cm)

Un ajustement des coûts d'investissement, notamment des coûts fixes, qui correspond à une baisse de ces derniers, permet d'adapter la taille de l'ouvrage au niveau de la demande. Le coût moyen de long terme passe donc de C_{M1} à C_{M2} . Ce qui permet une tarification au coût marginal, sans perte pour le concessionnaire, qui arrive à couvrir ses coûts de production.

Pour procéder à la détermination du péage optimal, nous allons nous baser sur un modèle de Lambert in Bernard (1993). A la différence de cette approche, nous exprimons les inputs (en terme de coûts d'exploitation) en fonction du trafic, puis nous adjoignons une fonction de racket et une fonction de congestion liée aux barrages routiers. Nous considérons, en interurbain, le coût lié à la pollution atmosphérique comme négligeable.

Dans le cadre du trafic interurbain, nous faisons les hypothèses suivantes :

- Il n'existe pas de congestion endogène au trafic.
- Il existe un seuil écologique pour lequel la nature assimile sans dommage la pollution liée aux échappements de combustibles des véhicules.

Soient les variables suivantes :

T : le trafic de véhicules,

C_T : le coût social total du trafic,

A : les accidents routiers,

R : les rackets,

C : les coûts d'exploitation supportés les transporteurs et les automobilistes,

B : le nombre de barrages routiers.

Le nombre d'accidents est une fonction croissante et linéaire du trafic :

$$A = - A_0 + \sigma T$$

Il existe une relation négative entre le nombre de rackets et le niveau de trafic :

$$R = R_0 - \nu T$$

Le nombre de barrages routiers diminue les rotations, affecte par conséquent négativement le niveau de trafic et constitue un manque à gagner pour les transporteurs, et les autres automobilistes.

Soit :

$$B = B_0 - \rho T$$

Les coûts d'exploitation en terme d'inputs sont fonctions décroissantes puis croissantes du trafic. De façon individuelle, pour chaque transporteur et automobiliste j , on a :

$$C_j = C_{0j} + \gamma_j T_j^2 - \eta_j T_j,$$

Où q_j représente le trafic effectué, C_{0j} étant les coûts fixes qu'il supporte.

On a alors, pour l'ensemble des usagers :

$$\sum_{j=1}^N C_j = \sum_{j=1}^N C_{0j} + \sum_{j=1}^N \gamma_j T_j^2 - \sum_{j=1}^N \eta_j T_j,$$

Soit :

$$C = C_0 + \gamma T^2 - \eta T,$$

A_0, B_0, C_0 , et R_0 sont des constantes positives.

N étant le nombre total d'usagers de la route.

Le coût social total du trafic est donc :

$$C_T = C + \alpha A + \delta R + \beta B$$

Les paramètres α, δ , et β (positifs) étant les prix (coûts unitaires).

$$C_T = C_0 + \gamma T^2 - \eta T + \alpha(-A_0 + \sigma T) + \delta(R_0 - \nu T) + \beta(B_0 - \rho T),$$

Le niveau de trafic sera optimal dès lors que le péage demandé aux usagers de la route sera égal au coût social marginal, noté C_m . Ce coût est obtenu en dérivant la fonction de coût total C_T par rapport au volume de trafic T .

On a alors :

$$\frac{\partial C_T}{\partial T} = 2\gamma T - \eta + \alpha\sigma - \delta\nu - \beta\rho$$

ou encore :

$$C_m = 2\gamma T - \eta + \alpha\sigma - \delta\nu - \beta\rho$$

Le coût moyen du trafic est :

$$\bar{C} = \frac{C_T}{T}$$

Soit :

$$\frac{C_T}{T} = \frac{C_0 - \alpha A_0 + \delta R_0 + \beta B_0}{T} + \gamma T - \eta + \alpha \sigma - \delta \nu - \beta \rho$$

On remarque que la seconde partie du coût moyen n'est rien d'autre que le C_m , à γT près.

D'où :

$$\frac{\partial C_T}{\partial T} = \bar{C} + \gamma T - \frac{C_0 - \alpha A_0 + \delta R_0 + \beta B_0}{T}$$

Le coût moyen effectivement supporté par les usagers de la route est \bar{C} . S'il ne paye que ça, qui n'est rien d'autre que le *coût privé*, le prix ne sera donc pas égal au coût marginal social. Par conséquent le niveau de trafic ne sera pas optimal pour la collectivité.

Pour qu'il en soit ainsi, il faut qu'en plus de son coût privé, l'usager paye le coût externe, qui n'est rien d'autre que le péage optimal P . De sorte que nous avons :

$$P = \gamma T - \frac{C_0 - \alpha A_0 + \delta R_0 + \beta B_0}{T}$$

avec $T > 0$

Proposition 1 :

Le péage croît avec le niveau de trafic, le coût lié aux accidents (externalité causée par les automobilistes) et décroît avec les pertes liées aux tracasseries et rackets routiers (dommages infligés aux usagers de la route).

Finalement, le coût social marginal s'établit comme suit :

$$C_m = \bar{C} + P$$

Proposition 2 :

Le coût marginal social est égal au coût moyen supporté par l'usager plus le péage optimal.

Nous avons un péage nul ssi :

$$\gamma T - \frac{C_0 - \alpha A_0 + \delta R_0 + \beta B_0}{T} = 0$$

Soit :

$$\frac{\gamma T^2 - C_0 + \alpha A_0 - \delta R_0 - \beta B_0}{T} = 0$$

D'où :

$$\tilde{T} = \sqrt{\frac{C_0 - \alpha A_0 + \delta R_0 + \beta B_0}{\gamma}}$$

Par conséquent, le péage est non nul, pour :

$$T > \sqrt{\frac{C_0 - \alpha A_0 + \delta R_0 + \beta B_0}{\gamma}}$$

1.2. Détermination de l'optimum social

La détermination du surplus social maximum requiert la maximisation du gain social, qui est la différence entre le Bénéfice social et le coût social.

On a :

$$\max_Q \{B_T - C_T\}$$

La résolution de ce programme, nous donne :

$$Bm(T) = Cm(T)$$

Proposition 3 :

A l'optimum social, le bénéfice social marginal est égal au coût social marginal.

Le bénéfice marginal étant une fonction décroissante de la quantité, on a :

$$Bm = Bm_0 - \zeta T$$

Sachant qu'on a :

$$Cm = 2\gamma T - \eta + \alpha\sigma - \delta\nu - \beta\rho$$

L'équation peut se réécrire :

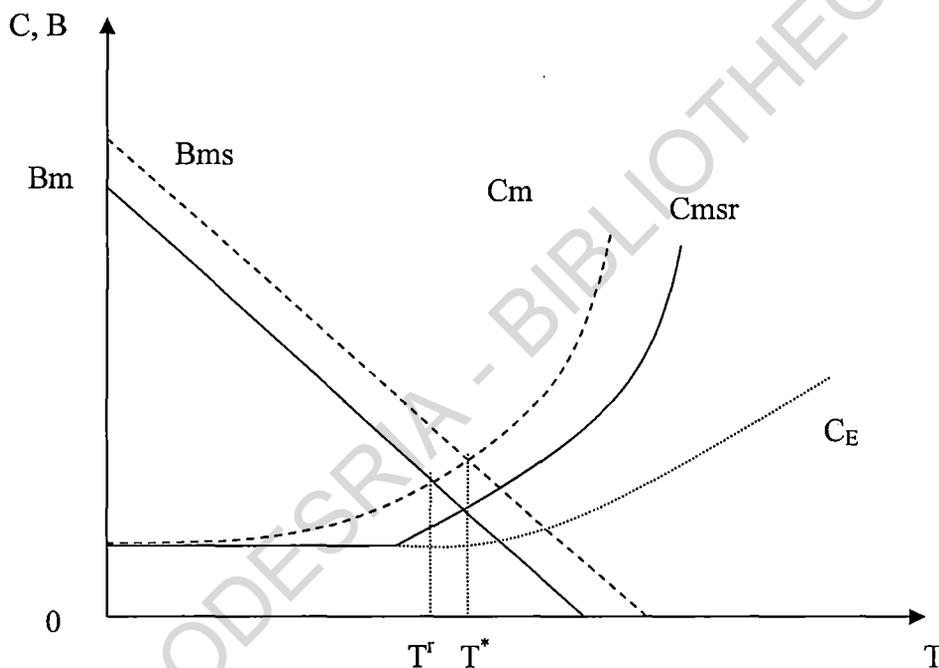
$$Bm_0 - \zeta T = 2\gamma T - \eta + \alpha\sigma - \delta\nu - \beta\rho$$

Le niveau de trafic optimal est alors :

$$T^* = \frac{1}{2\gamma + \zeta} (Bm_0 + \eta + \delta\nu + \beta\rho - \alpha\sigma)$$

On en déduit le péage optimal :

$$P^* = \frac{\gamma}{2\gamma + \zeta} (Bm_0 + \eta + \delta\nu + \beta\rho - \alpha\sigma) - (2\gamma + \zeta) \frac{(C_0 - \alpha A_0 + \delta R_0 + \beta B_0)}{Bm_0 + \eta + \delta\nu + \beta\rho - \alpha\sigma}$$



Graphique 4.3 : illustration du bénéfice social et du coût social selon le niveau de trafic

En présence de rackets et tracasseries, l'utilisateur égalise son coût marginal privé à son bénéfice marginal privé, l'on obtient alors le niveau de trafic T^f , qui est sous optimal par rapport au bénéfice social attendu. La fin des rackets et tracasseries fait baisser le coût marginal privé de C_m à C_{msr} . Dans ce cas, en égalisant son coût privé à son bénéfice privé, on obtient le niveau optimal de trafic T^* . L'ancien coût privé devient alors le coût social, son égalisation au bénéfice marginal social correspond bien à T^* .

2. Différenciation tarifaire et optimum social

2.1. Le modèle de congestion

En présence de congestion, comme c'est le cas de la voie express Abidjan – Grand-Bassam, le coût de production de l'entreprise est fonction de la capacité maximale de l'infrastructure T_M , du trafic en temps normal T_n , et du trafic de la congestion T_c . Le coût de production est alors composé de trois parties, le coût fixe, le coûts variable et le surcoût lié à la congestion, surcoût d'autant plus grand que le trafic tend vers la capacité maximale de l'infrastructure routière. Sur l'ensemble des 24 heures, la congestion porte sur 4 heures de temps, de 8h à 10h le matin et de 17h30 à 19h30 en début de soirée.

La fonction⁴³ de coût de production de court terme est donc :

$$C^{ct}_{(T_n, T_c, T_M)} = \beta T_M + c(T_n + T_c) + \frac{\gamma}{T_M - \frac{T_c}{4}} \quad (1)$$

Coût fixe
Coût variable
Surcoût

Nous déterminons la fonction de coût total de long terme en optimisant celle de court terme par rapport à la capacité maximale à installer. En effet, à long terme l'on recherche la taille optimale de l'entreprise, tous les coûts deviennent variables, il n'y a plus de coût fixe.

Le programme est le suivant :

$$\min_{T_M} \{ C^{ct} \}$$

On a :

$$1) \frac{\partial C^{ct}}{\partial T_M} = 0$$

$$2) \frac{\partial^2 C^{ct}}{\partial T_M^2} > 0$$

⁴³ Cette fonction est inspirée de Picard (1987), *Éléments de microéconomies : théorie et applications*, P. 334.

La capacité optimale de l'infrastructure est alors :

$$T_M^* = \sqrt{\frac{\gamma}{\beta} + \frac{T_c}{4}} \quad (2)$$

Nous en déduisons le coût total de production de long terme :

$$C''_{(T_n, T_c)} = (c + \frac{\beta}{4})T_c + cT_n + 2\sqrt{\beta\gamma} \quad (3)$$

2.2. Détermination des péages optimaux

Le profit du concessionnaire est :

$$\pi = P.(T_n + T_c) - C''(T_n, T_c) \quad (4)$$

Soit :

$$\pi = P.(T_n + T_c) - \left[(c + \frac{\beta}{4})T_c + cT_n + 2\sqrt{\beta\gamma} \right] \quad (5)$$

Le péage en temps normal requiert $\frac{\partial \pi}{\partial T_n} = 0$

D'où :

$$P = c \quad (6)$$

Pour le péage de congestion, nous avons $\frac{\partial \pi}{\partial T_c} = 0$

Soit :

$$P = c + \frac{\beta}{4} \quad (7)$$

Dans ces conditions, le péage vise à corriger le dysfonctionnement causé par la congestion, il s'établit au coût marginal de long terme, correspondant à la période de fluidité et à la période de congestion.

II. LE PEAGE COMME INSTRUMENT DE FINANCEMENT

1. La prise en compte de la contrainte budgétaire

Il s'agit de maximiser le surplus social net sous contrainte de l'équilibre financier du concessionnaire.

1.1. La détermination de la fonction de bien-être sociale

Le surplus social, noté W , est le bénéfice net que l'ensemble de la communauté tire du fait d'une activité de production. Il est égal à la somme du surplus du consommateur et de celui du producteur :

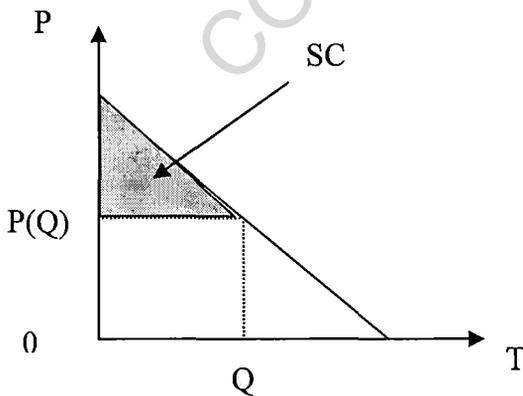
$$W = SC + SP$$

Définition 1 :

Le surplus de l'utilisateur (consommateur) est égal au gain d'utilité lié à un péage inférieur à sa disposition maximale à payer.

Le surplus de l'utilisateur :

$$SC = \int_0^Q P(T) dT - P(Q)Q \quad (1)$$



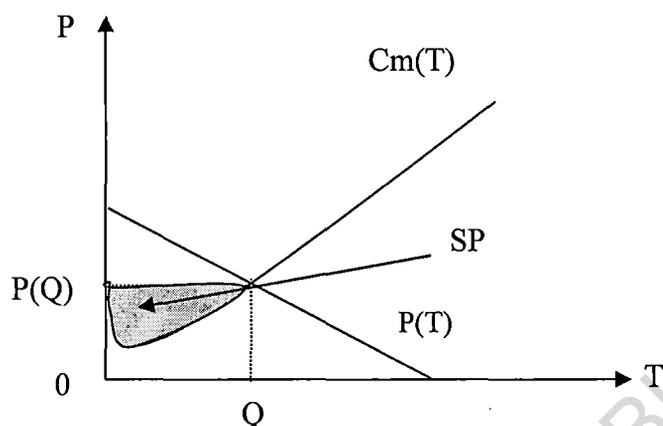
Graphique 4.4 : illustration du surplus du consommateur

Définition 2 :

Le surplus du concessionnaire ou surplus du producteur (SP) est le profit que ce dernier tire de son activité de production (fournisseur d'infrastructure de transport routier interurbain).

Le surplus du producteur :

$$SP = P(Q) \cdot Q - \int_0^Q c(T) dT \quad (2)$$



Graphique 4.5 : illustration du surplus du producteur

Définition 3 :

C'est le bénéfice net que l'ensemble de la communauté tire du fait d'une activité de production. C'est le surplus du consommateur plus celui du producteur. $SS = SC + SP$

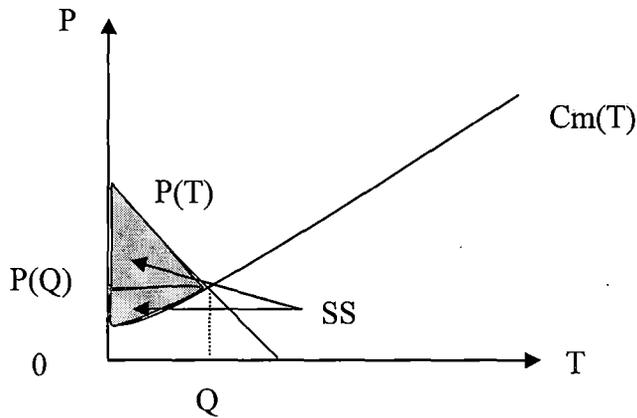
Le surplus social traduit le niveau de bien-être des populations. En effet, c'est à partir du surplus social que l'on déduit la fonction de bien-être social W .

Le surplus social est alors :

$$W = \int_0^Q P(T) dT - P(Q)Q + P(Q)Q - \int_0^Q c(T) dT \quad (3)$$

D'où :

$$W = \int_0^Q (P(T) - c) dT \quad (4)$$



Graphique 4.6 : illustration du surplus social

1.2. L'optimum contraint ou optimum de second rang

La contrainte de participation du concessionnaire :

$$\int_{-d}^0 -I_0 \cdot e^{-\alpha t} \cdot dt + \int_0^{\tau} (P(Q) - c) Q \cdot e^{-\alpha t} \cdot dt \geq 0 \quad (5)$$

Le programme de maximisation du bien-être social est alors :

$$\max_T \left\{ \int_0^Q (P(T) - c) dT \right\}$$

Sc.

$$\int_{-d}^0 -I_0 \cdot e^{-\alpha t} \cdot dt + \int_0^{\tau} ((P(Q) - c) Q) \cdot e^{-\alpha t} \cdot dt \geq 0$$

Le lagrangien associé au programme est alors :

$$L = \int_0^Q (P - c) dT + \lambda \left[\int_{-d}^0 -I_0 \cdot e^{-\alpha t} \cdot dt + \int_0^{\tau} (P(Q) - c) Q \cdot e^{-\alpha t} \cdot dt \right] \quad (6)$$

En horizon infini, on a :

$$L = \int_0^Q (P(T) - c) dT + \frac{\lambda}{\alpha} \left[I_0 (1 - e^{\alpha d}) + (P(Q) - c) Q \right] \quad (7)$$

L'optimisation du Lagrangien suppose $\frac{\partial L}{\partial Q} = 0$

La dérivée nous donne :

$$P(Q) - c + \frac{\lambda}{\alpha} \left[\frac{\partial P}{\partial Q} \cdot Q + P(Q) - c \right] = 0 \quad (8)$$

D'où :

$$\frac{P - c}{P} = \frac{-\lambda}{(\alpha + \lambda)} \cdot \frac{1}{\varepsilon_p} \quad (9)$$

Où ε_p désigne l'élasticité péage de la demande, et $(\alpha + \lambda)$ le coût de fonds publics actualisé.

Avec :

$$\varepsilon_p = \frac{\partial Q}{\partial P} \cdot \frac{P}{Q} \quad (10)$$

Nous retrouvons la règle de Ramsey-Boiteux.

A l'optimum de second rang, l'écart relatif entre le prix et le coût marginal est proportionnel à l'inverse de l'élasticité prix de la demande.

L'écart relatif entre le prix et le coût marginal est appelé taux de marge ou indice de Lerner. Il traduit la capacité de l'entreprise à fixer un prix supérieur au coût marginal⁴⁴, c'est pourquoi il est également appelé indice du pouvoir du monopole.

Lorsque les paramètres sont connus, la valeur de λ est déterminée par interpolation, en saturant la contrainte de participation.

⁴⁴ La tarification au coût marginal correspondant à la situation de concurrence pure et parfaite.

1.2.1. Le cas où la recette nette est constante

La fonction de demande est :

$$T = a - bP \quad (11)$$

D'où :

$$\mathcal{E}_P = -\frac{bP}{a-bP} \quad (12)$$

$$\frac{P-c}{P} = \frac{\lambda}{(\lambda+\alpha)} \cdot \frac{(a-bP)}{bP} \quad (13)$$

Le péage optimal est alors :

$$P = \frac{bc(\lambda+\alpha) + \lambda a}{b(2\lambda+\alpha)} \quad (14)$$

Le péage, dans le cadre de la prise en compte de l'équilibre budgétaire, est donc :

$$P^{EB} = \frac{\lambda(a+bc) + \alpha bc}{2\lambda b + \alpha b} \quad (15)$$

1.2.2. Le cas où la recette nette est croissante

La fonction de demande étant :

$$T = (a - bP)e^{\delta t} \quad (16)$$

Le programme de maximisation du bien-être social est :

$$\max_T \left\{ \int_0^Q (P(T) - c) dT \right\}$$

Sc

$$\int_{-d}^0 I_0 e^{-\alpha t} dt + \int_0^r ((P(Q) - c)Q) e^{\delta t} e^{-\alpha t} dt \geq 0 \quad (17)$$

Le lagrangien associé au programme est alors :

$$L = \int_0^Q (P(T) - c) dT + \lambda \left[\int_{-d}^0 I_0 e^{-\alpha t} dt + \int_0^r (P(Q) - c)Q \cdot e^{(\delta - \alpha)t} dt \right] \quad (18)$$

En horizon infini :

$$L = \int_0^Q (P(T) - c) dT + \lambda \left[\frac{I_0}{\alpha} (1 - e^{\alpha d}) - \frac{(P(Q) - c)Q}{\delta - \alpha} \right] \quad (19)$$

L'optimisation du Lagrangien suppose $\frac{\partial L}{\partial Q} = 0$

La dérivée nous donne :

$$P - c - \frac{\lambda}{\delta - \alpha} \left[\frac{\partial P}{\partial Q} \cdot Q + P - c \right] = 0 \quad (20)$$

L'écart relatif entre le péage et le coût marginal ou indice de Lerner est alors :

$$\frac{P - c}{P} = \frac{-\lambda}{(\lambda + \alpha - \delta)} \cdot \frac{1}{\mathcal{E}_p} \quad (21)$$

Où $\lambda + \alpha - \delta$ n'est rien d'autre que le coût de fonds publics actualisé.

Calculons l'élasticité prix de la demande

On sait que :

$$T = (a - bP)e^{\delta}$$

Où :

$$\mathcal{E}_P = -\frac{bP}{a - bP} \quad (22)$$

$$\frac{P - c}{P} = \frac{\lambda}{(\lambda + \alpha - \delta)} \cdot \frac{(a - bP)}{bP} \quad (23)$$

Ce qui implique :

$$P = \frac{bc(\lambda + \alpha - \delta) + \lambda a}{b(2\lambda + \alpha - \delta)} \quad (24)$$

Le péage optimal, dans le cadre de la prise en compte de l'équilibre budgétaire, est donc :

$$P^{EB} = \frac{\lambda(a + bc) + (\alpha - \delta)bc}{2\lambda b + (\alpha - \delta)b} \quad (25)$$

2. L'optimisation de l'investissement

La recherche de la taille optimale de l'investissement, en matière d'infrastructures routières a toujours été un souci chez les économistes. Ainsi, Adam Smith, écrit :

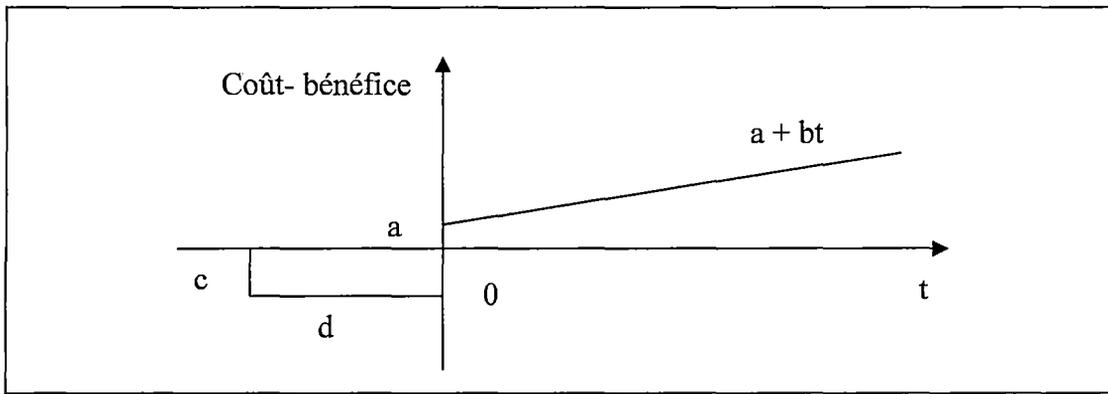
«Lorsque les grandes routes, les ponts, les canaux, etc. sont ainsi construits et entretenus par le commerce même qui se fait par leur moyen, alors ils ne peuvent être établis que dans les endroits où le commerce a besoin d'eux et, par conséquent, où il est à propos de les construire. La dépense de leur construction, leur grandeur, leur magnificence, répondent nécessairement à ce que le commerce peut suffire de payer. Par conséquent, ils sont nécessairement établis comme il est à propos de les faire. Dans ce cas, il n'y aura pas moyen de faire ouvrir une magnifique grande route dans un pays désert, qui ne comporte que peu ou point de commerce, simplement parce qu'elle mène à la maison de campagne de l'intendant de la province ou au château de quelque grand seigneur auquel l'intendant cherchera à faire sa cour. On ne s'avisera pas d'élever un large pont sur une rivière, à un endroit où personne ne passe, et seulement pour embellir la vue des fenêtres d'un palais voisin ; choses qui se voient quelquefois dans ces provinces où les travaux de ce genre sont payés sur un autre revenu que celui fourni par ces travaux mêmes».

Pour la détermination de la rentabilité socio-économique des projets routiers interurbains ivoiriens, nous évaluons le surplus social net généré par l'infrastructure. Nous nous inspirons des travaux de Bonnafous et Jansen (2004), qui constituent pour nous une approche ingénieuse de l'analyse socio-économique dans le cadre de la mise en œuvre des infrastructures routières.

La méthode utilisée par Bonnafous et Jansen, très pragmatique, relève de l'analyse coûts – bénéfices.

La valeur actuelle nette du projet est donnée par :

$$VAN = \int_{-d}^0 -c \cdot e^{-at} \cdot dt + \int_0^T (a + b \cdot t) \cdot e^{-at} \cdot dt$$



Graphique 4.7 : Analyse coût – bénéfice

Source : Bonnafous et Jansen (2004)

En horizon infini, le taux qui annule la valeur actuelle nette, ou taux de rentabilité interne (TRI), noté α_0 est donné par :

$$c(1 - e^{-\alpha_0 d}) + a + \frac{b}{\alpha_0} = 0$$

Le taux de subvention ayant pour finalité de baisser le coût annuel de construction et d'accroître la rentabilité financière de l'ouvrage, on a :

$$\tau = 1 - \frac{a(\alpha_0 + \delta) + b}{c(\alpha_0 + \delta)(e^{(\alpha_0 + \delta)d} - 1)}$$

Nous réspecifions le modèle par la prise en compte du péage. L'évaluation de la rentabilité socio-économique d'une infrastructure autoroutière reste très complexe, et exige un grand nombre d'informations sur la mise en œuvre de l'ouvrage. Pour des raisons pédagogiques, nous utilisons une approche simplifiée, sans toutefois perdre de vue la nécessité d'une symbiose entre la théorie et la pratique, qui demeure une exigence de scientificité.

Soient I_0 , le coût annuel de construction de l'autoroute ; C_E , le coût d'exploitation annuelle ; P , le péage routier ; T , le niveau de trafic, et τ la durée de la concession.

$$VAN = \int_{-d}^0 -I_0 e^{-\alpha t} dt + \int_0^{\tau} (P(T)T - C_E) e^{-\alpha t} dt \quad (1)$$

Avec :

$$C_E = cT \quad (2)$$

c étant le coût marginal

$P(T).T$: Recette totale

$P(T).T - C_E$: Recette nette, ou bénéfice d'exploitation.

D'où :

$$VAN = \int_{-d}^0 -I_0 \cdot e^{-\alpha t} \cdot dt + \int_0^{\tau} (P(T) - c)T \cdot e^{-\alpha t} \cdot dt \quad (3)$$

2.1. Cas où la recette nette est constante

2.1.1. Le modèle

La demande (le trafic) est une fonction inverse du prix (le péage). Lorsque le péage augmente, toute chose étant égale par ailleurs, la demande baisse.

Soit :

$$T = a - bP \quad (4)$$

a et b sont des paramètres positifs, avec $a > b$.

a étant le trafic de base, pour $P=0$, on a $T=a$.

La VAN devient alors :

$$VAN = \int_{-d}^0 -I_0 \cdot e^{-\alpha t} \cdot dt + \int_0^{\tau} ((P-c)(a-bP)) \cdot e^{-\alpha t} \cdot dt \quad (5)$$

Soit :

$$VAN = \int_{-d}^0 -I_0 \cdot e^{-\alpha t} \cdot dt + \int_0^{\tau} ((P-c)(a-bP)) \cdot e^{-\alpha t} \cdot dt \quad (6)$$

Ou encore :

$$VAN = \left[\frac{I_0}{\alpha} e^{-\alpha t} \right]_{-d}^0 - \left[\frac{(P-c)(a-bP)}{\alpha} e^{-\alpha t} \right]_0^{\tau} \quad (7)$$

En horizon infini, la VAN peut se réécrire :

$$VAN = \frac{I_0(1 - e^{-\alpha d})}{\alpha} + \frac{(P-c)(a-bP)}{\alpha} \quad (8)$$

Déterminons le taux qui annule la VAN, c'est-à-dire le taux de rentabilité interne.

$$\frac{I_0(1-e^{-\alpha_i d})}{\alpha_i} + \frac{(P-c)(a-bP)}{\alpha_i} = 0 \quad (9)$$

Soit :

$$I_0(1-e^{-\alpha_i d}) + (P-c)(a-bP) = 0 \quad (10)$$

Ou encore :

$$e^{-\alpha_i d} = 1 + \frac{(P-c)(a-bP)}{I_0} \quad (11)$$

Le taux de rentabilité interne est donc :

$$\alpha_i = \frac{1}{d} \ln \left[1 + \frac{(P-c)(a-bP)}{I_0} \right] \quad (12)$$

Le taux de rentabilité est fonction du péage, de la durée de construction de l'infrastructure, de l'investissement initial et du trafic de base a .

Remarques :

- Si l'on procède à une tarification au coût marginal, $P=c$, sensé assurer l'optimum social, le taux de rentabilité interne est nul. Soit $\alpha_i=0$, c'est à dire qu'il n'y a aucun profit. Il est évident qu'un tel projet ne peut attirer aucun concessionnaire, dans la mesure où le TRI est toujours inférieur aux taux du marché.

- Si l'investissement tend vers l'infini, on a également $\alpha_i=0$.

De façon générale,

$$\alpha_i = \frac{1}{d} \ln \left[1 + \frac{RTN}{I_0} \right] \quad (13)$$

Quel est le péage qui optimise la VAN ?

Le programme d'optimisation est le suivant :

$$\max_P \{VAN\}$$

Les conditions de premier et second ordres requièrent respectivement :

$$1) \quad \frac{\partial VAN}{\partial P} = 0$$

$$2) \quad \frac{\partial^2 VAN}{\partial P^2} < 0$$

$$1) \quad (a - bP) - b(P - c) = 0 \quad (14)$$

D'où :

$$P = \frac{a + bc}{2b} \quad (15)$$

$$2) \quad \frac{\partial^2 VAN}{\partial P^2} = -\frac{2b}{\alpha} \quad (16)$$

A l'optimum, l'entreprise fixe le péage à $P^M = \frac{a + bc}{2b}$

En réalité, ce péage est celui qui maximise la recette nette actualisée, il ne prend pas en compte l'investissement initial.

Dans ce cas, la VAN est :

$$VAN = \frac{I_0(1-e^{-\alpha d})}{\alpha} + \frac{(P^M - c)(a - bP^M)}{\alpha} \quad (17)$$

Le taux de rentabilité interne est alors donné par la relation :

$$\frac{I_0(1-e^{-\alpha_i d})}{\alpha_i} + \frac{(a - bc)^2}{\alpha_i 4b} = 0 \quad (18)$$

Soit :

$$e^{-\alpha_i d} = 1 + \frac{(a - bc)^2}{4bI_0} \quad (19)$$

Le taux de rentabilité interne optimal est alors :

$$\alpha_i = \frac{1}{d} \ln \left[1 + \frac{(a - bc)^2}{4bI_0} \right] \quad (20)$$

2.1.2. Application

Approximation de la fonction de coût :

Le coût d'exploitation des routes est en moyenne de 6742131 Fcfa/Km,

Nous considérons un trafic *moyen jour année* de 5000 véhicules,

On a donc un coût marginal de 1348 Fcfa/véhicules/Km/jour,

Soit, $c = 1348$.

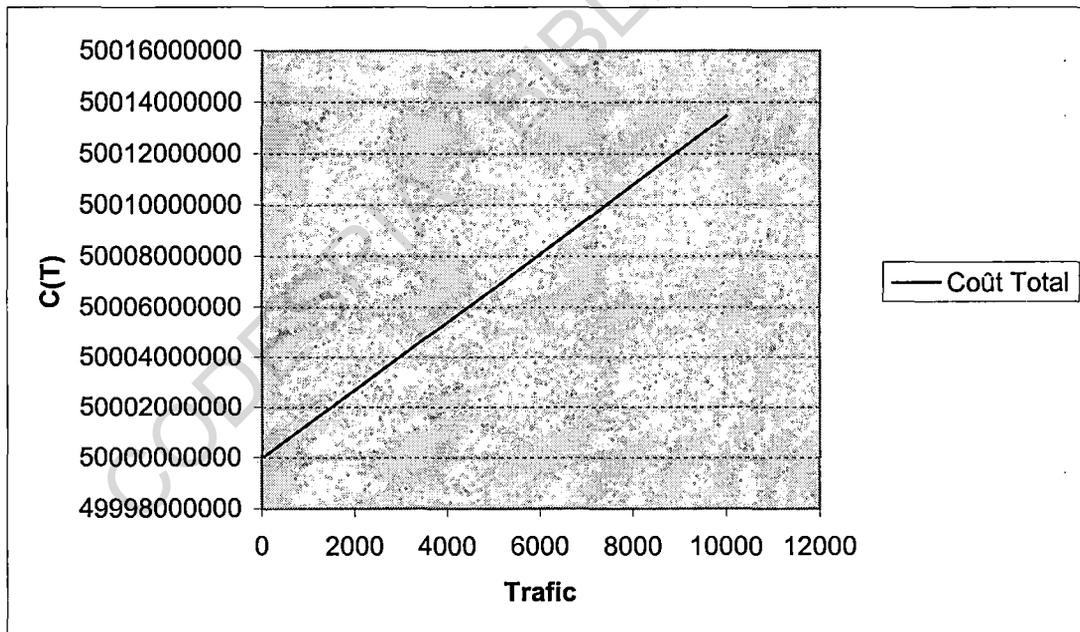
D'où :

$$C_e(T) = 1348T \quad (21)$$

Le coût moyen au Km de construction d'une infrastructure routière est 200 millions de Fcfa, ce qui correspond à un coût de construction I_0 égal à 50 milliards.

La fonction de coût total est alors :

$$C(T) = 5 \cdot 10^{10} + 1348.T \quad (22)$$



Graphique 4.8 : La fonction de coût total de long terme

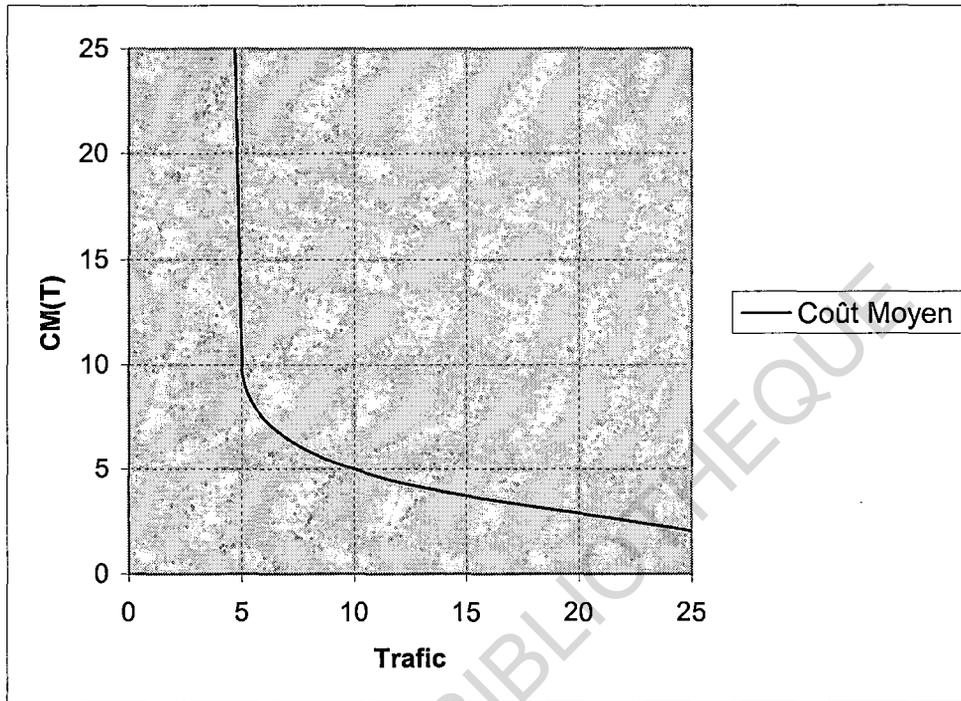
La fonction de coût total de long terme est l'enveloppe des coût totaux de court terme.

La fonction de coût moyen de long terme est donnée par :

$$CM(T) = \frac{C(T)}{T} \quad (23)$$

D'où :

$$CM(T) = \frac{5 \cdot 10^{10}}{T} + 1348 \quad (24)$$



Graphique 4.9 : La fonction de coût moyen de long terme

Trafic en millier de véhicules / jour et CM(T) en milliards de F CFA.

La décroissance de la fonction de coût moyen de long terme traduit l'existence d'une situation de rendement d'échelle croissant, et donc de monopole naturel. Situation qui est la caractéristique des infrastructures autoroutières.

La fonction de coût marginal :

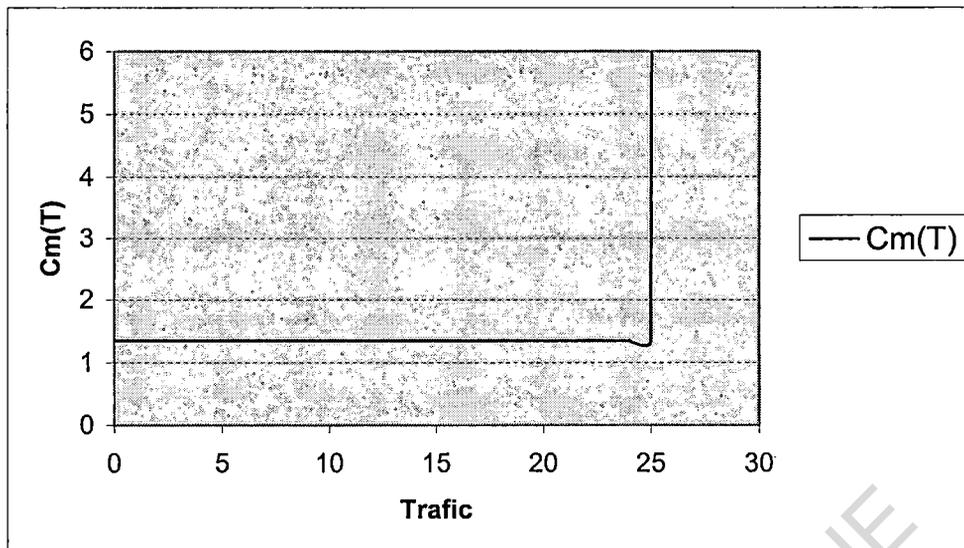
$$Cm(T) = \frac{\partial C(T)}{\partial T} \quad (25)$$

$$Cm(T) = 1348 \quad (26)$$

Pour $T \leq 25000$, $Cm(T) = 1348$

Pour $T > 25000$ ⁴⁵, $Cm(T) = +\infty$ (27)

⁴⁵ La capacité maximale de l'infrastructure étant de 25000 véhicules / jour, tout trafic au-delà de ce niveau fait que le coût marginal tend vers l'infini.



Graphique 4.10 : La fonction de coût marginal de long terme

Trafic en millier de véhicules/jour et $C_m(T)$ en milliers de F CFA.

La fonction de coût marginal de long terme est une fonction coudée, qui est la caractéristique des biens et services d'infrastructure, à contrainte de capacité.

Approximation de la fonction de demande⁴⁶ :

La fonction de demande linéaire est de la forme :

$$T = a - bP$$

Le trafic maximum est 10000 véhicules / jour

La disposition maximale à payer est 5000 Fcfa

Pour $P = 0$, on a $T = 10000$, par conséquent $a = 10000$

Pour $P = 5000$, $T = 0$, d'où $b = 2$.

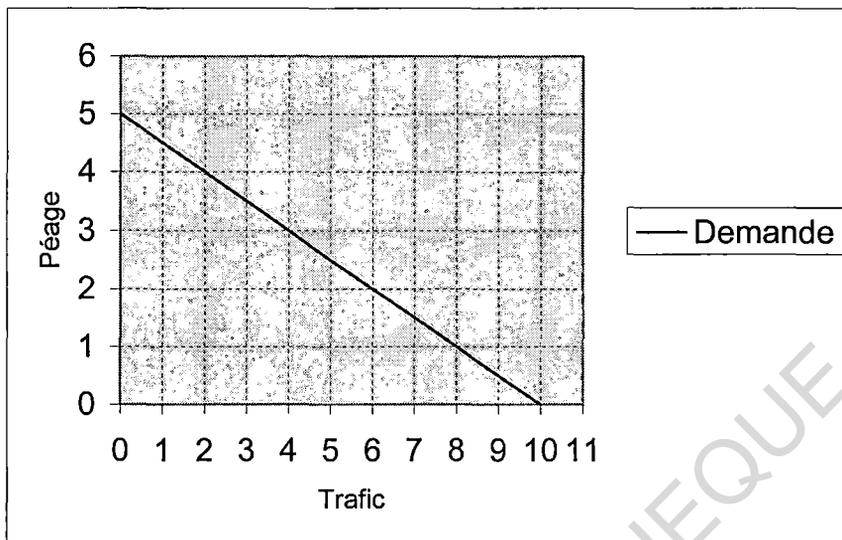
On a donc la fonction de demande qui est :

$$T = 10000 - 2P \quad (28)$$

⁴⁶ La fonction de demande peut être approchée par une fonction de demande linéaire.

La fonction de demande inverse est alors :

$$P=5000-\frac{1}{2}T \quad (29)$$



Graphique 4.11 : Fonction de demande inverse

Le trafic en millier de véhicules/jour et le péage en milliers de F CFA.

La durée de construction de l'ouvrage est 3 ans, $d = 3$.

Dans ces conditions, le taux de rentabilité interne est :

$$\alpha_i = \frac{1}{3} \ln \left[1 + \frac{(10000 - 2 \cdot 1348)^2}{4 \cdot 10^{11}} \right]$$

$$\alpha_i = 4,445 \cdot 10^{-3} \%$$

Le taux de rentabilité de l'autoroute, dans ce cas, est très faible, quasiment nul.

Le péage étant fixé à $P^M = \frac{a+bc}{2b}$, soit $P^M = 3174$.

Déterminons donc le taux de subvention compatible au taux de rentabilité nécessaire à la mise en œuvre de l'infrastructure.

Le taux de subvention fait baisser le coût annuel de construction et accroît la rentabilité financière de l'ouvrage, on a donc :

$$(1-s)I_0(1-e^{(\alpha_i+\theta)}) + \frac{(P-c)(a-bP)}{\alpha_i+\theta} = 0 \quad (30)$$

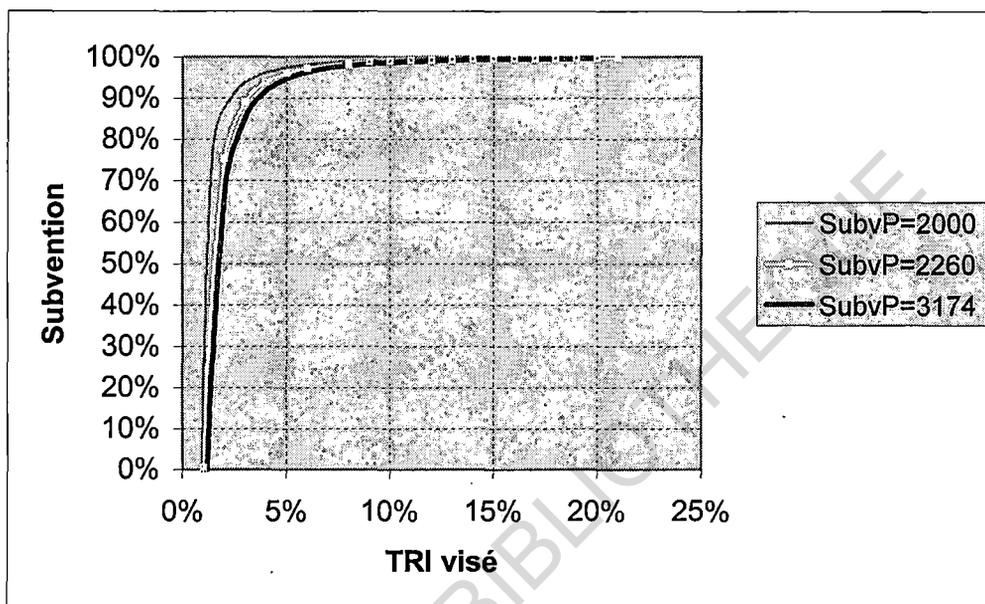
Soit :

$$s = 1 - \frac{(P-c)(a-bP)}{(\alpha_i+\theta)I_0(e^{(\alpha_i+\theta)}-1)} \quad (31)$$

Comme l'affirment Bonnafous et Jansen, ce qui est crucial dans cette équation, c'est bien la relation entre le taux de subvention s et son intérêt escompté θ .

Nous déterminons s , pour $P \in [c, P^M]$

Pour $a = 10000$, $b = 2$, $I_0 = 5.10^{10}$, $d = 3$



Graphique 4.12 : Abaque TRI visé - subvention

Abaque du taux de subvention par rapport au taux de rentabilité socioéconomique visé.

2.2. Cas où la recette nette croît avec le temps

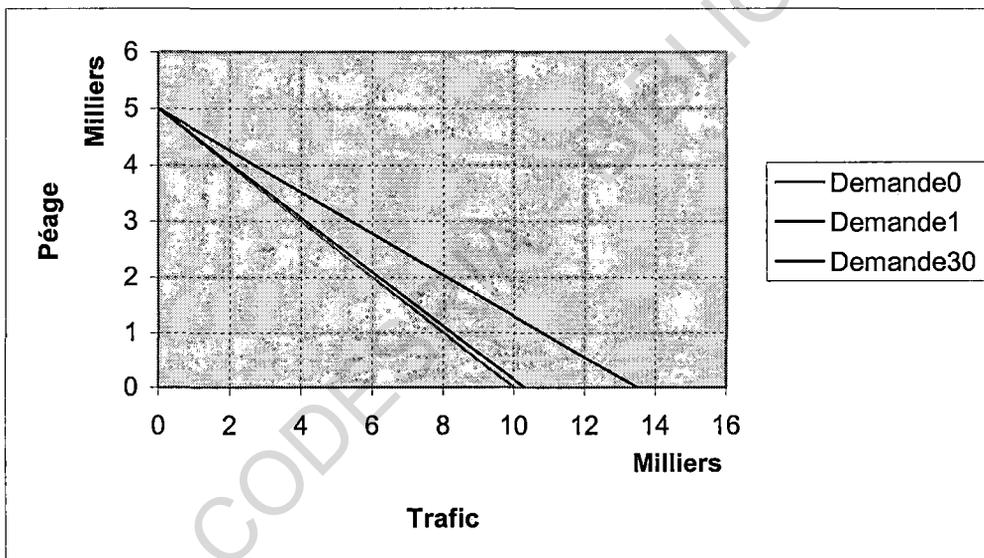
La demande (le trafic) est une fonction inverse du prix (le péage) et croît avec le temps. Malgré l'instauration d'un système de péage, une bonne infrastructure génère du trafic induit. La demande ne saurait donc décroître de façon systématique avec le niveau de péage.

2.2.1. Le modèle

La demande est de la forme :

$$T(P,t) = (a - bP) \cdot e^{\delta t} \quad (32)$$

Pour simplifier les notations, nous écrivons T.



Graphique 4.13 : Représentation de la fonction de demande inverse en fonction du temps

Avec $\delta = 3\%$, $t = 0$ (année d'ouverture de l'infrastructure), $t = 1$, $t = 30$.

La valeur actuelle nette du projet est :

$$VAN = \int_{-d}^0 -I_0 \cdot e^{-\alpha t} \cdot dt + \int_0^{\tau} ((P-c)(a-bP)e^{\delta t}) \cdot e^{-\alpha t} \cdot dt \quad (33)$$

Soit :

$$VAN = \int_{-d}^0 -I_0 e^{-\alpha t} dt + \int_0^{\tau} ((P-c)(a-bP)) \cdot e^{(\delta-\alpha)t} dt \quad (34)$$

Ou encore :

$$VAN = \left[\frac{I_0}{\alpha} e^{-\alpha t} \right]_{-d}^0 + \left[\frac{(P-c)(a-bP)}{\delta-\alpha} e^{(\delta-\alpha)t} \right]_0^{\infty} \quad (35)$$

En horizon infini, avec $\delta < \alpha$, la VAN peut se réécrire :

$$VAN = \frac{I_0(1-e^{\alpha d})}{\alpha} - \frac{(P-c)(a-bP)}{\delta-\alpha} \quad (36)$$

Quel est le péage qui optimise la VAN ?

Le programme d'optimisation est le suivant :

$$\max_P \{VAN\}$$

Les conditions de premier et second ordres requièrent respectivement :

$$1) \frac{\partial VAN}{\partial P} = 0$$

$$2) \frac{\partial^2 VAN}{\partial P^2} < 0$$

$$1) \frac{(a-bP)-b(P-c)}{\delta-c} = 0 \quad (37)$$

D'où :

$$P = \frac{a+bc}{2b} \quad (38)$$

$$2) \frac{\partial^2 VAN}{\partial P^2} = -\frac{2b}{\alpha-\delta} \quad (39)$$

$$-\frac{2b}{\alpha-\delta} < 0$$

A l'optimum, l'entreprise fixe le péage à $P^M = \frac{a+bc}{2b}$.

Dans ce cas, le taux de rentabilité interne est alors donné par la relation :

$$VAN = \frac{I_0(1-e^{\alpha d})}{\alpha} - \frac{(P^M - c)(a - bP^M)}{\delta - \alpha} \quad (40)$$

$$\frac{I_0(1-e^{\alpha_i d})}{\alpha_i} - \frac{(a - bc)^2}{(\delta - \alpha_i)4b} = 0 \quad (41)$$

La VAN selon le taux de croissance annuel moyen du trafic δ .

Cette relation ne permet pas de déduire une expression explicite de du TRI, une interpolation linéaire permet de déterminer la valeur de α_i .

2.2.2. Application

Pour $\delta = 3\%$, on a : TRI = 3%

Déterminons donc le taux de subvention compatible au taux de rentabilité nécessaire à la mise en œuvre de l'infrastructure. Le taux de subvention fait baisser le coût annuel de construction et accroît la rentabilité financière de l'ouvrage, on a donc :

$$(1-s)I_0(1-e^{(\alpha_0+\theta)}) + \frac{(P-c)(a-bP)}{\delta-\alpha+\theta} = 0 \quad (42)$$

Le taux de subvention est donné par la relation :

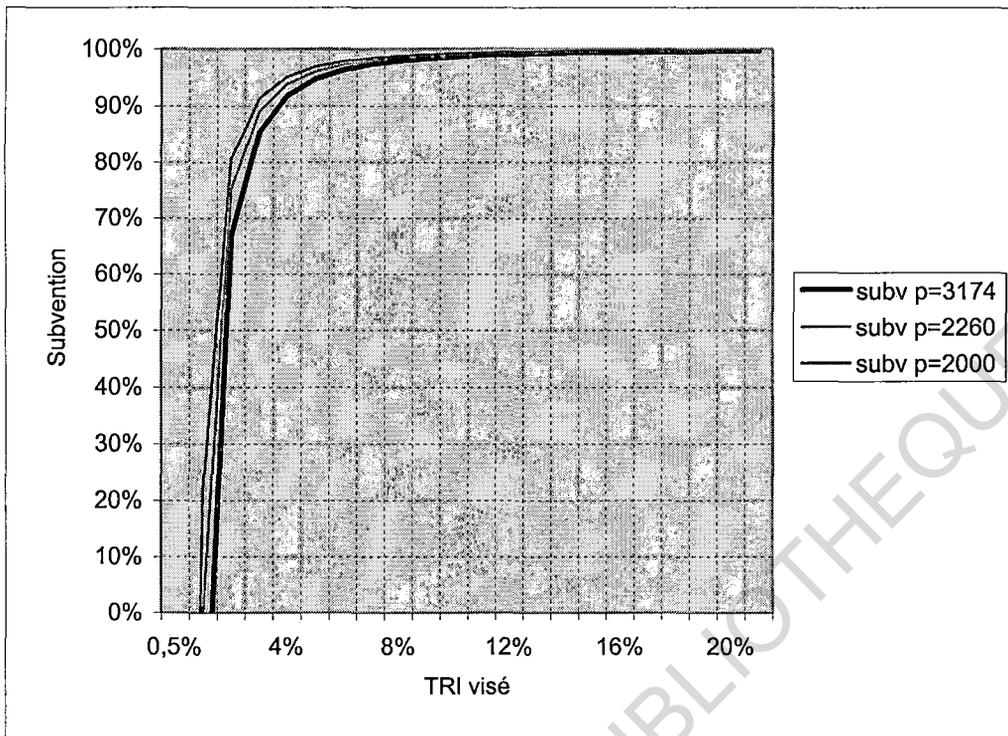
$$s = \frac{(P-c)(a-bP)}{I_0(\delta-\alpha+\theta)(1-e^{(\alpha_0+\theta)})} \quad (43)$$

L'analyse de la relation entre le taux de subvention s et son intérêt escompté θ , permet de déterminer le niveau de subside ou financement complémentaire, à mesure d'assurer l'optimum social.

Nous déterminons s , pour $P \in [c, P^M]$

Les mêmes coûts d'investissement sont requis.

$a = 10000, b = 2, I_0 = 5.10^{10}, d = 3$



Graphique 4.14 : Abaque TRI visé – Subvention, avec $\delta = 3\%$

Abaque du taux de subvention par rapport au taux de rentabilité socio-économique visé.

CONCLUSION

La détermination du péage et du niveau optimal d'investissement constitue le fondement d'une concession d'infrastructure à péage. Le niveau de trafic, son évolution et la maîtrise des coûts d'exploitation sont les facteurs clés de la rentabilité d'une route à péage. La rentabilité ne peut s'évaluer seulement d'un point de vue financier, les bénéfices d'ordre économique qui impliquent toute la société sont à considérer. Le niveau de péage acceptable par les usagers qui ne fera donc pas chuter la demande requiert une subvention qui pourra se faire par le biais de fonds routiers. Si l'on prend en compte le trafic induit qui sera généré, du fait d'une infrastructure de qualité, nous concluons que les projets de concession d'infrastructures routières interurbaines en Côte d'Ivoire sont socialement rentables, notamment l'Autoroute du Nord et la voie express de Grand-Bassam.

CONCLUSION GENERALE

Cette étude avait pour objectifs majeurs de procéder à la modélisation du trafic routier interurbain, à la détermination des facteurs influençant la demande de voyage du point de vue individuel que Macroéconomique, ainsi qu'analyse de la rentabilité socioéconomique de la mise en concession des infrastructures routières interurbaines.

Nous nous sommes attelés dans un premier temps, sur la base des méthodes de modélisation que nous offre la littérature, à modéliser l'évolution du trafic interurbain par le biais de la population et du PIB. Ensuite, nous nous sommes intéressés aux facteurs qui influencent la mobilité des individus, ainsi qu'aux déterminants macroéconomiques de la demande interurbaine de transport routier. En outre, afin de tenir compte de l'acceptabilité et de l'équité du système de péage, qui au demeurant est une première en Côte d'Ivoire, nous avons jugé bon de déterminer la disposition à payer des individus, qui s'est avérée positive. Enfin, nous nous sommes essayés à l'analyse de la rentabilité socioéconomique sur la base d'hypothèses portant sur la mise en œuvre des infrastructures routières interurbaines.

Au terme de cette étude, que pouvons nous retenir d'essentiel, en ce qui concerne les infrastructures routières interurbaines en Côte d'Ivoire ?

Il ressort de nos travaux les résultats suivants :

- Le trafic routier interurbain ivoirien est en croissance ;
- Les modèles de prévision de trafics interurbains élaborés sont prédictifs ;
- La demande de transport interurbain est déterminée par les facteurs explicatifs identifiés ;
- Les tracasseries et les rackets affectent négativement la mobilité des usagers ;
- La sécurité, la sûreté des routes et les rackets influencent significativement la disposition à payer ;
- Le système de péage est accepté par les populations ;
- Des péages optimaux assurent la rentabilité socioéconomique des routes interurbaines ;
- Les avantages liés à la cession de la gestion du réseau interurbain sont supérieurs aux coûts.

Les impacts de la concession des infrastructures routières interurbaines, aussi bien au plan socioéconomique, demeurent complexes à évaluer. En effet, les investissements en infrastructures routières sont des investissements de dimensions nationales, ayant des effets directs et indirects sur

l'ensemble de la société, et même au-delà des frontières. Nous pouvons toutefois noter : un gain relatifs à la baisse des coûts d'exploitation et à la réduction des durées de parcours ; la fluidité routière, avec la levée d'un certain nombre de barrières non nécessaires, qui sont en général de véritables entraves à la mobilité (facilité de déplacement et d'évacuation des produits agricoles) ; baisse des coûts liés aux accidents et aux congestions ; création d'emplois permanents et temporels ; un impact positif sur l'agriculture, le commerce, l'industrie et le tourisme ; et l'accroissement du niveau de bien-être des populations qui pourront se déplacer rapidement, avec plus de confort et de sécurité.

Dans le cadre de nos recherches, certes des résultats importants et inédits ont été trouvés. Cependant, nous avons été confrontés à des difficultés liées à la quasi inexistence d'une base de données unique et fiable sur les transports en Côte d'Ivoire, notamment en ce qui concerne les infrastructures routières. Ce qui constitue une limite aux études dans ce secteur, et donc à notre étude. De toute évidence, en dehors de certaines données macroéconomiques bien connues, des problèmes de disponibilité de données chronologiques sûres, existent de façon générale en Côte d'Ivoire. Le manque de données temporelles sur les revenus par villes est une limite au calibrage des modèles de trafic interurbain. Nous préconisons, pour l'amélioration de nos travaux et pour des recherches ultérieures, que des données de préférences révélées et de préférences déclarées, sur un important échantillon soient constituées, par le biais des structures parapubliques. Il y va de la modernisation des transports en Afrique, de façon générale, et en Côte d'Ivoire, en particulier.



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abraham C., T. Baumgart et J.D. Blanchet [1969], Un modèle de prévision du trafic aérien intérieur, *Revue du Secrétariat Général de l'Aviation Civile*, N° 136, P. 15-28.
- Allais M. [1989], L'économie des infrastructures de transport et des fondements du calcul économique. *Revue d'Economie Politique* 2, P. 129-197.
- Arduin J. P. [1994], « Evaluation des grands projets d'infrastructures: les modèles de prévision de trafic », Actes du colloque sixièmes entretiens Jacques Cartier, in Villes et TGV, études et recherches, LET, Lyon.
- Augenbuck M., Jr. Scottcuster [1990], "The build, operate and transfer (BOT) approach to infrastructure project in development countries". *Policy, research and international affairs NP n°498*, World Bank, Washington.
- Association Mondiale de la Route [1997], « Dossier spécial sur les concessions », *Routes N°296*.
- Banque Mondiale [1998], Rapport d'évaluation du CI-PAST, (Rapport n° P-7250 IVC).
- Becker G. [1974], A theory of social interaction, *Journal of Political Economy*, 82.
- Ben-Akiva M., S.R. Lerman [1985], *Discrete choice analysis – theory and application to travel demand*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 390 p.
- Bernard J. [1993], *Economie Publique*, Economica, Paris.
- Billingsley P. [1968], *Convergence of probability measures*, John Wiley
- Block W.[1979], Free market transportation : denationalising the roads, *The Journal of Libertarian Studies* 3, P.209-238.
- Bonnafous, A. [1989], *Le Siècle des ténèbres de l'économie*, Economica, Paris, 184 p.
- Bonnafous, A. [1997], «Filière de transport : économie de ligne ou économie de nœuds » in SITRASS, efficacité, concurrence, compétitivité : la chaîne de transport en Afrique subsaharienne. Actes du colloque SITRASS 4, Brazzaville 28-30 octobre 1996, LET-INRETS.
- Bonnafous, A. [2004], « Le principe usager - payeur change les termes de l'évaluation des programmes d'investissement public. » LET.
- Bonnafous, A., Jansen, P. [2004], Ranking transport projects by their socio-economic value or financial interest rate of return ? *European Economic Review*.
- Bonnel P. [2005], *Prévoir la demande de transport*, Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.
- Bonnel P. [2002], *Prévision de la demande de transport*, Rapport présenté en vue de l'obtention du diplôme d'habilitation à diriger les recherches, Université Lumière Lyon 2.

- Chevillon G. [2004], *Pratique des séries temporelles*, OFCE, Université d'Oxford
- Crozet Y. et alii [1998], *Le financement de la route : construction, entretien et exploitation*. Symposium International. Presse de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.
- DCGTx [1991], « Programme Routier N°3, Etude économique du projet de renforcement de la route Singrobo-Yamoussoukro selon un nouveau tracé. »
- Desaigues E. et P. Point [1993], *Economie du patrimoine naturel : la valorisation des bénéfices de protection de l'environnement* Economica, Paris.
- Engel, E., R. Fisher and A. Galetovic [1997] "Least present value-of-revenue auctions and highway franchising", mimeo, University of Chile.
- Engel, E., R. Fisher and A. Galetovic [2001] Least present value-of-revenue auctions and highway franchising, *Journal of Political Economic*, 109 (5), 993 – 1020.
- Engle R. and C.W.J. Granger [1987], Cointegration and error correction: representation, estimation and testing. *Econometrica*, 55, 251-276.
- Estache A., F. Helou and M. Rodriguez [1995], « A portable description of Argentina's transport privatisation and regulation », World Bank, Washington DC.
- Estache A. and J. Carbajo [2000], "Designing toll road concessions- lessons from Argentina" in *The Private Sector in Infrastructure*, World Bank.
- Gaudry M. [2003], "The robust gravity form in transport and trade models", ADJ-27, - BETA - Working Paper N° 2003 – XX.
- Gomez-Ibanez, J.A., and J. Meyer [1993], *Going private: the international experience with transport privatisation*, Washington, D.C. : The Brookings Institution.
- Hamilton J.D. [1994], *Time series analysis*, Princeton University Press.
- Ian G. and Heggie [1994], "Management and financing of roads : an agenda for reforms", Rapport Technique N° 275, série du département technique région Afrique de la Banque Mondiale.
- Izquierdo R., J. M. Vassallo et alii [2002], *Les péages sur les infrastructures routières interurbaines : une évaluation économique*. CEMC, Table Ronde 118, OCDE.
- Laffont, J.J., and D. Martimort [2002], *The theory of incentives : the principal-agent model*. Princeton University Press.
- Laffont, J.J., and A. N'Gbo [2000], Cross-subsidies and network expansion in developing countries, *European Economic Review*, 797 - 805.
- Laffont, J.J., and J. Tirole [1993], *A theory of incentives in procurement and regulation*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Laffont, J.J., and J. Tirole [1994], Using cost observation to regulate firms, *Journal of Political Economy*, 614-641.

Lardic S. et V. Mignon [2002], *Econométrie des séries temporelles macroéconomiques et financières*, Economica, Paris.

Lenorman A. [2002], *Prévisions dans les modèles cointégrés avec rupture : application à la demande de transports terrestres de marchandises et de voyageurs*. Thèse pour le Doctorat en Sciences Economiques, Université Paris I - Panthéon - Sorbonne.

McFadden [2000], "Disaggregate behavioral travel demand's RUM side, a 30-year retrospective", in pre-print 9th International Association for Travel Behaviour Research Conference, Goal Cost, Queensland, Australia, vol. 1, 38p.

McFadden [1981], "Econometric models of probabilistic choice" in Manski C.F. and D. McFadden, *Structural analysis of discrete data with econometric applications*, MIT Press.

Meleu M. et P. A. Tano, [2000], «La Privatisation des infrastructures routières et autoroutières en Côte d'Ivoire : cas de la cession de l'exploitation du réseau routier interurbain.» CREMIDE / Banque Mondiale, working paper N°003.

Mills G. [2003], "Public infrastructure: private ownership or contracting out" working paper, ECMT

N'Gbo A. et P. A. Tano [2005], «Régulation et développement : l'expérience de la Côte d'Ivoire», *Conference in Tribute to Jean-Jacques Laffont*, Toulouse, 30 juin, 1^{er} et 2 Juillet 2005, miméo, CREMIDE, Université de Cocody.

Newbold P. and C.W.J. Granger [1974], Experience with forecasting univariate time series and the combination of forecasts. *Journal of the Royal Statistical Society*, 137: 131-146.

Newey W.K. and K.D. West [1987], A simple positive definite heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix, *Econometrica*, 69 (6), 1519-1554.

Noin D. [1988], *Géographie de la population*, Masson, Paris, pp. 273-274.

Phillips P.C.B. [1987a], Time series regression with a unit root test, *Econometrica*, 55, 277-301.

Phillips P.C.B. [1987b], Towards a unified asymptotic theory of autoregression, *Biometrika*, 74, 535-548.

Phillips P.C.B. and Perron P. [1988], Testing for a unit root in a time series regression, *Biometrika*, 75, 335-346.

Picard P. [1987], *Éléments de microéconomie : Théorie et applications*, Montchrestien, Paris.

Quinet E. [1992], *Infrastructure de transport et croissance*, Economica, Paris.

Quinet E. [1998], *Principes d'économie des transports*, Economica, Paris.

Rizet C. and J. L. Hine [1993], A comparison of the cost and productivity of road freight in Africa and Pakistan, *Transport Reviews*, Vol. 13 n°2, PP 151 - 165.

Ruster J. [2000], « A retrospective on the mexican toll road, program (1989-1994) » in *The private sector in infrastructure*, World Bank.

Tano A. P. [1999], "Concession et rentabilité socio-économique des infrastructures autoroutières dans les PVD : cas de la réhabilitation et du prolongement de l'Autoroute du Nord en Côte d'Ivoire". Mémoire de DEA en Economie, Université de Cocody.

Thalman P. et al. [1997], Le financement des grandes infrastructures, *Revue Economique* N°2, vol. 48.

Tirole, J., [1997], Comment on a proposal of Engel, Fisher y Galetovic on highway auctions, *Estudios Publicos*, 65, 201-214.

Wen C.-H. F.S. Koppelman [2001], The generalized nested logit models, *Transportation Research*, vol. 35B, N°7, pp. 627-641.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

ANNEXES

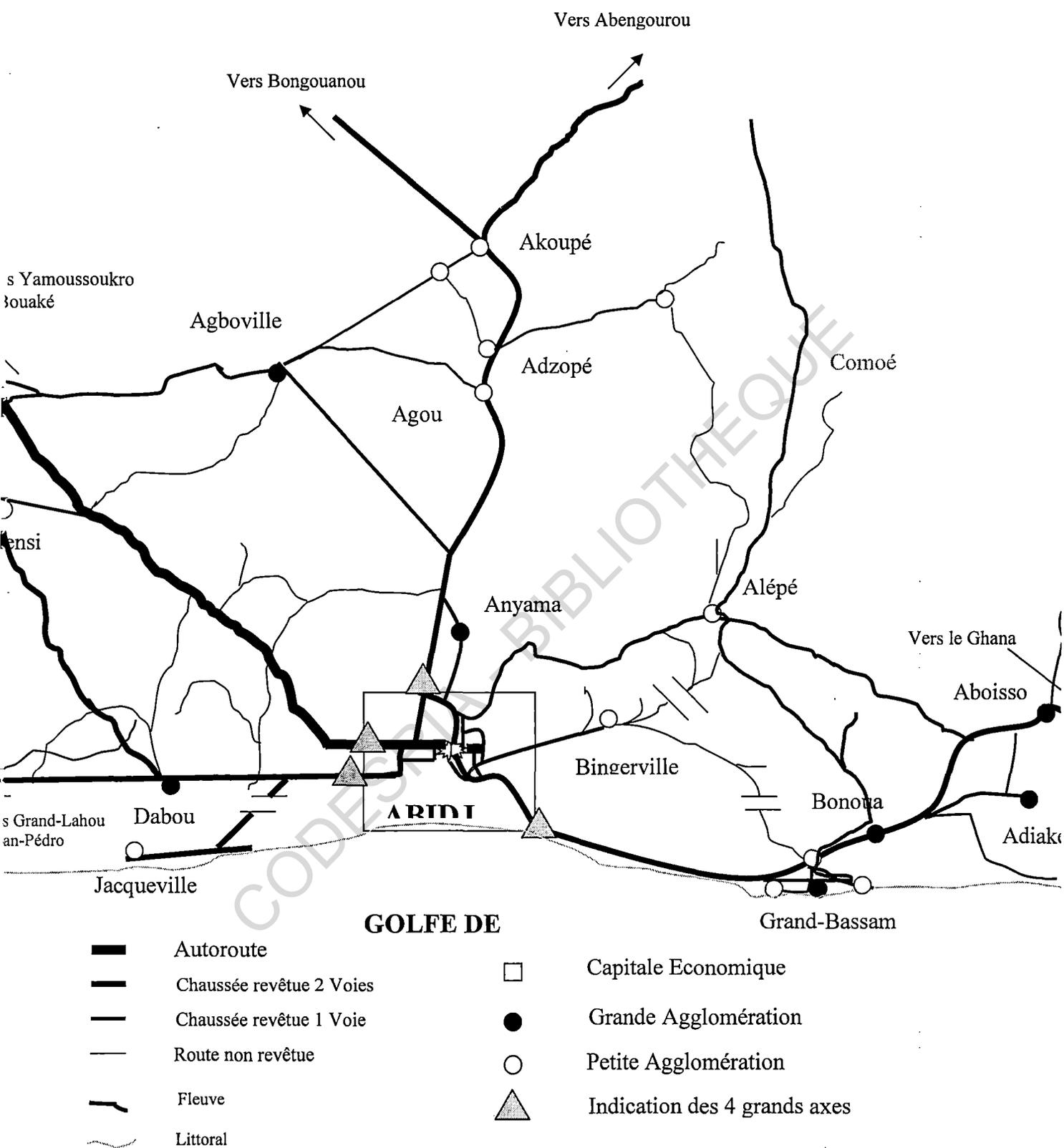
Annexes

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

ANNEXES I :

Illustrations cartographiques

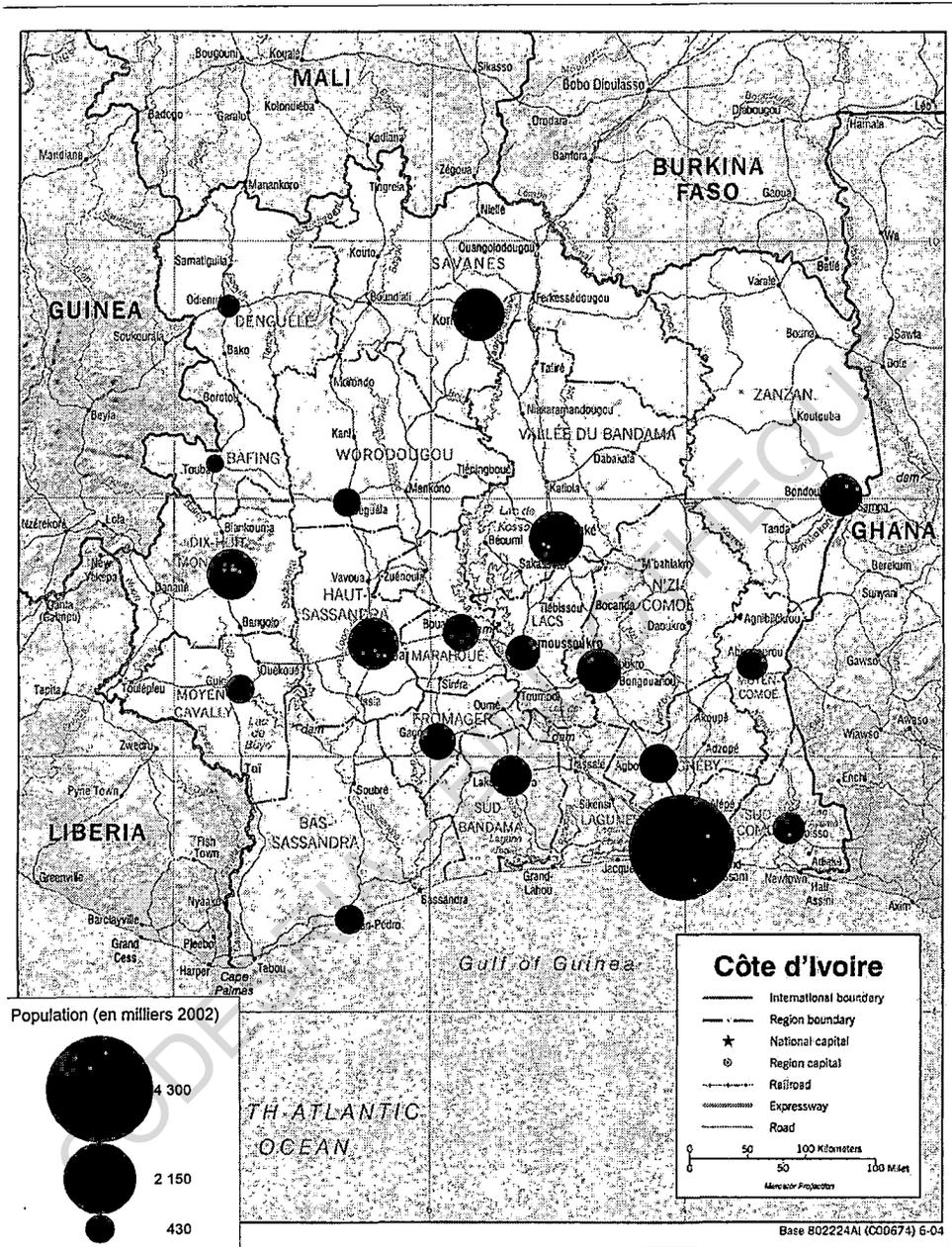
CODESRIA - BIBLIOTHEQUE



Carte I.1 : Les quatre grands axes d'accès et sortie d'Abidjan

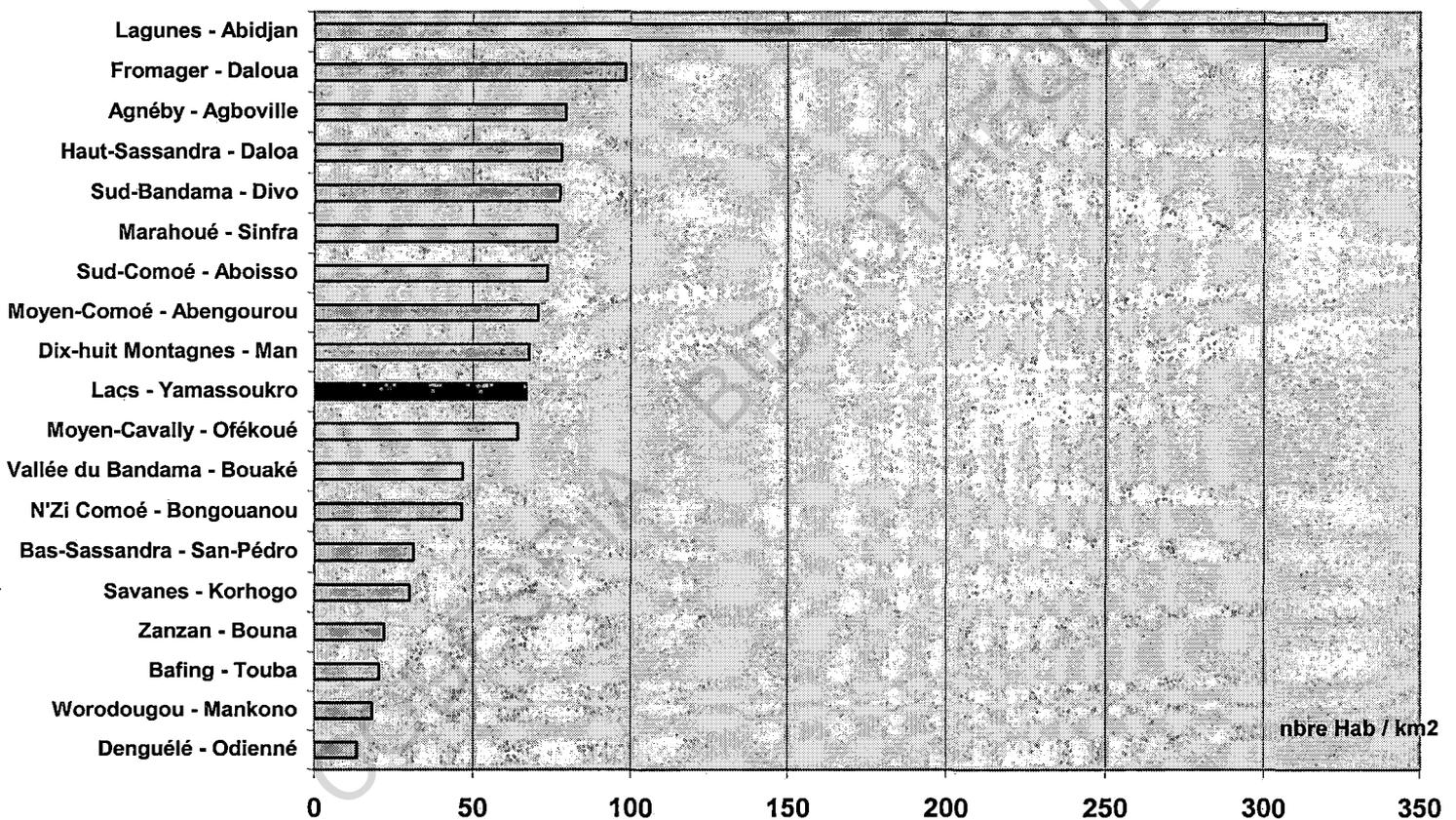
Source : Auteur

Côte d'Ivoire : population par Provinces (2002)



Source: Nicolas O., Tano P., Données INS

Densité des Régions de Côte d'Ivoire



Source: Nicolas O., Tano P., Données INS

ANNEXES II :

Statistiques sur la demande de voyage :
dispositions à payer, motifs, et coûts

Véhicules légers

Statistiques

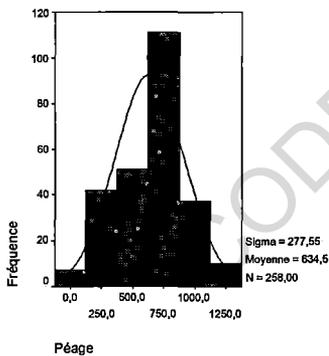
q35léger

N	Valide	258
	Manquante	122
Moyenne		634,50
Médiane		634,57 ^a
Mode		700
Ecart-type		277,552
Minimum		0
Maximum		1300

a. Calculé à partir des données groupées

Véhicule Léger

		Fréquence	Pour cent	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	0	7	1,8	2,7	2,7
	250	42	11,1	16,3	19,0
	500	51	13,4	19,8	38,8
	700	111	29,2	43,0	81,8
	1000	37	9,7	14,3	96,1
	1300	10	2,6	3,9	100,0
	Total	258	67,9	100,0	
	Manquante	Système manquant	122	32,1	
Total		380	100,0		



Véhicules de moins de 30 places

Statistiques

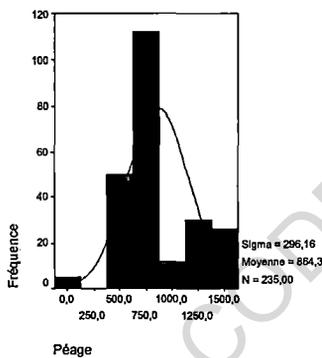
q35moins 30 places

N	Valide	235
	Manquante	145
Moyenne		864,26
Médiane		865,73 ^a
Mode		850
Ecart-type		296,163
Minimum		0
Maximum		1400

a. Calculé à partir des données groupées

Moins de 30 places

		Fréquence	Pour cent	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	0	5	1,3	2,1	2,1
	500	50	13,2	21,3	23,4
	850	112	29,5	47,7	71,1
	1000	12	3,2	5,1	76,2
	1150	30	7,9	12,8	88,9
	1400	26	6,8	11,1	100,0
	Total	235	61,8	100,0	
Manquante	Système manquant	145	38,2		
Total		380	100,0		



Véhicules de plus de 30 places

Statistiques

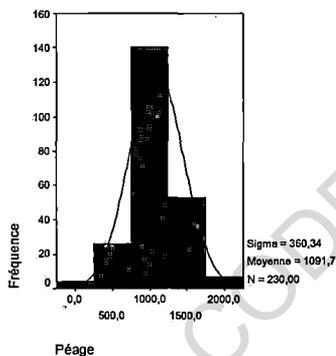
q35plus 30 places

N	Valide	230
	Manquante	150
Moyenne		1091,74
Médiane		1075,71 ^a
Mode		1000
Ecart-type		360,339
Minimum		0
Maximum		2000

a. Calculé à partir des données groupées

Plus de 30 places

		Fréquence	Pour cent	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	0	4	1,1	1,7	1,7
	500	26	6,8	11,3	13,0
	1000	117	30,8	50,9	63,9
	1200	23	6,1	10,0	73,9
	1500	53	13,9	23,0	97,0
	2000	7	1,8	3,0	100,0
	Total	230	60,5	100,0	
Manquante	Système manquant	150	39,5		
Total		380	100,0		



Véhicules poids lourds

Statistiques

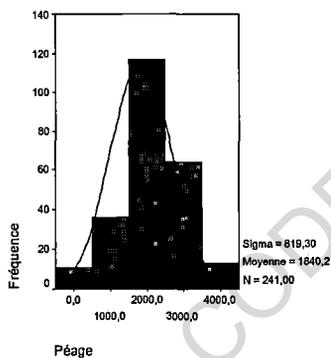
q35lourd

N	Valide	241
	Manquante	139
Moyenne		1840,25
Médiane		1799,15 ^a
Mode		1500
Ecart-type		819,297
Minimum		0
Maximum		4000

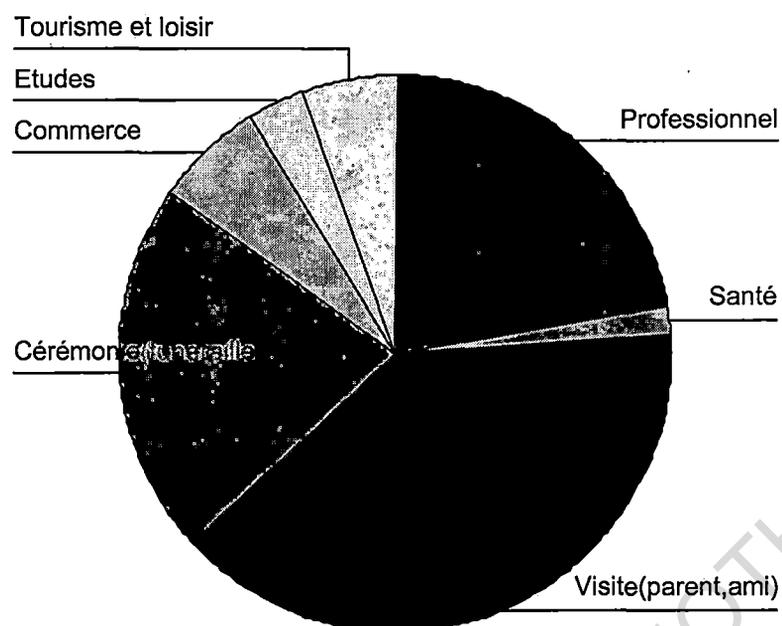
a. Calculé à partir des données groupées

Poids Lourd

		Fréquence	Pour cent	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	0	11	2,9	4,6	4,6
	1000	36	9,5	14,9	19,5
	1500	77	20,3	32,0	51,5
	2000	40	10,5	16,6	68,0
	2500	64	16,8	26,6	94,6
	4000	13	3,4	5,4	100,0
	Total	241	63,4	100,0	
Manquante	Système manquant	139	36,6		
Total		380	100,0		



Les motifs de voyage



Motifs	Fréquences absolues	Pourcentage	Fréquences relatives cumulées
Professionnel	84	22,3	22,3
Santé	6	1,6	23,9
Visites (parent, ami)	148	39,3	63,1
Cérémonies (funérailles, mariage,...)	81	21,5	84,6
Commerce	24	6,4	91,0
Etudes	13	3,4	94,4
Tourisme et loisir	21	5,6	100,0
Total	377	100,0	

Les motifs de voyage

Coûts d'exploitation des véhicules

Type de véhicules	Coût sur route neuve	Coût fin durée de vie	Marge	Pourcentage
Voitures particulières	132,65	167,88	35,23	0,27
Taxi brousse	134,12	210,22	76,1	0,57
Camionnette	180,84	248,8	67,96	0,38
Mini car	139,99	180,56	40,57	0,29
Autocar	261,82	329,15	67,33	0,26
Camion	239,15	270,86	31,71	0,13
Ensemble articulé	549,22	604,17	54,95	0,10

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

ANNEXES III :

Méthodologies et fiches d'enquêtes

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Stratégie de collecte de données

Identification des unités statistiques

La stratégie de collecte de données permettra d'identifier trois catégories (unités d'observations statistiques) bien distinctes :

- Les administrations publiques et privées : il s'agit du BNETD, Ministère des Infrastructures Economiques, Ministère du Transport, DRV, DPPGP, LBTP, OSER, DESAN, Gendarmerie Nationale, SBM, Colas, Jean Lefebvre, et la Banque Mondiale ;
- Les transporteurs : Le critère d'identification de ces derniers se fera sur la base des transporteurs opérant sur les axes choisis ; il s'agit de ceux détenteurs de véhicules de transport en commun, ainsi que de camions pour transport de marchandises (PL) ;
- Les ménages : L'échantillon à tirer sera déterminé à partir de quotas imposés essentiellement sur le trafic par axe ciblé. Il s'agit de ceux utilisant un véhicule personnel, et ceux du transport en commun. Le critère d'identification est basé sur les trafics des axes et la population des communes.

Cadrage de l'échantillon

Les Administrations publiques et Privées

Les administrations publiques et privées chargées de la mise en œuvre et de la gestion des infrastructures routières concernées par l'étude sont :

Ministères des Infrastructures économiques et des Transports, DRV, OSER, DPPGP, DESAN, LBTP, BNETD, en ce qui concerne les administrations Publiques. Quant aux administrations privées, nous avons Colas, Jean Lefebvre et la Banque Mondiale. L'enquête portera sur 20 individus de ces administrations, repartis de la façon suivante: Ministère des Infrastructures Economiques(3), Ministère des Transports(3), DRV(2), BNETD(2), DPPGP(1), DESAN(1), LBTP(1), OSER (2), SMB(1), Banque Mondiale(2), Colas(1), Jean Lefebvre(1). Soit un sous total de 20 enquêtés. Au niveau de ces structures, les personnes interrogées devront être les responsables ou les personnes formellement désignées pour donner les informations requises.

Les Ménages et les Transporteurs

Les ménages sont constitués de deux cent cinquante (250) voyageurs potentiels sélectionnés au niveau des différentes gares routières rattachées aux axes ciblés, et deux cent cinquante (250) individus tirés dans les dix (10) communes de la villes d'Abidjan. Les gares concernées sont celles de véhicules de transport en commun (cars et minicars) utilisant la Nationale A1, empruntant l'Autoroute du Nord, utilisant la voie express Abidjan-Bassam, et empruntant l'axe Abidjan-Dabou et la côtière. L'échantillon de 250 personnes sera tiré au niveau des sociétés et gares des villes suivantes: Abengourou (10), Agnibilékro (5), Niablé (3), Abgville (5), Adzopé (5), Akoupé (5), Bongouanou (5), Bouna (5), Bonoua (5), Grand-Bassam (10), Aboisso (5), San-Pédro (10), Dabou (10), MTT (15), UTB (10), STIF (7), CTB (5), FFA (5), CodiExpress (3), Divo (5), Tiassalé (3), Sikensi (3), Toumodi, (5) Yamoussoukro (10), Daloa (10), Gagnoa (10), Man (10), Ferké (5), Korohgo (10), Odienné (5), Boundiali (5), Ouangolo (5), Mali (5), Burkina Faso (5), Gare Poids Lourds (Attécoubé) (15) Autres Gares (10). L'échantillon au niveau de chaque gare devra comporter un caissier, un convoyeur, un chargeur, et un ou deux chauffeurs, avec un total de 20 chauffeurs de poids lourds, 20 de cars, 10 de minicars. Quant aux ménages de la commune d'Abidjan, le quota de leur ventilation par commune correspond à ceux issus du Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 1998, réalisé par l'Institut National de la Statistique (INS) de Côte d'Ivoire. L'enquête devra prendre en compte les responsables des services de transport en commun interurbain, pour un nombre de 30 individus (Propriétaire, Chef de Gare, Directeur d'exploitation, etc.). Soit, un sous total de 500 individus à enquêter.

Commune	Structure de la population abidjanaise par commune						Structure de l'échantillon retenu par commune					
	Femmes	%	Hommes	%	Total	%	Femmes	%	Hommes	%	Total	%
Abobo	322 784	11,2	315 453	11,0	638 237	22,2	27	10,8	28	11,2	55	22,0
Adjamé	134 585	4,7	119 709	4,2	254 294	8,8	10	4,0	12	4,8	22	8,8
Attecoubé	107 948	3,8	99 638	3,5	207 586	7,2	9	3,6	9	3,6	18	7,2
Cocody	120 698	4,2	131 043	4,6	251 741	8,7	10	4,0	12	4,8	22	8,8
Koumassi	159 235	5,5	158 327	5,5	317 562	11,0	14	5,6	14	5,6	28	11,2
Marcory	89 386	3,1	88 362	3,1	177 748	6,2	9	3,6	8	3,2	17	6,8
Plateau	5 216	0,2	5 149	0,2	10 365	0,4	4	1,6	6	2,4	10	4,0
Port-Bouet	107 295	3,7	104 363	3,6	211 658	7,4	9	3,6	9	3,6	18	7,2
Treichville	62 371	2,2	58 155	2,0	120 526	4,2	5	2,0	5	2,0	10	4,0
Yopougon	341 823	11,9	346 412	12,0	688 235	23,9	20	8,0	30	12,0	50	20,0
Total	1 451	341	1 426	611	2 877 952	100,0	117	46,2	133	53,8	250	100,0

Tableau 1 : Répartition de la population et de l'échantillon des enquêtés

Libellés	Effectifs des individus	Observations
1. Administrations privées		En fait, tous les individus de l'échantillon répondront au questionnaire type 1 en plus de cela, les transporteurs (30) répondront au questionnaire type 2 et les individus des administrations publiques et privées répondront au questionnaire type 3. En somme, il y a 550 individus, et il y a 5500 réponses attendues. Avec 550 fiches de type 1, 30 de type 2 et 20 de type 3. L'échantillon devra comporter au moins 100 individus possédant une voiture personnelle, et être constitué d'environ 45% de femmes et 55% d'hommes. L'échantillon devra comporter au moins 30 individus appartenant aux forces de l'ordre.
Colas	1	
Banque Mondiale	2	
Jean Lefebvre	1	
SMB	1	
2. Administrations publiques		
LBTP, DESAN, DPPGP	3	
DRV, OSER	4	
BNETD	2	
MIE, MT	6	
Sous Total 1	20	
3. Ménages et Transporteurs		
Transporteurs	30	
Ménages (Com. Abidjan)	250	
Ménages (en voyage)	250	
Sous Total 2	530	
TOTAL GENERAL	550	

Tableau 2 : Synoptique de la structure de la population cible

Taille totale de l'échantillon

L'étude porte finalement sur un échantillon de 550 individus, y compris les administrations publiques et privées retenues.

Le champ de couverture de l'enquête

L'enquête se limite aux dix (10) communes de la ville d'Abidjan et se déroulera durant la semaine du 29 mai au 05 juin 2002.

Méthode d'administration du questionnaire des ménages de la ville d'Abidjan

• Identification des points de départ par commune

Commune	Total	Nombre points de départ	1 ^{er} point / 2 ^{ème} point / 3 ^{ème} point	Observations
Abobo	55	3	Mairie (20) / Gendarmerie (20) / Derrière Rail (15)	
Adjamé	22	2	Mairie Adjamé (11) / 22O logements (11)	
Attecoubé	18	2	Mairie Attecoubé (09) / Attecoubé village (09)	
Cocody	22	2	Hôtel communal (11) / Jardin de la Riviera (11)	
Koumassi	28	3	Mairie (10) / Agouti (09) / Koumassi Sogefia (09)	
Marcory	17	2	Mairie (09) / Résidentiel (08)	
Plateau	10	2	Résidence Atta (3) / Bceao (4) / S. Rail (3)	
Port-Bouet	18	2	Mairie (10) / Gonzague ville (08)	
Treichville	10	2	Mairie (05) / Arras (05)	
Yopougon	50	3	Mairie (20) / Port-bouët 2 (20) / Andokoua (20)	
Total	250	21	-	

Tableau 3 : Répartition des points de progression des enquêteurs par commune

• Principe de la progression

Etape 1 :

A partir du point de départ identifié dans une commune donnée, l'enquêteur doit commencer par la première maison à droite ou à gauche selon que le champ de prospection est ouvert ou pas. Supposons que ce champ soit effectivement ouvert à droite.

Etape 2 :

Alors après la première maison enquêtée, comptez la 30^{ème} maison sur la rue opposée pour localiser la seconde maison à enquêter. Si cette dernière n'est pas un logement habité, alors enquêtez la prochaine maison habitée.

Etape 3 :

A partir de la 2^{ème} maison, la localisation de la 3^{ème} se fait ainsi : Identifier la rue se trouvant sur votre gauche. Puis enquêtez (selon que le champ de prospection le permet) la 30^{ème} maison que vous rencontrerez. Si cette dernière n'est pas un logement habité, alors enquêtez la prochaine maison habitée.

Etape 4 :

A partir de la 3^{ème} maison enquêtée, passez sur la rue à votre droite et enquêtez la 30^{ème} maison rencontrée si effectivement le champ de prospection est ouvert. Si tel n'est pas le cas, procédez de la même façon mais sur la rue opposée. Si la 30^{ème} maison n'est pas un logement, alors enquêtez la maison qui suit immédiatement.

Etape 5 :

A partir de la 4^{ème} maison, enquêtez la 30^{ème} maison sur la rue opposée. Si cette dernière n'est pas un domicile, alors enquêtez le prochain domicile.

Etape 6 :

A partir de la 5^{ème} maison enquêtée, enquêtez la 30^{ème} maison sur l'autre rue opposée. Si cette dernière n'est pas un domicile, alors enquêtez le prochain domicile.

Etape 7 :

A partir de la 6^{ème} maison, enquêtez la 30^{ème} maison sur la rue opposée à celle où se situe la 6^{ème} maison enquêtée. Si cette dernière n'est pas un domicile, alors enquêtez le prochain domicile.

Etape 8 :

A partir de la 7^{ème} maison, enquêtez la 30^{ème} maison sur la rue opposée à celle où se situe la 7^{ème} maison enquêtée. Si cette dernière n'est pas un domicile, alors enquêtez le prochain domicile.

Etape 9 :

A partir de la 8^{ème} maison, enquêtez la 30^{ème} maison sur la rue opposée à celle où se situe la 8^{ème} maison enquêtée. Si cette dernière n'est pas un domicile, alors enquêtez le prochain domicile.

Etape 10 :

A partir de la 9^{ème} maison enquêtée, identifiez la 30^{ème} maison se trouvant tout droit devant vous. Si cette dernière n'est un domicile, enquêtez le logement habité suivant.

Si au terme de cette 10^{ème} étape, votre sous échantillon n'est pas constitué, alors à partir de la 10^{ème} maison, recommencez par l'étape 1 mais, en partant cette fois par la gauche.

Si avant la 10^{ème} maison votre sous échantillon est déjà constitué, alors vous avez terminé la collecte dans la commune qui a été ainsi prospectée. Passez alors au sous échantillon d'une autre commune si vous devez prospecter ailleurs.

• Recommandations par rapport au remplissage des questionnaires

1. Dès que l'on vous demande de décliner votre identité, faites le rapidement et selon la **formule de présentation** ci-dessus convenue :

- BONJOUR (BONSOIR) MONSIEUR (MADAME),
- JE SUIS MR X OU MLE Y., AGENT ENQUÊTEUR N°..... DU CREMIDE
- VOUS AVEZ ÉTÉ SÉLECTIONNÉ POUR FIGURER DANS L'ÉCHANTILLON D'UNE ÉTUDE QUE NOUS ORGANISONS SUR "LES SERVICES D'INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES INTERURBAINES".
- VOUDRIEZ VOUS NOUS FAIRE LE PLAISIR DE VOUS PRÊTER À NOTRE QUESTIONNAIRE PENDANT ENVIRON 15 MINUTES ? *Si la réponse est affirmative, alors adresser à votre prochain enquêté la formule suivante :*
- MERCI BIEN MONSIEUR (MADAME) DE VOUS PRÊTER À NOTRE ÉTUDE.

2. Assurez vous avant de quitter l'individu enquêté, qu'il a effectivement répondu à toutes les questions ;
3. Afin de ne pas faire perdre du temps à l'enquêté, faites donc l'effort de vous concentrer sur votre questionnaire et votre entretien ;
4. N'oubliez surtout pas que l'enquêté n'est pas forcé de répondre, mais il s'y prêtera si vous êtes courtois, poli, discipliné, sérieux, concis et clair dans l'administration de votre questionnaire. Dans ces conditions, ce sera pour l'enquêté, un plaisir de se prêter à votre questionnaire ;
5. Même si l'habit ne fait pas le moine, votre tenue vestimentaire et votre hygiène corporelle détermineront et inciteront ou pas l'enquêté à vous ouvrir la porte de son domicile

• Les questionnaires

Trois types de questionnaires seront administrés auprès de notre échantillon :

- Le questionnaire type 1, adressé aux ménages ;
- Le questionnaire type 2, adressé aux transporteurs ;
- Le questionnaire type 3, adressé aux administrations.



UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE
DE SCIENCES ECONOMIQUES ET DE GESTION

CREMIDE

Centre de Recherches Microéconomiques du Développement

DOCTORAT THESE UNIQUE EN SCIENCES ECONOMIQUES

ENQUETE SUR LE TRANSPORT INTERURBAIN EN COTE IVOIRE

Questionnaire Type 3

Etude sur les Infrastructures Routières Interurbaines :

*Le cas des axes Autoroute du Nord, Voie express Abidjan-Bassam,
Abidjan-Dabou et la Côtière, La Nationale A1 (Abidjan-Bouna)*

INTERVIEW DES 1^{ERS} RESPONSABLES DES ADMINISTRATIONS N°.....

STRUCTURE IDENTIFIEE :

- BONJOUR (BONSOIR) MONSIEUR (MADAME),
- JE SUIS M....., AGENT ENQUÊTEUR N°..... DU CREMIDE
- VOUS AVEZ ÉTÉ SÉLECTIONNÉ(E) POUR FIGURER DANS L'ÉCHANTILLON D'UNE ÉTUDE QUE NOUS ORGANISONS SUR "L'APPRÉCIATION DES SERVICES D'INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES INTERURBAINES".
- VOUDRIEZ VOUS NOUS FAIRE LE PLAISIR DE VOUS PRÊTER À NOTRE QUESTIONNAIRE PENDANT ENVIRON 15 MINUTES ?
- MERCI BIEN MONSIEUR (MADAME) DE VOUS PRÊTER À NOTRE ÉTUDE.

Important : Les renseignements contenus dans ce questionnaire sont strictement confidentiels. Ils sont couverts par le secret statistique et ne peuvent être publiés que sous forme anonyme conformément à la loi du 7 juin 1951 sur l'obligation de répondre et le secret statistique.

Année	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	01	02
PIB																				
Pop																				

Q1 : Quelles sont selon vous, les principales conséquences de la dégradation des routes ?

1. ;
2. ;
3. ;
4. ;
5. ;

Q2 : En quoi se résument les principaux axes de la politique de restructuration des Infrastructures Routières ?

1. ;
2. ;
3. ;
4. ;
5. ;

Q3 : Existe-t-il une législation sur le transport routier ?

1= Oui (Q4 et Q5) 2= Non 3= Ne sais pas

Q4 : Quelle(s) est (sont) cette (ces) législation(s) ? (Veuillez l'énumérer ou les énumérer SVP)

1. ;
2. ;
3. ;
4. ;
5. ;

Q5 : Ces législations sont-elles appliquées dans le pays ? (Veuillez cocher dans la case appropriée SVP !)

Textes de loi cités	Oui, rigoureusement	Oui, mais pas assez	Non, pas du tout
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

Q6 : Que pensez-vous de la privatisation de la gestion du réseau routier ? (Entourer la bonne réponse SVP)

1= Bonne chose 2= Mauvaise chose 3= Indifférent

Merci bien cher(e) Monsieur (Madame), de m'avoir accordé tout ce temps.

Au revoir et bonne journée.



UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE
DE SCIENCES ECONOMIQUES ET DE GESTION

CREMIDE

Centre de Recherches Microéconomiques du Développement

DOCTORAT THESE UNIQUE EN SCIENCES ECONOMIQUES

ENQUETE SUR LE TRANSPORT INTERURBAIN EN COTE D'IVOIRE

Questionnaire Type 1

Important : Les renseignements contenus dans ce questionnaire sont strictement confidentiels. Ils sont couverts par le secret statistique et ne peuvent être publiés que sous forme anonyme conformément à la loi du 7 juin 1951 sur l'obligation de répondre et le secret statistique.

I. LES DETERMINANTS SOCIO-ECONOMIQUES

Q1 : Quelle est votre commune de résidence ? (Veuillez la préciser SVP)

Q2 : Sexe (Veuillez entourer la bonne réponse SVP) 1= Masculin 2= Féminin

Q3 : Dans quel secteur exercez vous votre activité principale ? (Veuillez entourer la bonne réponse SVP)

1= Education 2= Santé 3= Agriculture 4= Commerce 5= Transport 6= Justice 7= Armée
8=Habillement 9= Industrie (Mécanique, Electricité, eau, gaz, ...) 10= Administration publique
11= Hôtellerie et restauration 12= Communication 13= Sport, art et culture 14= Autres (à préciser.....)

Q4 : A quelle religion appartenez vous ? (Veuillez entourer la bonne réponse SVP)

1= Catholique 2= Protestante 3= Évangéliste 4=Autres religions chrétiennes
(Précisez)..... 5= Musulmane 6=Animiste 7=Autres religions
(Précisez)..... 8=Sans religion

Q5 : Dans quelle classe se situe votre revenu mensuel? (Entourer le **votre** et cochez (croix) celui de votre conjoint(e))

1= < 100 000 2= [100 000 – 249 999] 3= [250 000 – 349 999] 4= [350 000 – 499 999]
5= [500 000 – 999 999] 6 = > 1.000.000 7= Sans Revenu

Q6 : Quelle est votre nationalité ? Ivoirienne Burkinabé Malienne Autre (Précisez SVP).....

Q7 : Quel est votre statut matrimonial ? (Veuillez entourer la réponse exacte)

1=Marié(e) 2=Célibataire 3=Union libre 4=Divorcé(e) ou Séparé(e) 5=Veuf (ve)

Q8 : Quelle est votre profession ? (Veuillez la préciser SVP):.....

Q9 : A quelle tranche d'âge appartenez-vous ? (Veuillez entourer la bonne réponse)

1= [12-20] 2= [21-32] 3= [33-44] 4= [45-55] 5= [55-65] 6= > 65

Q10 : Quel est votre niveau d'instruction ? (Entourer le **vôtre** et cochez (croix) celui de votre conjoint(e))

1= Aucun 2= Primaire 3= Secondaire 1er cycle 4= Secondaire 2nd cycle 5=
1^{er} cycle Supérieur 6= 2nd et 3^{ème} cycle Supérieur

Q11 : Quel est votre ethnie ? (Veuillez la préciser SVP !)

Q12 : Combien d'enfants avez-vous ? Combien de personnes à part vos enfants avez-vous en charge ?

Q13 : En dehors de votre activité principale, combien d'activités secondaires exercez-vous ? (Veuillez entourer la réponse et préciser l'activité SVP) 1 = Aucune 2 = Une 3 = deux 4 = Trois et plus,

Q14 : Quelle est la ville ou le Village de destination du dernier du voyage?

Q15 : Quel est le motif de votre voyage ? (Veuillez entourer la bonne réponse)

1 = Professionnel	2 = Santé	3 = Voir un parent ou un ami	4 = Funérailles ou autres cérémonies
5 = commerce	6 = Formation, études ou recherches	7 = Tourisme et loisir	8 = Autre (Précisez)

Q16 : Quel est le prix du ticket par passager (le coût par tonne, si véhicule de marchandises) et comment le trouvez-vous ? (Veuillez indiquer le prix et entourer l'appréciation correspondante)

.....FCFA, 1= élevé 2= normal 3= bas

Q17 : Le véhicule de voyage est-il confortable ? 1= Oui 2= Non

Q18 : Si non, que proposez-vous ?

Q19 : Comment trouvez-vous l'état de la route ? (lors de votre voyage) (Veuillez entourer une réponse SVP)

1= Bon	2= Moyen	3= Mauvais
--------	----------	------------

Q20 : Voyagez-vous seul ? 1= Oui 2= Non, si non avec combien de personnes ? (Précisez)

Q21 : Donnez l'âge(s) de celui ou ceux avec qui vous voyagez.

Q22 : Quelle est la durée du trajet ?

Q23 : Quel est le nombre d'arrêts volontaires (descente de passagers, pose) ?

Q24 : Quelle est la durée moyenne d'un arrêt ? (Veuillez entourer une réponse SVP)

1= Moins de 5 Mn	2= 5 à 15 Mn	3= 15 à 30 Mn	4= Plus de 30 Mn	4= Une nuit
------------------	--------------	---------------	------------------	-------------

Q25 : Si vous voyagez en véhicule personnel, combien dépensez-vous en carburant?

Q26 : Combien (F.cfa) en moyenne dépensez-vous en achat d'aliment ou autre sur le trajet ?

Q27 : Y a t-il, selon vous, la sécurité sur la route (Veuillez entourer une réponse) ? 1 = Oui 2 = Non

Q28 : Si non, que doivent alors faire les autorités ?

Q29 : Quelle est votre fréquence de voyage ? (Veuillez indiquer **le nombre de fois** dans la case appropriée SVP)

Jour Semaine Mois Trimestre An Rare (précisez)

Q30 : Qu'est ce qui vous dissuade d'effectuer un voyage ? (Veuillez entourer la bonne réponse SVP !)

1= le mauvais état de la route	2= le coût élevé du transport	3= l'insécurité (coupeurs de routes)
4= les accidents	5= la durée (la distance)	6= Autre (précisez)

Q31 : Avez-vous déjà voyagé en train ? 1= Oui 2= Non

Q32 : Si les rails sont en bon état, les trains confortables, préféreriez le voyage en train ? 1= Oui 2=Non 3=NSP⁴⁸

⁴⁸ NSP = Ne Sais Pas.

III. ANALYSE DU SYSTEME DE PEAGE

Q33 : Avez vous déjà entendu parler du péage routier ? (Veuillez entourer la bonne réponse SVP) 1= Oui 2= Non

Q34 : Etes-vous pour la mise à péage des routes en vue de leur amélioration ? 1= Oui 2= Non 3= NSP

Q35 : Si vous êtes détenteur de véhicule de voyage, Combien êtes-vous disposé à payer (FCFA) au 100 Km pour une amélioration de la qualité du réseau routier ?

(Veuillez entourer pour chaque catégorie de véhicule le péage souhaité)

1= Véhicules légers 1=700 2=1000 3=1300 Autres (précisez)	2= moins de 30 places 1=850 2=1150 3=1400	3= plus de 30 places 1=1000 2=1200 3=1500	4= poids lourds 1=1500 2=2000 3=2500
--	---	---	--

Q36 : Combien êtes-vous disposé à payer de plus, si les tracasseries et rackets devraient aussi cesser ?.....

Q37 : Si vous êtes transporteur, avec l'instauration du péage routier, allez-vous augmenter les tarifs ?

1= Oui	2= Non	3= ça dépend
--------	--------	--------------

Q38 : Si oui, de combien ?.....

IV. LES DETERMINANTS DES ACCIDENTS

Q39 : Avez vous déjà été victime d'un accident de voiture ? (Veuillez entourer la bonne réponse SVP !)

1= Oui (Q40 et Q41)	2= Non (Q42)
---------------------	--------------

Q40 : Combien de fois ?.....

Q41 : Quelle en était la cause principale ? (Veuillez entourer la principale raison)

1= Etat de la route	2= Défaillance du véhicule	3= Vitesse	4= Intempéries (pluie, vent, ...)	5= Dépassement
6= Fatigue ou excitant	7= Stationnement	8= Autre, précisez.....		

V. ANALYSE DES BARRAGES ROUTIERS

Q42 : Combien de barrages routiers (Police, Douane, Gendarmes, etc.) franchissez-vous ?.....

Q43 : Combien de temps passez-vous à un barrage ? (Veuillez entourer une réponse SVP !)

1= Moins de 5 Mn	2= 5 à 15 Mn
3= 15 à 30 Mn	4= Plus de 30 Mn

Q44 : Que pensez-vous des "arrangements" permettant de régler rapidement certains problèmes administratifs ou liés aux contrôles ? (Veuillez entourer une réponse SVP)

1= Facilite les choses	2= Mauvais	3= ça dépend
------------------------	------------	--------------

Q45 : Etes-vous l'objet de rackets ? 1= Oui 2= Non

Q46 : Si oui, pourquoi ? (Veuillez entourer le motif posant problème)

1= pièce d'identité	2= pièces de véhicules	3= carte de séjour	4= aucun motif valable	5= autre.....
---------------------	------------------------	--------------------	------------------------	---------------

Q47 : Dans ce cas, combien payez-vous ? (Veuillez entourer la réponse)

1= 500	2= 1000	3= 2000	4= 5000	5= Autre (précisez).....
--------	---------	---------	---------	--------------------------

Q48 : Combien de fois le faites-vous par voyage ?.....

Q49 : Combien payiez-vous en moyenne par arrêt durant les six dernières années ?

1996.....	1997.....	1998.....	1999.....	2000.....	2001.....
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Q50 : Combien de fois le faisiez -vous par voyage ?.....

Q51 : Quel(s) comportement(s) adoptez-vous pour combler le manque à gagner engendré par les rackets?

1= surcharge 2=non possession de toutes les pièces requises 3=non entretien rigoureux du véhicule 4=rouler à vive allure Autre (Précisez).....

Q52 : Que proposez-vous pour mettre fin aux rackets ?

Q53 : Les rackets étant une façon de compenser un revenu insuffisant pour le travail effectué, si vous êtes un corps habillé, quelle forme de compensation légale (qui ne serait pas décriée) accepteriez-vous ?

1= Prime de risque pour la mission effectuée (par jour), montant:..... 2= Prime sur salaire, montant:.....
3= Prime d'encouragement chaque week-end, montant:..... 4= Assurance vie 5= Autre (précisez)...

Q54 : La prime sera payée par le concessionnaire en fonction de la performance de l'agent (Précisez votre choix)

1= Nombre d'agressions interceptées 2= Absence de braquages sur le tronçon 3= Nombre de patrouilles 4= Autre...

Q55 : Quelle forme de surveillance qui ne perd pas le temps aux usagers préconisez-vous ?

1= Pelotons mobiles 2= Patrouilles de nuit inopinées entre deux postes 3=Réduction des postes fixes 4=Autre....

Q56 Si vous êtes un corps habillé, comment se fait la répartition des rackets ?.....

Q57 Combien les rackets vous rapportent t-ils par jour en moyenne ?.....Max....min.....par mois?.....

Q58 : Avez-vous personnellement fait au moins une fois, en Côte d'Ivoire, l'expérience d'une affaire de corruption dont vous gardez un souvenir ? (Veuillez entourer la bonne réponse SVP !) 1= Oui 2= Non

Q59 : Selon vous, quels sont les trois secteurs que vous jugez les plus corrompus en Côte d'Ivoire ? (Veuillez les lister du plus corrompu au moins corrompu)

Rang	Secteurs d'activités corrompus	Attribuer une note à chacun des secteurs cités suivant l'ampleur de la corruption, selon le barème suivant : 1= Plus de 75% 2= 50 à 75% 3= 25 à 50% 4= <25%
1 ^{er}		
2 ^{ème}		
3 ^{ème}		

Q60 : Quels éléments de solutions suggérez-vous pour lutter contre la corruption ? (Veuillez citer les principales lignes directrices de votre stratégie).....

VI. STRUCTURE DES DEPENSES DE MENAGE

Q61 : Quelle est la nature de vos dépenses de ménage ? (Entourez la bonne réponse)

1 = Le chef de ménage effectue seul les dépenses 2 = Les dépenses sont effectuées par les conjoints⁴⁹

S'il n'y a aucune dépense à un poste mettez 0.

Postes	Dépenses Mensuelles (en FCFA) (Si annuelles, veuillez préciser... /an)
Alimentation	
Logement	
Habillement	
Santé	
Eau	
Electricité	
Gaz ou Charbon	
Transport urbain (taxis, Gbaka, woro-woro, bus, Véhicule Privé)	
Transport interurbain (voyages)	
Communication locale	
Communication nationale	
Communication Internationale	
Cellulaire	
Internet	
Education	
Transfert (aides aux parents, amis, diverses cotisations, etc.)	
Autres (précisez)	

N.B.: Si vous n'avez pas les montants précis, donnez les montants moyens ou approximatifs.

⁴⁹ Cas de personnes mariées ou vivant en union libre, dont les deux participent aux dépenses.



UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE
DE SCIENCES ECONOMIQUES ET DE GESTION

CREMIDE

Centre de Recherches Microéconomiques du Développement

DOCTORAT THESE UNIQUE EN SCIENCES ECONOMIQUES

ENQUETE SUR LE TRANSPORT INTERURBAIN EN COTE IVOIRE

Questionnaire Type 2

Etude sur les Infrastructures Routières Interurbaines :

*Le cas des axes Autoroute du Nord, Voie express Abidjan-Bassam,
Abidjan-Dabou et la Côtière, La Nationale A1 (Abidjan-Bouna)*

INTERVIEW DES 1^{ERS} RESPONSABLES TRANSPORTEURS N°.....

- BONJOUR (BONSOIR) MONSIEUR (MADAME),
- JE SUIS M....., AGENT ENQUÊTEUR N°..... DU CREMIDE
- VOUS AVEZ ÉTÉ SÉLECTIONNÉ(E) POUR FIGURER DANS L'ÉCHANTILLON D'UNE ÉTUDE QUE NOUS ORGANISONS SUR "LES SERVICES D'INFRASTRUCTURES INTERURBAINES".
- VOUDRIEZ VOUS NOUS FAIRE LE PLAISIR DE VOUS PRÊTER À NOTRE QUESTIONNAIRE PENDANT ENVIRON 15 MINUTES ?
- MERCI BIEN MONSIEUR (MADAME) DE VOUS PRÊTER À NOTRE ÉTUDE.

Important : Les renseignements contenus dans ce questionnaire sont strictement confidentiels. Ils sont couverts par le secret statistique et ne peuvent être publiés que sous forme anonyme conformément à la loi du 7 juin 1951 sur l'obligation de répondre et le secret statistique.

Nom de la Société :

Services et activités fournis :

Date de création de l'entreprise :

Les Villes desservies :

Les Prix du ticket (passager):

Les Prix par tonne (marchandise):

Années	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02
Parc auto											
Nbre de cars											
Nbre de minicars											
Autres véhicules											
Age moy véhicules											
Personnel											
Nbre Chauffeurs											
Nbre Caissiers											
Nbre Convoyeurs											
Nbre Chargeurs											
Nbre Chef de Gare											
Nbre Dir d'exploit											
Autres (Précisez)											
Ressources											
Voyages /jour											
Taux remplissage											
Tonnage(marchse)											
Recette journalière											
Chiffre d'Affaire											
Autres (Précisez)											
Charges											
Salaire ⁵⁰ Chauffeur											
Prime ⁵¹ Chauffeur											
Salaire Caissier											
Salaire convoyeur											
Salaire Chargeur											
Salaire Chef de Gare											
Salaire Dir d'exploit											
Salaire Dir Général											
Stationnement											
Assurance											
Vignette											
Patente											
Autres Impôts											
Visites techniques											
Frais d'entretien											
⁵⁰ Salaire mensuel											
⁵¹ Prime par voyage											
Carburant /jour											
Autres (Précisez)											

ANNEXES 4 :

Données sur les trafics et autres grandeurs macroéconomiques :
statistiques et régressions

Trafic, distance et coûts sur les différents axes, à partir d'Abidjan

Relations	t_{ij}	d_{ij}	p_i	c_{ij}
A-Gd Bassam	5603	43	53218	500
A-Bonoua	4915	59	31875	700
A-Aboisso	1374	116	27218	1500
A-Dabou	3075	49	53633	700
A-GdLahou	496	152	24718	3500
A-Sassandra	471	283	15976	4000
A-San Pedro	457	350	131800	4500
A-Toumodi	2360	198	31511	2000
A-Yakro	2124	243	155803	2500
A-Tiébissou	944	285	15501	3000
A-Bouaké	897	349	461617	4000
A-Katiola	672	403	92230	4500
A-Ferké	419	580	41698	5000
A-Ouangolo	314	624	18015	4500
A-Bouaflé	778	302	47941	3500
A-Daloa	513	382	173107	4000
A-Duekoué	398	484	37374	4500
A-Man	358	570	116657	5000
A-Touba	175	680	21541	5500
A-Odienné	116	867	43131	6000
A-Adzopé	3447	104	43821	1500
A-Akoupé	2725	142	21881	1500
A-Abengourou	700	210	71462	2000
A-Agnibilékro	420	280	33027	2500
A-Bondoukou	378	456	44335	4500
A-Bouna	82	603	16094	6000

Trafic, distance et population sur les différents axes, par villes successives

Relations	d_{ij}	P_i	P_j	$P_i P_j$	t_{ij}
Abj-GdBassam	43	2877948	53218	153158636664	5603
GdBassam-Bonoua	16	53218	31875	1696323750	4915
Bonoua-Aboisso	57	31875	27218	867573750	1374
Abj-Adzopé	104	2877948	43821	126114559308	1922
Adzopé-Akoupé	38	43821	21881	958847301	1672
Akoupé-Abengourou	68	21881	71462	1563660022	1073
Abengourou.-Agnibilékro	70	71462	33027	2360175474	868
Agnibilékro-Bondoukou	176	33027	44335	1464252045	525
Bondoukou-Bouna	147	44335	16094	713527490	151
Abj-Dabou	49	2877948	53633	154352985084	3075
Dabou-GdLahou	103	53633	24718	1325700494	1165
GdLahou-Sassandra	131	24718	15976	394894768	919
Sassandra-San Pedro	67	15976	131800	2105636800	730
Abj-Toumodi	198	2877948	31511	90687019428	2360
Toumodi-Yakro	45	31511	155803	4909508333	2430
Yakro-Tiébissou	42	155803	15501	2415102303	2322
Tiébissou-Bouaké	64	15501	461617	7155525117	2097
Bouaké-Katiola	54	461617	92230	42574935910	1760
Katiola-Ferké	177	92230	41698	3845806540	1089
Ferké-Ouangolo	44	41698	18015	751189470	820
Yakro-Bouaflé	59	155803	47941	7469351623	1471
Bouaflé-Daloa	80	47941	173107	8298922687	1156
Daloa-Duekoué	102	173107	37374	6469701018	1195
Duekoué-Man	86	37374	116657	4359938718	1048
Man-Touba	110	116657	21541	2512908437	392
Touba-Odienné	187	21541	43131	929084871	246

Trafic sur les quatre principaux axes

Année	Trafic AY	TmAY	TAGB	TAAbg	TmAAbg	TAD	TGLA	Tmgla
1982	5300	2280	4100	3350	1577	2500	15477	12230
1983	4441	2410	3020	3070	1303	2200	13006	10700
1984	3430	2095	3365	3255	1327	2070	12461	10785
1985	3625	2197	4170	3585	1700	2160	14175	12112
1986	4253	2223	4250	3995	1827	2030	15155	12498
1987	3780	2260	4451	3769	1558	1974	14512	12454
1988	3574	2193	4675	3651	1406	1893	14284	12412
1989	3480	2167	4813	3604	1342	1811	14175	12395
1990	3229	2028	4610	3371	1213	1729	13366	11738
1991	3185	2009	4620	3337	1180	1648	13207	11614
1992	3140	2004	4630	3305	1147	1570	13053	11509
1993	3117	2063	4597	3122	1332	1559	13151	11341
1994	3196	2164	4713	3637	1492	1598	13624	12112
1995	4263	2259	5067	3842	1573	1718	15418	13317
1996	4616	2374	5213	3926	1617	1768	16142	13622
1997	4698	2430	5425	4204	1550	3033	17993	15609
1998	5450	2529	5603	4234	1685	3075	19095	16477
1999	5841	2430	6117	4530	2258	3118	21726	17421
2000	6133	2371	6423	4421	2203	3227	22600	17638
2001	6378	2473	6680	4610	2297	3421	23587	18430
2002	6602	2560	6947	4774	2379	3557	24467	19130

TmAY : Trafic Moyen Abidjan – Yamoussoukro

TmAAbg : Trafic Moyen Abidjan – Abengourou

Tmgla : Trafic Moyen global Abidjan

Populations des principales villes sur les quatre grands axes

Année	Pop Abidjan	Pop Yakro	Pop GdBas.	Pop Abeng.	Pop Dabou
1982	1402181	65943	34232	43392	30443
1983	1482105	71548	35362	45735	31660
1984	1566585	77630	36529	48205	32927
1985	1655881	84228	37734	50808	34244
1986	1750266	91388	38980	53552	35614
1987	1850031	99156	40266	56443	37038
1988	1929079	106659	41509	59106	38407
1989	2002384	110499	42505	60170	39636
1990	2078475	114477	43525	61253	40904
1991	2157457	118598	44570	62356	42213
1992	2239440	122867	45640	63478	43564
1993	2324539	127291	46735	64621	44958
1994	2412871	131873	47857	65784	46397
1995	2504560	136620	49005	66968	47882
1996	2599734	141539	50181	68173	49414
1997	2698523	146634	51386	69400	50995
1998	2877948	155803	53218	71462	53633
1999	3021845	163593	54944	73820	55778
2000	3157828	170610	56757	76256	57619
2001	3284142	175945	58630	78315	59520
2002	3405655	181284	60565	80430	61127

Grandeurs macroéconomiques

Année	PIB	Population	Import	Export	Cons. Finale	IPC Transport
1982	2486544	9150000	977938	905709	538661	94,4
1983	2605913	9500000	930751	963109	641820	98,93
1984	2989423	9850000	950415	1354570	387538	100
1985	3134838	10200000	1015634	1466308	369089	100,3
1986	3171670	10550000	957227	1252748	374825	100,5
1987	3031698	10900000	898020	1013501	356847	100,3
1988	3053000	10874000	847496	931255	350815	100
1989	3109000	11298000	896513	997146	321167	100
1990	2939303	11737000	785734	931470	249906	100
1991	2960014	12194000	793063	887914	253832	100
1992	2953020	12669000	830000	942000	251000	140,6
1993	2946000	13162000	814000	846000	231000	140,7
1994	4258000	13674000	1409000	1827000	475000	165,4
1995	4987722	14206000	1782100	2050800	641300	195,1
1996	5548137	14743000	1906394	2504620	819934	193,7
1997	6234400	15296000	2097289	2703748	929508	193,6
1998	7541000	15366672	2214862	2835400	1165025	143
1999	7734000	15674000	2601384	3231183	1066702	150,7
2000	7546500	15881064	2583362	3111701	783817	
2001	7869500	16401514				
2002	8149300	16928326				

Evolution du trafic voyageur par train

Année	Trafic intérieur		Trafic international		Trafic total	
	Voyageurs	Voyageur-km	Voyageurs	Voyageur-km	Voyageurs	Voyageur-km
1967	1440	126	495	317	1935	443
1968	1665	155	547	350	2212	505
1969	1641	146	537	354	2178	500
1970	1713	217	563	361	2276	578
1971	1687	216	658	435	2345	651
1972	1552	209	767	520	2319	729
1973	1657	234	862	595	2519	829
1974	1687	248	850	601	2537	849
1975	1755	270	854	607	2609	877
1976	2031	360	778	602	2809	962
1977	2204	381	871	710	3075	1091
1978	2264	54	1077	806	3341	860
1979	2011	291	1167	841	3178	1132
1980	1813	268	1155	878	2968	1146
1981	1961	304	863	650	2824	954
1982	1820	276	694	532	2514	808
1983	1655	248	901	652	2556	900
1984	1240	162	789	580	2029	742
1985	1035	110	953	629	1988	739
1986	829	88	731	521	1560	609
1987	660	64	494	349	1154	413
1988	687	61	441	308	1128	369
1989						
1990	584	60	337	251	921	311
1991	647	75	279	181	926	256
1992					820	
1993					744	
1994					757	
1995			101	36		
1996			412	158		
1997			379	155		
1998			269	119		
1999			243	93		
2000			300	126		
2001			400	182		

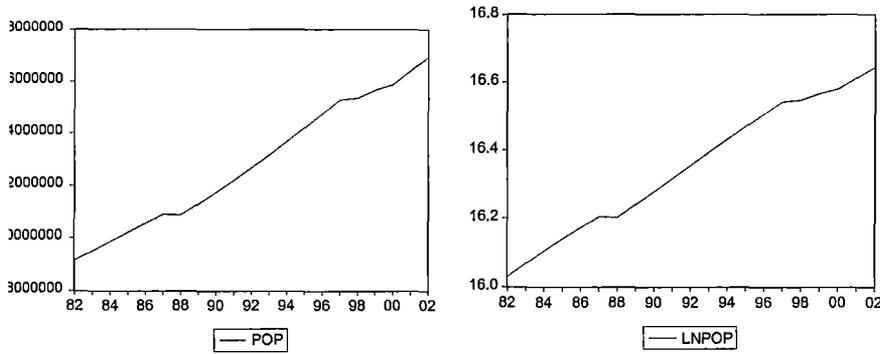
Evolution du trafic fret par train

Année	Trafic intérieur		Trafic international		Trafic total	
	Tonne	Tonne-km	Tonne	Tonne-km	Tonne	Tonne-km
1967	385	87	225	217	610	304
1968	383	92	245	230	628	322
1969	423	104	273	265	696	369
1970	381	98	290	278	671	376
1971	379	100	327	318	706	418
1972	385	110	363	332	748	442
1973	413	107	449	415	862	522
1974	268	89	433	409	701	498
1975	254	81	341	329	595	410
1976	290	92	473	434	763	526
1977	234	73	474	449	708	522
1978	208	60	446	435	654	495
1979	155	46	413	401	568	447
1980	195	68	531	519	726	587
1981	163	59	554	543	717	602
1982	109	44	577	554	686	598
1983	150	57	468	440	618	497
1984	144	53	483	447	627	500
1985	160	58	467	425	627	483
1986	269	97	426	392	695	489
1987	279	102	439	400	718	502
1988	175	64	388	360	563	424
1989						
1990	113	67	359	360	472	427
1991	109	43	326	321	435	364
1992	140	51	281	261	421	312
1993					292	
1994					291	
1995			150	124		
1996			504	451		
1997			596	505		
1998			643	530		
1999			806	538		
2000			876	523		
2001			1016	699		

Trafic Avion, Aéroport FHB d'Abidjan

Année	Passager	Fret	vol
1982			
1983			
1984			
1985	986499	29811	13856
1986	973806	23872	15147
1987	894343	19474	16673
1988	838184	13461	11584
1989	969753	29736	16645
1990	868328	24408	15261
1991	780787	21179	13722
1992	694364	18264	
1993		11646	12206
1994	791199	22052	11771
1995	882825	22124	12223
1996	952392	21033	13781
1997	1056718	19603	21385
1998	1173144	19915	23435
1999	1250968	23537	23628

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE



Evolution de la Population ivoirienne (POP)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.863	0.863	17.967	0.000
. |*****|	. |. |	2	0.729	-0.057	31.488	0.000
. |*****|	. |. |	3	0.602	-0.054	41.212	0.000
. |****|	. |* |	4	0.472	-0.090	47.535	0.000
. |***|	. |* |	5	0.343	-0.084	51.082	0.000
. |**|	. |* |	6	0.207	-0.124	52.459	0.000
. |* |	. |* |	7	0.069	-0.120	52.624	0.000
. |. |	. |. |	8	-0.055	-0.075	52.737	0.000
. |. |	. |. |	9	-0.164	-0.066	53.815	0.000
. |. |	. |. |	10	-0.255	-0.057	56.672	0.000
. |**|	. |. |	11	-0.329	-0.054	61.900	0.000
. |***|	. |. |	12	-0.383	-0.041	69.775	0.000
. ***	. .					

Corrélogramme de POP

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.863	0.863	17.967	0.000
. |*****|	. |. |	2	0.729	-0.057	31.488	0.000
. |*****|	. |. |	3	0.602	-0.054	41.212	0.000
. |****|	. |* |	4	0.472	-0.090	47.535	0.000
. |***|	. |* |	5	0.343	-0.084	51.082	0.000
. |**|	. |* |	6	0.207	-0.124	52.459	0.000
. |* |	. |* |	7	0.069	-0.120	52.624	0.000
. |. |	. |. |	8	-0.055	-0.075	52.737	0.000
. |. |	. |. |	9	-0.164	-0.066	53.815	0.000
. |. |	. |. |	10	-0.255	-0.057	56.672	0.000
. |**|	. |. |	11	-0.329	-0.054	61.900	0.000
. |***|	. |. |	12	-0.383	-0.041	69.775	0.000
. ***	. .					

Corrélogramme de DPOP

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
****	****	1	-0.455	-0.455	4.5884	0.032
.*	.	2	0.173	-0.042	5.2944	0.071
**	*	3	-0.212	-0.188	6.4109	0.093
.	**	4	0.002	-0.213	6.4110	0.170
.	*	5	-0.011	-0.123	6.4143	0.268
.	*	6	0.001	-0.109	6.4143	0.378
.	*	7	-0.009	-0.128	6.4170	0.492
.	*	8	0.007	-0.105	6.4187	0.600
**	****	9	-0.292	-0.510	9.8212	0.365
***	*	10	0.393	-0.060	16.670	0.082
*	*	11	-0.175	-0.100	18.197	0.077
**	.	12	0.241	-0.044	21.506	0.043

Corrélogramme de D(POP, 2)

ADF Test Statistic	-3.236416	1% Critical Value*	-2.7158
		5% Critical Value	-1.9627
		10% Critical Value	-1.6262

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(POP(-1),2)	-1.525999	0.471509	-3.236416	0.0055
D(POP(-1),3)	0.051063	0.282963	0.180457	0.8592
R-squared	0.726446	Mean dependent var	374.2353	
Adjusted R-squared	0.708209	S.D. dependent var	367201.0	
S.E. of regression	198353.3	Akaike info criterion	27.34362	
Sum squared resid	5.90E+11	Schwarz criterion	27.44164	
Log likelihood	-230.4208	Durbin-Watson stat	1.981186	

Test de ADF sur D(POP, 2)

PP Test Statistic	-6.880322	1% Critical Value*	-2.7057
		5% Critical Value	-1.9614
		10% Critical Value	-1.6257

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Lag truncation for Bartlett kernel: 2	(Newey-West suggests: 2)
Residual variance with no correction	3.29E+10
Residual variance with correction	2.94E+10

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(POP(-1),2)	-1.451733	0.216386	-6.708984	0.0000
R-squared	0.725852	Mean dependent var	353.4444	
Adjusted R-squared	0.725852	S.D. dependent var	356237.3	
S.E. of regression	186522.7	Akaike info criterion	27.16445	
Sum squared resid	5.91E+11	Schwarz criterion	27.21391	
Log likelihood	-243.4800	Durbin-Watson stat	2.001329	

Test de PP sur D(POP, 2)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
*****	*****	1	0.861	0.861	17.914	0.000
*****	*| .	2	0.727	-0.059	31.337	0.000
*****	| .	3	0.598	-0.056	40.920	0.000
****	*| .	4	0.468	-0.083	47.139	0.000
***	*| .	5	0.341	-0.079	50.639	0.000
**	*| .	6	0.210	-0.109	52.054	0.000
*	*| .	7	0.073	-0.133	52.236	0.000
| .	*| .	8	-0.052	-0.076	52.335	0.000
| .	*| .	9	-0.160	-0.069	53.371	0.000
*	*| .	10	-0.252	-0.059	56.163	0.000
**	*| .	11	-0.327	-0.056	61.314	0.000
***	| .	12	-0.381	-0.042	69.111	0.000

Corrélogramme LPOP

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
*| .	*| .	1	0.172	0.172	0.6848	0.408
*| .	*| .	2	0.104	0.076	0.9475	0.623
*| .	*| .	3	-0.152	-0.188	1.5466	0.672
*| .	*| .	4	-0.176	-0.138	2.3967	0.663
**| .	*| .	5	-0.198	-0.124	3.5492	0.616
*| .	*| .	6	-0.119	-0.072	3.9928	0.678
*| .	*| .	7	-0.139	-0.142	4.6431	0.703
*| .	*| .	8	-0.142	-0.184	5.3826	0.716
*| .	**| .	9	-0.157	-0.207	6.3626	0.703
**| .	**| .	10	0.296	0.306	10.214	0.422
*| .	| .	11	0.120	-0.039	10.918	0.450
**| .	| .	12	0.220	0.012	13.587	0.328

Corrélogramme DLPOP

PP Test Statistic	-3.514967	1% Critical Value*	-4.5348
		5% Critical Value	-3.6746
		10% Critical Value	-3.2762

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Lag truncation for Bartlett kernel: 2 (Newey-West suggests: 2)

Residual variance with no correction	0.000136
Residual variance with correction	0.000140

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LNPOP(-1))	-0.873431	0.249524	-3.500391	0.0030
C	0.030674	0.011343	2.704129	0.0156
@TREND(1982)	-0.000378	0.000551	-0.685207	0.5030
R-squared	0.434951	Mean dependent var		-0.000312
Adjusted R-squared	0.364319	S.D. dependent var		0.015922
S.E. of regression	0.012694	Akaike info criterion		-5.751411
Sum squared resid	0.002578	Schwarz criterion		-5.602289
Log likelihood	57.63841	F-statistic		6.158053
Durbin-Watson stat	2.004835	Prob(F-statistic)		0.010392

Test de PP sur DLPOP

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.800	0.800	15.457	0.000
. |****|	. |**|	2	0.541	-0.274	22.904	0.000
. |***|	. |*|	3	0.366	0.101	26.499	0.000
. |**|	. |*|	4	0.228	-0.097	27.975	0.000
. |*|	. |.	5	0.123	0.004	28.432	0.000
. |.	. |.	6	0.059	0.000	28.544	0.000
. |.	. |.	7	0.029	0.018	28.573	0.000
. |.	. |*|	8	-0.008	-0.075	28.575	0.000
. |.	. |.	9	-0.028	0.044	28.606	0.001
. |.	. |.	10	-0.042	-0.056	28.684	0.001
. |*|	. |*|	11	-0.089	-0.098	29.069	0.002
. |*|	. |*|	12	-0.151	-0.073	30.300	0.003

Corrélogramme de LTAG (Logarithme du Trafic Abidjan – Grand-Bassam)

Sample: 1982 2002						
Included observations: 19						
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*|	. |*|	1	0.186	0.186	0.7682	0.381
. |.	. |*|	2	-0.050	-0.088	0.8280	0.661
. |*|	. |*|	3	-0.102	-0.078	1.0855	0.781
. |.	. |.	4	-0.040	-0.010	1.1287	0.890
. |.	. |.	5	-0.049	-0.053	1.1968	0.945
. |.	. |.	6	-0.012	-0.004	1.2009	0.977
. |.	. |.	7	-0.013	-0.021	1.2066	0.991
. |.	. |.	8	-0.015	-0.020	1.2152	0.996
. |***|	. |***|	9	-0.347	-0.364	6.0177	0.738
. |*|	. |*|	10	-0.187	-0.076	7.5617	0.672
. |.	. |.	11	-0.042	-0.056	7.6506	0.744
. |*|	. |*|	12	0.145	0.089	8.8516	0.716

Correlogramme de DLTAG (Différentiel du Logarithme du Trafic Abidjan – Grand-Bassam)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.800	0.800	15.457	0.000
. |****|	. |**|	2	0.541	-0.274	22.904	0.000
. |***|	. |*|	3	0.366	0.101	26.499	0.000
. |**|	. |*|	4	0.228	-0.097	27.975	0.000
. |*|	. |.	5	0.123	0.004	28.432	0.000
. |.	. |.	6	0.059	0.000	28.544	0.000
. |.	. |.	7	0.029	0.018	28.573	0.000
. |.	. |*|	8	-0.008	-0.075	28.575	0.000
. |.	. |.	9	-0.028	0.044	28.606	0.001
. |.	. |.	10	-0.042	-0.056	28.684	0.001
. |*|	. |*|	11	-0.089	-0.098	29.069	0.002
. |*|	. |*|	12	-0.151	-0.073	30.300	0.003

Corrélogramme de TAG

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. | . |	. | . |	1	-0.045	-0.045	0.0469	0.829
*** | . |	*** | . |	2	-0.343	-0.346	2.9255	0.232
. | . |	. | . |	3	0.054	0.020	3.0012	0.391
. | . |	. * | . |	4	-0.019	-0.152	3.0114	0.556
. * | . |	. * | . |	5	-0.144	-0.147	3.6189	0.605
. * | . |	. ** | . |	6	-0.081	-0.189	3.8269	0.700
. | * | . |	. | . |	7	0.090	-0.039	4.1008	0.768
. | . |	. * | . |	8	-0.013	-0.136	4.1067	0.847
. | . |	. | . |	9	-0.003	-0.030	4.1071	0.904
. | * | . |	. | . |	10	0.108	0.012	4.6187	0.915
. | . |	. | . |	11	0.029	0.011	4.6607	0.946
. * | . |	. | . |	12	-0.070	-0.038	4.9322	0.960

Corrélogramme montrant la stationnarité de LTAG.

Date: 07/23/05 Time: 19:45
Sample: 1982 2002
Included observations: 21

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. | ***** |	. | ***** |	1	0.856	0.856	17.714	0.000
. | ***** |	. * | . |	2	0.711	-0.084	30.574	0.000
. | ***** |	. * | . |	3	0.543	-0.170	38.499	0.000
. | *** |	. ** | . |	4	0.329	-0.290	41.578	0.000
. | * | . |	. ** | . |	5	0.103	-0.225	41.897	0.000
. | . |	. | * | . |	6	-0.036	0.183	41.939	0.000
. | * | . |	. | . |	7	-0.157	-0.004	42.787	0.000
. | ** | . |	. * | . |	8	-0.270	-0.148	45.488	0.000
. | ** | . |	. | . |	9	-0.301	0.061	49.130	0.000
. | ** | . |	. * | . |	10	-0.311	-0.071	53.365	0.000
. | ** | . |	. | . |	11	-0.311	-0.016	58.042	0.000
. | ** | . |	. | . |	12	-0.285	-0.027	62.411	0.000

Corrélogramme de LTAY

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. | * | . |	. | * | . |	1	0.089	0.089	0.1849	0.667
. | * | . |	. | * | . |	2	0.102	0.095	0.4394	0.803
. | ** | . |	. | ** | . |	3	0.264	0.252	2.2442	0.523
. | * | . |	. | . |	4	0.085	0.044	2.4449	0.655
. | ** | . |	. | ** | . |	5	-0.220	-0.296	3.8599	0.570
. | . |	. | . |	6	0.018	-0.039	3.8698	0.694
. | * | . |	. | * | . |	7	-0.147	-0.146	4.6001	0.709
. | * | . |	. | . |	8	-0.113	0.041	5.0709	0.750
. | * | . |	. | . |	9	-0.099	-0.020	5.4629	0.792
. | . |	. | . |	10	-0.044	-0.010	5.5476	0.852
. | ** | . |	. | ** | . |	11	-0.294	-0.283	9.7598	0.552
. | * | . |	. | * | . |	12	0.076	0.100	10.074	0.609

Corrélogramme de DLTAY

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.792	0.792	15.161	0.000
. |****|	. |*|	2	0.566	-0.166	23.311	0.000
. |***|	. |*|	3	0.333	-0.162	26.286	0.000
. |*|	. |*|	4	0.126	-0.099	26.740	0.000
. |.	. |**|	5	0.061	0.216	26.853	0.000
. |.	. |**|	6	-0.049	-0.267	26.932	0.000
. |*|	. |.	7	-0.119	-0.021	27.420	0.000
. |*|	. |.	8	-0.158	-0.002	28.349	0.000
. |**|	. |.	9	-0.195	-0.008	29.882	0.000
. |*|	. |.	10	-0.150	0.040	30.875	0.001
. |*|	. |*|	11	-0.146	-0.115	31.911	0.001
. |*|	. |.	12	-0.146	-0.041	33.053	0.001

Corrélogramme de LTAA

Le corrélogramme montre une série non stationnaire en niveau, LTAA n'est a priori donc pas stationnaire.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*|	. |*|	1	0.087	0.087	0.1758	0.675
. |.	. |.	2	-0.010	-0.017	0.1781	0.915
. |*|	. |*|	3	0.066	0.069	0.2907	0.962
. |*|	. |*|	4	-0.063	-0.076	0.3998	0.982
. |**|	. |**|	5	0.214	0.234	1.7481	0.883
. |*|	. |**|	6	-0.149	-0.218	2.4446	0.875
. |**|	. |*|	7	-0.228	-0.175	4.2061	0.756
. |.	. |.	8	0.022	0.026	4.2239	0.836
. |*|	. |.	9	-0.096	-0.056	4.5895	0.869
. |.	. |.	10	-0.002	-0.037	4.5896	0.917
. |*|	. |*|	11	-0.185	-0.165	6.2687	0.855
. |**|	. |*|	12	-0.206	-0.103	8.5981	0.737

Corrélogramme de DLTAA

Le corrélogramme atteste d'une série stationnaire en différence première.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LTAA(-1)	0.003697	0.002166	1.707259	0.1041
R-squared	0.001845	Mean dependent var		0.030334
Adjusted R-squared	0.001845	S.D. dependent var		0.080016
S.E. of regression	0.079942	Akaike info criterion		-2.166315
Sum squared resid	0.121425	Schwarz criterion		-2.116529
Log likelihood	22.66315	Durbin-Watson stat		1.712941

Test de PP sur LTAA

Le teste de PP montre une série non stationnaire en niveau.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |* .	. |* .	1	0.123	0.123	0.3529	0.552
. |* .	. |* .	2	0.138	0.124	0.8165	0.665
. |* .	. |* .	3	0.102	0.074	1.0839	0.781
. |* .	. |* .	4	0.123	0.091	1.4976	0.827
. |* .	. |* .	5	0.081	0.040	1.6886	0.890
. |. .	. |. .	6	-0.040	-0.087	1.7384	0.942
. |. .	. |. .	7	-0.049	-0.071	1.8188	0.969
. |* .	. |* .	8	-0.066	-0.065	1.9796	0.982
. |* .	. |* .	9	-0.090	-0.073	2.3069	0.986
. |* .	. |. .	10	-0.091	-0.046	2.6685	0.988
. |* .	. |* .	11	-0.168	-0.115	4.0470	0.969
. |. .	. |. .	12	-0.020	0.051	4.0700	0.982

Corrélogramme DLTAD

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LNPAPD(-1),2)	-1.200724	0.240388	-4.994949	0.0001
R-squared	0.594538	Mean dependent var		-0.000486
Adjusted R-squared	0.594538	S.D. dependent var		0.021856
S.E. of regression	0.013917	Akaike info criterion		-5.657483
Sum squared resid	0.003293	Schwarz criterion		-5.608018
Log likelihood	51.91735	Durbin-Watson stat		2.025851

Test de PP sur D(LPAPD, 2) sans constante et sans tendance

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LTAD(-1)	-0.133147	0.112871	-1.179640	0.2544
C	0.898976	0.844306	1.064751	0.3019
@TREND(1982)	0.013696	0.005112	2.679395	0.0158
R-squared	0.297002	Mean dependent var		0.022260
Adjusted R-squared	0.214296	S.D. dependent var		0.134837
S.E. of regression	0.119520	Akaike info criterion		-1.273191
Sum squared resid	0.242844	Schwarz criterion		-1.123831
Log likelihood	15.73191	F-statistic		3.591070
Durbin-Watson stat	2.062891	Prob(F-statistic)		0.050016

Test de PP sur LTAD (non stationnaire en niveau).

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |** .	. |** .	1	0.302	0.302	2.1079	0.147
. |* .	. |. .	2	0.076	-0.017	2.2474	0.325
. |* .	. |* .	3	0.093	0.082	2.4694	0.481
. |. .	. |* .	4	-0.021	-0.079	2.4817	0.648
. |** .	. |** .	5	-0.261	-0.262	4.4859	0.482
. |*** .	. |** .	6	-0.335	-0.226	8.0206	0.237
. |** .	. |* .	7	-0.283	-0.156	10.740	0.150
. |** .	. |* .	8	-0.260	-0.140	13.210	0.105
. |* .	. |. .	9	-0.080	0.061	13.468	0.143
. |* .	. |* .	10	0.120	0.144	14.098	0.169
. |. .	. |** .	11	-0.025	-0.195	14.129	0.226
. |. .	. |* .	12	0.038	-0.090	14.208	0.288

Corrélogramme de DLPIB.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.869	0.869	18.255	0.000
. |*****|	. |*|	2	0.718	-0.155	31.364	0.000
. |****|	. |.|	3	0.573	-0.057	40.167	0.000
. |***|	. |*|	4	0.408	-0.180	44.889	0.000
. |**|	. |*|	5	0.232	-0.150	46.517	0.000
. |*|	. |.|	6	0.082	-0.033	46.733	0.000
. |.|	. |.|	7	-0.045	-0.045	46.802	0.000
. |*|	. |.|	8	-0.149	-0.038	47.631	0.000
. |**|	. |*|	9	-0.234	-0.058	49.829	0.000
. |**|	. |*|	10	-0.254	0.131	52.670	0.000
. |**|	. |**|	11	-0.291	-0.199	56.766	0.000
. |***|	. |*|	12	-0.338	-0.130	62.898	0.000

Corrélogramme de LPIB

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LNPIB(-1))	-0.508348	0.204726	-2.483071	0.0231
R-squared	0.255119	Mean dependent var	-0.000629	
Adjusted R-squared	0.255119	S.D. dependent var	0.119528	
S.E. of regression	0.103161	Akaike info criterion	-1.653861	
Sum squared resid	0.191559	Schwarz criterion	-1.604153	
Log likelihood	16.71168	Durbin-Watson stat	2.065286	

Test de stationnarité PP sur DLPIB, sans tendance et sans constante.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.845	0.845	17.242	0.000
. |*****|	. |*|	2	0.693	-0.072	29.459	0.000
. |****|	. |*|	3	0.547	-0.069	37.495	0.000
. |***|	. |*|	4	0.410	-0.064	42.267	0.000
. |**|	. |.|	5	0.284	-0.057	44.698	0.000
. |*|	. |.|	6	0.175	-0.037	45.683	0.000
. |*|	. |*|	7	0.074	-0.065	45.873	0.000
. |.|	. |*|	8	-0.020	-0.071	45.887	0.000
. |*|	. |*|	9	-0.106	-0.071	46.337	0.000
. |*|	. |*|	10	-0.183	-0.070	47.805	0.000
. |**|	. |*|	11	-0.250	-0.069	50.829	0.000
. |**|	. |*|	12	-0.307	-0.068	55.893	0.000

Corrélogramme de LPAPG

Le corrélogramme du logarithme du produit des populations d'Abidjan et de Grand-Bassam, (LPAPG) atteste d'une série non stationnaire en niveau.

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. * | . |	. * | . |	1	-0.123	-0.123	0.3341	0.563
. | . |	. | . |	2	0.034	0.019	0.3609	0.835
. | . |	. | . |	3	-0.002	0.004	0.3610	0.948
. | . |	. | . |	4	0.002	0.002	0.3612	0.986
. | . |	. | . |	5	-0.001	-0.001	0.3612	0.996
. | . |	. | . |	6	0.001	0.000	0.3612	0.999
. | . |	. | . |	7	0.001	0.001	0.3612	1.000
. | . |	. | . |	8	-0.001	-0.001	0.3613	1.000
*** | . |	*** | . |	9	-0.405	-0.412	6.9116	0.646
. | . |	. * | . |	10	-0.013	-0.135	6.9189	0.733
. | . |	. | . |	11	0.013	0.017	6.9272	0.805

Corrélogramme en différence seconde de LPAPG

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. | ***** |	. | ***** |	1	0.841	0.841	17.068	0.000
. | ***** |	. * | . |	2	0.684	-0.077	28.971	0.000
. | ***** |	. * | . |	3	0.534	-0.073	36.612	0.000
. | **** |	. * | . |	4	0.393	-0.062	41.010	0.000
. | ** |	. | . |	5	0.268	-0.050	43.173	0.000
. | * |	. | . |	6	0.163	-0.027	44.027	0.000
. | * |	. | . |	7	0.070	-0.051	44.197	0.000
. | . |	. * | . |	8	-0.017	-0.070	44.207	0.000
. | * |	. * | . |	9	-0.097	-0.069	44.588	0.000
. | * |	. * | . |	10	-0.170	-0.069	45.858	0.000
. | ** |	. * | . |	11	-0.235	-0.069	48.522	0.000
. | ** |	. * | . |	12	-0.291	-0.071	53.075	0.000

Corrélogramme de LPAPY

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. | ***** |	. | ***** |	1	0.841	0.841	17.068	0.000
. | ***** |	. * | . |	2	0.684	-0.077	28.971	0.000
. | ***** |	. * | . |	3	0.534	-0.073	36.612	0.000
. | **** |	. * | . |	4	0.393	-0.062	41.010	0.000
. | ** |	. | . |	5	0.268	-0.050	43.173	0.000
. | * |	. | . |	6	0.163	-0.027	44.027	0.000
. | * |	. | . |	7	0.070	-0.051	44.197	0.000
. | . |	. * | . |	8	-0.017	-0.070	44.207	0.000
. | * |	. * | . |	9	-0.097	-0.069	44.588	0.000
. | * |	. * | . |	10	-0.170	-0.069	45.858	0.000
. | ** |	. * | . |	11	-0.235	-0.069	48.522	0.000
. | ** |	. * | . |	12	-0.291	-0.071	53.075	0.000

Corrélogramme de DLPAPY

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. | . |	. | . |	1	-0.034	-0.034	0.0258	0.872
. * | . |	. * | . |	2	-0.058	-0.059	0.1035	0.950
. * | . |	. * | . |	3	-0.156	-0.161	0.7128	0.870
. | . |	. * | . |	4	-0.051	-0.069	0.7810	0.941
. | . |	. * | . |	5	-0.038	-0.066	0.8227	0.976
. | . |	. | . |	6	-0.014	-0.056	0.8288	0.991
. | . |	. | . |	7	-0.017	-0.050	0.8379	0.997
. | . |	. | . |	8	-0.019	-0.051	0.8507	0.999
. *** | . |	. *** | . |	9	-0.395	-0.443	7.0656	0.630
. | . |	. * | . |	10	-0.025	-0.151	7.0931	0.717
. | * | . |	. | . |	11	0.160	0.050	8.3690	0.680
. | * | . |	. | . |	12	0.130	-0.040	9.3271	0.675

Corrélogramme de D(LPAPY, 2)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. | ***** |	. | ***** |	1	0.836	0.836	16.877	0.000
. | ***** |	. * | . |	2	0.677	-0.074	28.516	0.000
. | ***** |	. * | . |	3	0.525	-0.069	35.917	0.000
. | **** |	. | . |	4	0.386	-0.057	40.152	0.000
. | *** |	. | . |	5	0.263	-0.046	42.241	0.000
. | ** |	. | . |	6	0.161	-0.026	43.078	0.000
. | * | . |	. | . |	7	0.071	-0.050	43.251	0.000
. | . |	. * | . |	8	-0.014	-0.068	43.258	0.000
. | . |	. * | . |	9	-0.092	-0.068	43.599	0.000
. | * | . |	. * | . |	10	-0.163	-0.068	44.770	0.000
. | * | . |	. * | . |	11	-0.227	-0.069	47.259	0.000
. | ** | . |	. * | . |	12	-0.283	-0.071	51.550	0.000

Corrélogramme de LPAPB

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. | * | . |	. | * | . |	1	0.069	0.069	0.1046	0.746
. | . |	. | . |	2	-0.039	-0.044	0.1411	0.932
. | * | . |	. | * | . |	3	-0.144	-0.139	0.6566	0.883
. | . |	. | . |	4	-0.053	-0.037	0.7324	0.947
. | . |	. | . |	5	-0.033	-0.039	0.7643	0.979
. | . |	. | . |	6	-0.011	-0.030	0.7679	0.993
. | . |	. | . |	7	-0.012	-0.026	0.7730	0.998
. | . |	. | . |	8	-0.014	-0.027	0.7804	0.999
. | *** | . |	. | *** | . |	9	-0.417	-0.439	7.7096	0.564
. | * | . |	. | * | . |	10	-0.134	-0.130	8.5065	0.579
. | * | . |	. | * | . |	11	0.109	0.083	9.0957	0.613
. | * | . |	. | . |	12	0.120	-0.035	9.9119	0.624

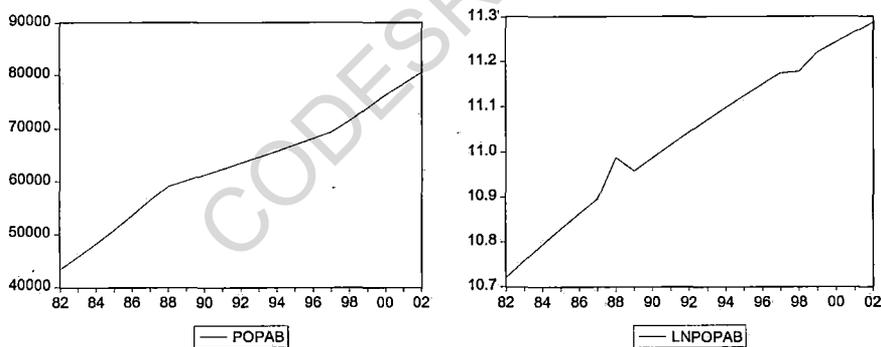
Corrélogramme de D(LPAPB, 2)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
.|*****|	.|*****|	1	0.849	0.849	17.423	0.000
.|*****|	.|. *|. |	2	0.700	-0.078	29.870	0.000
.|****|	.|. *|. |	3	0.554	-0.073	38.114	0.000
.|***|	.|. *|. |	4	0.416	-0.069	43.022	0.000
.|**|	.|. *|. |	5	0.287	-0.059	45.517	0.000
.|. *|. |	.|. *|. |	6	0.177	-0.037	46.520	0.000
.|. *|. |	.|. *|. |	7	0.073	-0.068	46.706	0.000
.|. |	.|. *|. |	8	-0.022	-0.072	46.725	0.000
.|. |	.|. *|. |	9	-0.110	-0.071	47.213	0.000
.|. |	.|. *|. |	10	-0.189	-0.070	48.775	0.000
.|. |	.|. *|. |	11	-0.257	-0.068	51.960	0.000
.|. |	.|. *|. |	12	-0.314	-0.068	57.252	0.000

Corrélogramme de LPAPD

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
.|****|	.|****|	1	0.489	0.489	5.5309	0.019
.|. *|. |	.|. *|. |	2	0.189	-0.065	6.4059	0.041
.|. |	.|. *|. |	3	-0.011	-0.103	6.4093	0.093
.|. |	.|. *|. |	4	-0.167	-0.144	7.1730	0.127
.|. |	.|. *|. |	5	-0.104	0.075	7.4911	0.187
.|. |	.|. *|. |	6	-0.170	-0.166	8.3980	0.210
.|. |	.|. *|. |	7	-0.198	-0.099	9.7274	0.205
.|. |	.|. *|. |	8	-0.227	-0.136	11.610	0.169
.|. |	.|. *|. |	9	-0.255	-0.120	14.208	0.115
.|. |	.|. |	10	-0.171	-0.053	15.499	0.115
.|. |	.|. *|. |	11	0.045	0.159	15.597	0.157
.|. |	.|. |	12	0.118	-0.037	16.362	0.175

Corrélogramme de DLPAPD



Evolution de la Population d'Abengourou

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.827	0.827	16.497	0.000
. |*****|	. |*|	2	0.658	-0.078	27.517	0.000
. |****|	. |*|	3	0.500	-0.071	34.222	0.000
. |***|	. |.	4	0.359	-0.049	37.881	0.000
. |**|	. |.	5	0.240	-0.033	39.614	0.000
. |*|	. |.	6	0.144	-0.019	40.286	0.000
. |*|	. |.	7	0.067	-0.029	40.441	0.000
. |.	. |*|	8	-0.006	-0.064	40.442	0.000
. |*|	. |*|	9	-0.075	-0.063	40.669	0.000
. |*|	. |*|	10	-0.139	-0.063	41.516	0.000
. |**|	. |*|	11	-0.198	-0.066	43.400	0.000
. |**|	. |*|	12	-0.251	-0.072	46.793	0.000

Corrélogramme POPAB

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.782	0.782	14.152	0.000
. |****|	. |**|	2	0.492	-0.307	20.064	0.000
. |**|	. |*|	3	0.215	-0.135	21.259	0.000
. |.	. |*|	4	-0.008	-0.085	21.261	0.000
. |**|	. |**|	5	-0.206	-0.196	22.506	0.000
. |***|	. |*|	6	-0.344	-0.088	26.231	0.000
. |***|	. |.	7	-0.394	-0.017	31.476	0.000
. |***|	. |**|	8	-0.442	-0.258	38.652	0.000
. |****|	. |**|	9	-0.490	-0.209	48.268	0.000
. |***|	. |**|	10	-0.391	0.230	55.005	0.000
. |**|	. |.	11	-0.220	-0.015	57.368	0.000
. |.	. |.	12	-0.042	-0.026	57.463	0.000

Corrélogramme DPOPAB

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*|	. |*|	1	0.164	0.164	0.5952	0.440
. |*|	. |*|	2	-0.078	-0.108	0.7398	0.691
. |*|	. |*|	3	-0.151	-0.123	1.3052	0.728
. |*|	. |.	4	-0.061	-0.023	1.4035	0.844
. |*|	. |*|	5	-0.064	-0.076	1.5185	0.911
. |.	. |.	6	-0.002	-0.006	1.5187	0.958
. |.	. |.	7	-0.003	-0.024	1.5189	0.982
. |.	. |.	8	-0.004	-0.021	1.5194	0.992
. |***|	. |***|	9	-0.367	-0.395	6.8914	0.648
. |*|	. |*|	10	-0.182	-0.096	8.3609	0.594
. |.	. |*|	11	-0.019	-0.069	8.3790	0.679
. |**|	. |*|	12	0.207	0.101	10.826	0.544

Corrélogramme D(POPAB, 2)

PP Test Statistic	-3.482425	1% Critical Value*	-2.7057
		5% Critical Value	-1.9614
		10% Critical Value	-1.6257

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Lag truncation for Bartlett kernel: 2 (Newey-West suggests: 2)

Residual variance with no correction 194931.2

Residual variance with correction 186805.9

Phillips-Perron Test Equation

Dependent Variable: D(POPAB,3)

Method: Least Squares

Date: 07/23/05 Time: 23:13

Sample(adjusted): 1985 2002

Included observations: 18 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(POPAB(-1),2)	-0.834722	0.238757	-3.496119	0.0028
R-squared	0.418236	Mean dependent var	-3.967175	
Adjusted R-squared	0.418236	S.D. dependent var	595.6334	
S.E. of regression	454.3101	Akaike info criterion	15.12939	
Sum squared resid	3508761.	Schwarz criterion	15.17886	
Log likelihood	-135.1645	Durbin-Watson stat	1.964364	

Test de PP de POPAB

Autocorrelation	Partial Corrélation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
. |*****|	. |*****|	1 0.843	0.843	17.169	0.000
. |*****|	. |. |	2 0.696	-0.052	29.476	0.000
. |****|	. |* |	3 0.552	-0.073	37.656	0.000
. |***|	. |* |	4 0.413	-0.075	42.509	0.000
. |**|	. |. |	5 0.290	-0.044	45.042	0.000
. |* |	. |* |	6 0.164	-0.101	45.911	0.000
. |* |	. |. |	7 0.082	0.047	46.146	0.000
. |. |	. |* |	8 -0.021	-0.157	46.163	0.000
. |. |	. |* |	9 -0.115	-0.071	46.695	0.000
. |* |	. |* |	10 -0.199	-0.077	48.428	0.000
. |**|	. |. |	11 -0.265	-0.042	51.828	0.000
. |**|	. |. |	12 -0.320	-0.076	57.315	0.000

Corrélogramme LPOPAB

Autocorrelation	Partial Corrélation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
***| . |	***| . |	1 -0.416	-0.416	4.0136	0.045
. |. |	. |* |	2 0.046	-0.155	4.0642	0.131
. |. |	. |. |	3 0.038	-0.005	4.1021	0.251
. |. |	. |* |	4 0.048	0.088	4.1648	0.384
. |. |	. |* |	5 0.026	0.112	4.1850	0.523
. |. |	. |. |	6 -0.053	0.006	4.2745	0.640
. |. |	. |. |	7 0.004	-0.037	4.2750	0.748
. |. |	. |. |	8 -0.001	-0.044	4.2751	0.831
. |* |	. |* |	9 0.135	0.145	5.0079	0.834
. |**|	. |**|	10 -0.294	-0.210	8.8107	0.550
. |* |	. |* |	11 0.128	-0.097	9.6056	0.566
. |. |	. |. |	12 -0.017	-0.042	9.6214	0.649

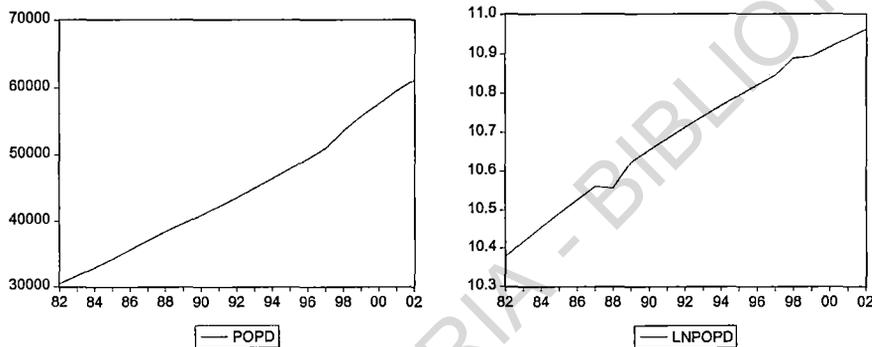
Corrélogramme DLPOPAB

PP Test Statistic	-6.789407	1% Critical Value*	-3.8304
		5% Critical Value	-3.0294
		10% Critical Value	-2.6552

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.
 Lag truncation for Bartlett kernel: 2 (Newey-West suggests: 2)
 Residual variance with no correction 0.000372
 Residual variance with correction 0.000296

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(lnPOPAB(-1))	-1.418085	0.219654	-6.456004	0.0000
C	0.039908	0.007855	5.080522	0.0001
R-squared	0.710293	Mean dependent var	-0.000821	
Adjusted R-squared	0.693251	S.D. dependent var	0.036834	
S.E. of regression	0.020400	Akaike info criterion	-4.847239	
Sum squared resid	0.007075	Schwarz criterion	-4.747824	
Log likelihood	48.04877	F-statistic	41.67998	
Durbin-Watson stat	2.134317	Prob(F-statistic)	0.000006	

Test de D(LPAB, 2)



Evolution de la Population de Dabou

Autocorrelation	Partial Corrélation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
. |*****|	. |*****|	1 0.853	0.853	17.576	0.000
. |*****|	. |*|	2 0.705	-0.085	30.197	0.000
. |****|	. |*|	3 0.559	-0.075	38.595	0.000
. |***|	. |*|	4 0.419	-0.076	43.580	0.000
. |**|	. |*|	5 0.288	-0.062	46.087	0.000
. |*|	. |*|	6 0.175	-0.038	47.070	0.000
. |*|	. |*|	7 0.069	-0.069	47.236	0.000
. |*|	. |*|	8 -0.028	-0.072	47.265	0.000
. |*|	. |*|	9 -0.117	-0.072	47.815	0.000
. |**|	. |*|	10 -0.196	-0.070	49.500	0.000
. |**|	. |*|	11 -0.264	-0.068	52.869	0.000
. |***|	. |*|	12 -0.321	-0.066	58.388	0.000

Corrélogramme POPD

Autocorrelation	Partial Corrélation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. | ***** |	. | ***** |	1	0.645	0.645	9.6414	0.002
. | *** |	. | . |	2	0.428	0.020	14.117	0.001
. | ** |	. | . |	3	0.318	0.060	16.742	0.001
. | * |	. | ** |	4	0.117	-0.199	17.116	0.002
. | . |	. | . |	5	0.034	0.026	17.149	0.004
. | . |	. | . |	6	-0.022	-0.044	17.164	0.009
. | * |	. | . |	7	-0.095	-0.051	17.471	0.015
. | * |	. | * |	8	-0.162	-0.113	18.435	0.018
. | ** |	. | * |	9	-0.221	-0.090	20.391	0.016
. | ** |	. | . |	10	-0.197	0.044	22.093	0.015
. | * |	. | . |	11	-0.165	0.002	23.419	0.015
. | * |	. | * |	12	-0.177	-0.082	25.151	0.014

Corrélogramme DPOPD

Autocorrelation	Partial Corrélation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. | ** |	. | ** |	1	-0.220	-0.220	1.0688	0.301
. | * |	. | ** |	2	-0.158	-0.216	1.6519	0.438
. | * |	. | . |	3	0.125	0.040	2.0446	0.563
. | ** |	. | ** |	4	-0.209	-0.221	3.2011	0.525
. | . |	. | * |	5	-0.008	-0.092	3.2028	0.669
. | . |	. | * |	6	-0.004	-0.132	3.2033	0.783
. | . |	. | . |	7	-0.004	-0.038	3.2040	0.866
. | . |	. | * |	8	-0.006	-0.095	3.2051	0.921
. | * |	. | ** |	9	-0.119	-0.197	3.7658	0.926
. | . |	. | * |	10	-0.003	-0.169	3.7662	0.957
. | * |	. | * |	11	0.077	-0.064	4.0640	0.968
. | . |	. | . |	12	0.019	-0.040	4.0850	0.982

Corrélogramme D(POPD, 2)

PP Test Statistic	-5.128124	1% Critical Value*	-2.7057
		5% Critical Value	-1.9614
		10% Critical Value	-1.6257

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Lag truncation for Bartlett kernel: 2 (Newey-West suggests: 2)

Residual variance with no correction	84181.73
Residual variance with correction	68518.43

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(POPD(-1),2)	-1.222127	0.243330	-5.022505	0.0001
R-squared	0.596694	Mean dependent var	-19.13197	
Adjusted R-squared	0.596694	S.D. dependent var	470.1143	
S.E. of regression	298.5525	Akaike info criterion	14.28972	
Sum squared resid	1515271.	Schwarz criterion	14.33919	
Log likelihood	-127.6075	Durbin-Watson stat	2.039917	

Test de PP sur D(POPD, 2)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.855	0.855	17.647	0.000
. |*****|	. * |	2	0.715	-0.058	30.644	0.000
. |****|	. * |	3	0.579	-0.067	39.640	0.000
. |***|	. * |	4	0.448	-0.068	45.335	0.000
. |**|	. * |	5	0.314	-0.100	48.309	0.000
. |*|	. |	6	0.195	-0.046	49.529	0.000
. |.	. |	7	0.064	-0.144	49.668	0.000
. |.	. |	8	-0.041	-0.021	49.730	0.000
. * |	. * |	9	-0.136	-0.071	50.470	0.000
. ** |	. * |	10	-0.220	-0.077	52.594	0.000
. *** |	. |	11	-0.290	-0.056	56.652	0.000
. *** |	. * |	12	-0.347	-0.075	63.125	0.000

Corrélogramme de LPOPD

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
*** |.	*** |.	1	-0.351	-0.351	2.8565	0.091
. * |	. * |	2	0.073	-0.058	2.9862	0.225
. |.	. * |	3	0.054	0.070	3.0616	0.382
. |.	. |.	4	-0.001	0.053	3.0616	0.548
. |.	. |.	5	0.016	0.034	3.0695	0.689
. * |	. * |	6	0.107	0.133	3.4283	0.753
. |.	. * |	7	0.001	0.093	3.4284	0.843
. |.	. |.	8	-0.011	0.011	3.4328	0.904
. * |	. * |	9	0.162	0.162	4.4803	0.877
*** |.	*** |.	10	-0.399	-0.361	11.470	0.322
. * |	. * |	11	0.145	-0.176	12.498	0.327
. |.	. * |	12	-0.044	-0.101	12.606	0.398

Corrélogramme de DLPOPD

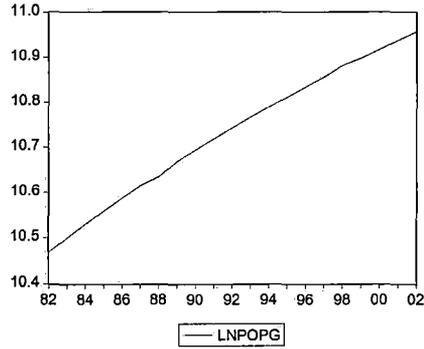
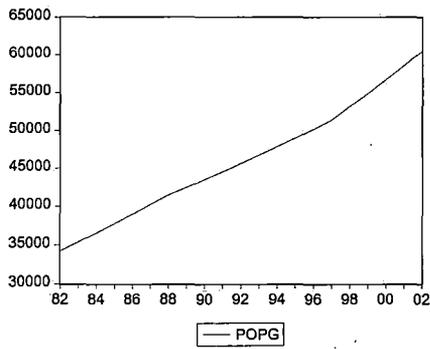
PP Test Statistic	-8.466487	1% Critical Value*	-4.5348
		5% Critical Value	-3.6746
		10% Critical Value	-3.2762

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Lag truncation for Bartlett kernel: 2	(Newey-West suggests: 2)
Residual variance with no correction	0.000134
Residual variance with correction	6.91E-05

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LNPOPD(-1))	-1.506643	0.215403	-6.994524	0.0000
C	0.057014	0.010576	5.390903	0.0001
@TREND(1982)	-0.001214	0.000558	-2.175877	0.0449
R-squared	0.753590	Mean dependent var		-0.000870
Adjusted R-squared	0.722789	S.D. dependent var		0.023930
S.E. of regression	0.012599	Akaike info criterion		-5.766383
Sum squared resid	0.002540	Schwarz criterion		-5.617261
Log likelihood	57.78064	F-statistic		24.46619
Durbin-Watson stat	2.359554	Prob(F-statistic)		0.000014

Test de PP sur LPOPD



Evolution de la Population de Grand-Bassam

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.856	0.856	17.677	0.000
. |*****|	. |*|	2	0.714	-0.068	30.623	0.000
. |****|	. |*|	3	0.575	-0.070	39.499	0.000
. |***|	. |*|	4	0.441	-0.071	45.029	0.000
. |**|	. |*|	5	0.310	-0.082	47.932	0.000
. |*|	. |*|	6	0.188	-0.064	49.075	0.000
. |*|	. |*|	7	0.069	-0.092	49.241	0.000
. |.	. |*|	8	-0.036	-0.059	49.289	0.000
. |.	. |*|	9	-0.131	-0.072	49.978	0.000
. |*|	. |*|	10	-0.214	-0.071	51.998	0.000
. |**|	. |*|	11	-0.285	-0.066	55.929	0.000
. |**|	. |*|	12	-0.342	-0.063	62.216	0.000

Corrélogramme de LPOPG

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |**|	. |**|	1	0.254	0.254	1.4976	0.221
. |***|	. |***|	2	0.384	0.341	5.1009	0.078
. |**|	. |*|	3	0.299	0.178	7.4072	0.060
. |*|	. |.	4	0.151	-0.057	8.0335	0.090
. |*|	. |.	5	0.135	-0.047	8.5658	0.128
. |**|	. |*|	6	0.209	0.144	9.9377	0.127
. |.	. |*|	7	0.015	-0.083	9.9458	0.192
. |.	. |**|	8	-0.044	-0.199	10.018	0.264
. |.	. |.	9	0.002	-0.014	10.018	0.349
. |***|	. |***|	10	-0.341	-0.329	15.132	0.127
. |*|	. |.	11	-0.080	0.054	15.446	0.163
. |**|	. |.	12	-0.207	-0.015	17.808	0.122

Corrélogramme de DLPOPG

Autocorrelation	Partial Corrélation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.841	0.841	17.061	0.000
. |*****|	. |*|	2	0.687	-0.066	29.065	0.000
. |****|	. |*|	3	0.542	-0.063	36.944	0.000
. |***|	. |*|	4	0.406	-0.060	41.636	0.000
. |**|	. |.	5	0.282	-0.056	44.039	0.000
. |*|	. |.	6	0.173	-0.043	45.006	0.000
. |*|	. |.	7	0.073	-0.063	45.190	0.000
. |.	. |*|	8	-0.020	-0.070	45.205	0.000
. |.	. |*|	9	-0.105	-0.070	45.653	0.000
. |.	. |*|	10	-0.182	-0.069	47.105	0.000
. |**|	. |*|	11	-0.249	-0.069	50.090	0.000
. |**|	. |*|	12	-0.305	-0.068	55.077	0.000

Corrélogramme de POPG

Autocorrelation	Partial Corrélation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.764	0.764	13.500	0.000
. |****|	. |.	2	0.569	-0.033	21.421	0.000
. |***|	. |*|	3	0.369	-0.133	24.938	0.000
. |*|	. |*|	4	0.182	-0.113	25.854	0.000
. |.	. |**|	5	-0.057	-0.285	25.948	0.000
. |.	. |**|	6	-0.102	0.249	26.273	0.000
. |*|	. |*|	7	-0.170	-0.112	27.254	0.000
. |*|	. |*|	8	-0.235	-0.137	29.281	0.000
. |**|	. |*|	9	-0.296	-0.105	32.791	0.000
. |**|	. |.	10	-0.269	-0.004	35.968	0.000
. |**|	. |*|	11	-0.235	0.130	38.673	0.000
. |**|	. |*|	12	-0.199	-0.082	40.841	0.000

Corrélogramme de DPOPG

Autocorrelation	Partial Corrélation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*|	. |*|	1	-0.148	-0.148	0.4844	0.486
. |.	. |.	2	0.059	0.038	0.5658	0.754
. |.	. |.	3	0.017	0.032	0.5733	0.903
. |.	. |.	4	0.029	0.034	0.5955	0.964
. |.	. |.	5	-0.002	0.005	0.5955	0.988
. |.	. |.	6	-0.004	-0.008	0.5961	0.996
. |.	. |.	7	-0.006	-0.010	0.5975	0.999
. |.	. |.	8	-0.009	-0.012	0.6005	1.000
. |***|	. |***|	9	-0.362	-0.374	5.8352	0.756
. |.	. |*|	10	-0.018	-0.147	5.8495	0.828
. |.	. |.	11	-0.005	0.005	5.8506	0.883
. |.	. |.	12	-0.021	0.012	5.8752	0.922

Corrélogramme de D(POPG, 2)

PP Test Statistic	-4.425333	1% Critical Value*	-2.7057
		5% Critical Value	-1.9614
		10% Critical Value	-1.6257

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.
Lag truncation for Bartlett kernel: 2 (Newey-West suggests: 2)
Residual variance with no correction 27207.86
Residual variance with correction 29411.86

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(POPG(-1),2)	-1.074004	0.242478	-4.429283	0.0004
R-squared	0.535739	Mean dependent var	1.378252	
Adjusted R-squared	0.535739	S.D. dependent var	249.1025	
S.E. of regression	169.7301	Akaike info criterion	13.16025	
Sum squared resid	489741.5	Schwarz criterion	13.20971	
Log likelihood	-117.4422	Durbin-Watson stat	1.977652	

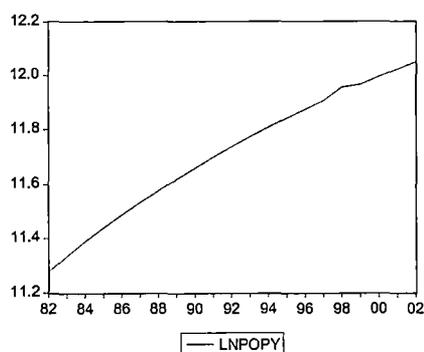
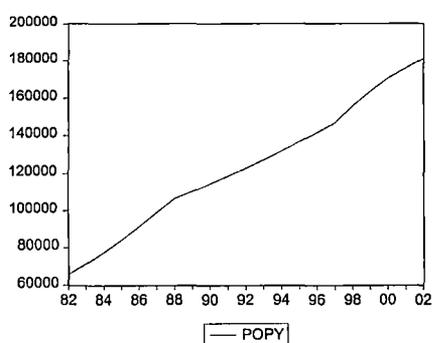
Test de PP sur POPG

PP Test Statistic	-8.550915	1% Critical Value*	-4.5348
		5% Critical Value	-3.6746
		10% Critical Value	-3.2762

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.
Lag truncation for Bartlett kernel: 2 (Newey-West suggests: 2)
Residual variance with no correction 7.06E-06
Residual variance with correction 3.51E-06

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LNPOPG(-1))	-1.503336	0.215544	-6.974610	0.0000
C	0.046229	0.006924	6.676659	0.0000
@TREND(1982)	-0.000879	0.000178	-4.937939	0.0001
R-squared	0.752720	Mean dependent var	-0.000607	
Adjusted R-squared	0.721810	S.D. dependent var	0.005490	
S.E. of regression	0.002896	Akaike info criterion	-8.707237	
Sum squared resid	0.000134	Schwarz criterion	-8.558115	
Log likelihood	85.71875	F-statistic	24.35204	
Durbin-Watson stat	2.359866	Prob(F-statistic)	0.000014	

Test de PP sur DLPOPG



Evolution de la Population de Yamoussoukro

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.846	0.846	17.289	0.000
. |*****|	. |*|	2	0.691	-0.088	29.425	0.000
. |****|	. |*|	3	0.538	-0.085	37.183	0.000
. |***|	. |*|	4	0.394	-0.065	41.599	0.000
. |**|	. |.	5	0.266	-0.048	43.737	0.000
. |*|	. |.	6	0.161	-0.021	44.570	0.000
. |*|	. |.	7	0.070	-0.045	44.738	0.000
. |.	. |*|	8	-0.016	-0.071	44.748	0.000
. |.	. |*|	9	-0.095	-0.070	45.108	0.000
. |*|	. |*|	10	-0.167	-0.068	46.328	0.000
. |*|	. |*|	11	-0.232	-0.070	48.917	0.000
. |**|	. |*|	12	-0.289	-0.073	53.395	0.000
. **	. *					

Corrélogramme de POPY

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |****|	. |****|	1	0.586	0.586	7.9455	0.005
. |**|	. |**|	2	0.200	-0.218	8.9207	0.012
. |*|	. |**|	3	-0.110	-0.200	9.2364	0.026
. |**|	. |.	4	-0.213	-0.012	10.488	0.033
. |**|	. |*|	5	-0.248	-0.114	12.291	0.031
. |**|	. |*|	6	-0.277	-0.169	14.695	0.023
. |**|	. |*|	7	-0.314	-0.177	18.026	0.012
. |***|	. |**|	8	-0.345	-0.211	22.381	0.004
. |***|	. |**|	9	-0.369	-0.283	27.814	0.001
. |.	. |**|	10	-0.054	0.284	27.942	0.002
. |*|	. |*|	11	0.171	-0.072	29.365	0.002
. |**|	. |*|	12	0.266	-0.125	33.266	0.001

Corrélogramme de DPOPY

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |.	. |.	1	-0.033	-0.033	0.0234	0.878
. |*|	. |*|	2	-0.070	-0.071	0.1387	0.933
. |**|	. |**|	3	-0.240	-0.246	1.5751	0.665
. |*|	. |*|	4	-0.064	-0.096	1.6826	0.794
. |.	. |*|	5	-0.057	-0.112	1.7745	0.879
. |.	. |*|	6	-0.008	-0.102	1.7762	0.939
. |.	. |*|	7	-0.009	-0.083	1.7787	0.971
. |.	. |*|	8	-0.010	-0.088	1.7821	0.987
. |***|	. |****|	9	-0.412	-0.532	8.5634	0.479
. |*|	. |*|	10	0.108	-0.102	9.0835	0.524
. |*|	. |.	11	0.155	-0.047	10.281	0.505
. |**|	. |*|	12	0.217	-0.101	12.962	0.372

Corrélogramme de D(POPY, 2)

PP Test Statistic	-4.275862	1% Critical Value*	-2.7057
		5% Critical Value	-1.9614
		10% Critical Value	-1.6257

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Lag truncation for Bartlett kernel: 2 (Newey-West suggests: 2)

Residual variance with no correction 2029159.

Residual variance with correction 1886178.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(POPY(-1),2)	-1.032219	0.241658	-4.271399	0.0005
R-squared	0.517581	Mean dependent var		-26.27778
Adjusted R-squared	0.517581	S.D. dependent var		2110.365
S.E. of regression	1465.784	Akaike info criterion		17.47212
Sum squared resid	36524870	Schwarz criterion		17.52159
Log likelihood	-156.2491	Durbin-Watson stat		2.010704

Test de PP sur D(POPY, 2)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.852	0.852	17.535	0.000
. |*****|	. *| . |	2	0.708	-0.064	30.293	0.000
. |****|	. *| . |	3	0.569	-0.067	38.994	0.000
. |***|	. *| . |	4	0.436	-0.068	44.391	0.000
. |**|	. *| . |	5	0.302	-0.093	47.146	0.000
. |*|	. | . |	6	0.182	-0.053	48.208	0.000
. |*|	. *| . |	7	0.069	-0.074	48.370	0.000
. | . |	. *| . |	8	-0.035	-0.070	48.415	0.000
. |*|	. *| . |	9	-0.128	-0.071	49.076	0.000
. |**|	. *| . |	10	-0.210	-0.071	51.017	0.000
. |**|	. *| . |	11	-0.280	-0.067	54.804	0.000
. |***|	. *| . |	12	-0.336	-0.063	60.876	0.000

Corrélogramme de LPOPY

PP Test Statistic	-8.159360	1% Critical Value*	-4.5743
		5% Critical Value	-3.6920
		10% Critical Value	-3.2856

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Lag truncation for Bartlett kernel: 2 (Newey-West suggests: 2)

Residual variance with no correction 0.000244

Residual variance with correction 0.000227

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LNPY(-1),2)	-1.617463	0.202556	-7.985264	0.0000
C	-0.008946	0.009852	-0.908042	0.3782
@TREND(1982)	0.000377	0.000778	0.484331	0.6351
R-squared	0.809591	Mean dependent var		-5.03E-05
Adjusted R-squared	0.784203	S.D. dependent var		0.036818
S.E. of regression	0.017103	Akaike info criterion		-5.148067
Sum squared resid	0.004388	Schwarz criterion		-4.999672
Log likelihood	49.33260	F-statistic		31.88881
Durbin-Watson stat	1.956431	Prob(F-statistic)		0.000004

Test de PP sur D(LPOPY, 2)

PP Test Statistic	-7.812528	1% Critical Value*	-2.7057
		5% Critical Value	-1.9614
		10% Critical Value	-1.6257

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Lag truncation for Bartlett kernel: 2 (Newey-West suggests: 2)

Residual variance with no correction 0.000268

Residual variance with correction 0.000293

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LNPPY(-1),2)	-1.580860	0.197441	-8.006733	0.0000
R-squared	0.790402	Mean dependent var	-5.03E-05	
Adjusted R-squared	0.790402	S.D. dependent var	0.036818	
S.E. of regression	0.016856	Akaike info criterion	-5.274274	
Sum squared resid	0.004830	Schwarz criterion	-5.224809	
Log likelihood	48.46847	Durbin-Watson stat	1.855387	

Test de PP sur D(POPY, 2)

ADF Test Statistic	-4.378892	1% Critical Value*	-4.5743
		5% Critical Value	-3.6920
		10% Critical Value	-3.2856

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LNPOPY(-1))	-1.913589	0.437003	-4.378892	0.0006
D(LNPOPY(-1),2)	0.288681	0.253632	1.138190	0.2741
C	0.103746	0.025023	4.146053	0.0010
@TREND(1982)	-0.002762	0.000732	-3.771663	0.0021
R-squared	0.765976	Mean dependent var	-0.001453	
Adjusted R-squared	0.715827	S.D. dependent var	0.011849	
S.E. of regression	0.006316	Akaike info criterion	-7.098208	
Sum squared resid	0.000559	Schwarz criterion	-6.900347	
Log likelihood	67.88387	F-statistic	15.27427	
Durbin-Watson stat	2.147640	Prob(F-statistic)	0.000108	

Test de ADF sur DLPOPY

PP Test Statistic	-7.601021	1% Critical Value*	-4.5348
		5% Critical Value	-3.6746
		10% Critical Value	-3.2762

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Lag truncation for Bartlett kernel: 2 (Newey-West suggests: 2)

Residual variance with no correction 3.34E-05

Residual variance with correction 1.98E-05

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LNPOPY(-1))	-1.462633	0.220606	-6.630077	0.0000
C	0.079267	0.012797	6.194300	0.0000
@TREND(1982)	-0.002147	0.000431	-4.976584	0.0001
R-squared	0.733996	Mean dependent var	-0.001534	
Adjusted R-squared	0.700746	S.D. dependent var	0.011521	
S.E. of regression	0.006302	Akaike info criterion	-7.151884	
Sum squared resid	0.000635	Schwarz criterion	-7.002762	
Log likelihood	70.94290	F-statistic	22.07477	
Durbin-Watson stat	2.258646	Prob(F-statistic)	0.000025	

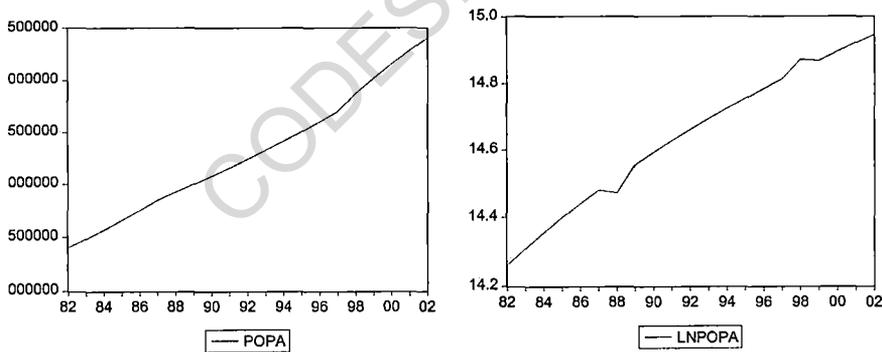
Test de PP sur DLPOPY

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |*****|	. |*****|	1	0.831	0.831	16.674	0.000
. |*****|	. |*|	2	0.633	-0.187	26.848	0.000
. |***|	. |*|	3	0.432	-0.124	31.846	0.000
. |**|	. |*|	4	0.235	-0.125	33.414	0.000
. |*|	. |.	5	0.085	-0.001	33.632	0.000
. |.	. |*|	6	-0.049	-0.110	33.710	0.000
. |*|	. |.	7	-0.134	0.016	34.327	0.000
. |**|	. |*|	8	-0.202	-0.094	35.837	0.000
. |**|	. |*|	9	-0.216	0.068	37.721	0.000
. |**|	. |*|	10	-0.217	-0.067	39.781	0.000
. |**|	. |.	11	-0.216	-0.051	42.037	0.000
. |**|	. |*|	12	-0.216	-0.081	44.535	0.000

Corrélogramme de TGLA

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. |***|	. |***|	1	0.346	0.346	2.7710	0.096
. |*|	. |.	2	0.138	0.021	3.2391	0.198
. |*|	. |*|	3	0.123	0.078	3.6320	0.304
. |**|	. |**|	4	0.245	0.202	5.2762	0.260
. |.	. |*|	5	-0.001	-0.179	5.2762	0.383
. |.	. |.	6	-0.004	0.027	5.2767	0.509
. |.	. |*|	7	-0.035	-0.063	5.3183	0.621
. |*|	. |*|	8	-0.115	-0.157	5.8000	0.670
. |*|	. |.	9	-0.088	0.061	6.1065	0.729
. |*|	. |.	10	-0.060	-0.045	6.2623	0.793
. |*|	. |*|	11	-0.132	-0.095	7.1148	0.790
. |**|	. |*|	12	-0.212	-0.089	9.5860	0.652

Corrélogramme de DTGLA



Evolution de la Population d'Abidjan

ADF Test Statistic	-3.208617	1% Critical Value*	-2.7158
		5% Critical Value	-1.9627
		10% Critical Value	-1.6262

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LPA(-1),2)	-1.302415	0.405912	-3.208617	0.0059
D(LPA(-1),3)	0.081931	0.261487	0.313326	0.7583
R-squared	0.602308	Mean dependent var		-0.000170
Adjusted R-squared	0.575795	S.D. dependent var		0.013603
S.E. of regression	0.008859	Akaike info criterion		-6.504524
Sum squared resid	0.001177	Schwarz criterion		-6.406499
Log likelihood	57.28845	Durbin-Watson stat		2.000762

Test de ADF sur POPA

Autocorrelation	Partial Corrélation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. | ***** |	. | ***** |	1	0.672	0.672	10.464	0.001
. | ***** |	. | . |	2	0.485	0.060	16.205	0.000
. | ** |	. | * |	3	0.304	-0.078	18.594	0.000
. | * |	. | * |	4	0.160	-0.061	19.302	0.001
. | . |	. | * |	5	0.003	-0.136	19.302	0.002
. | * |	. | . |	6	-0.067	0.001	19.442	0.003
. | * |	. | * |	7	-0.142	-0.073	20.125	0.005
. | ** |	. | * |	8	-0.211	-0.101	21.755	0.005
. | ** |	. | * |	9	-0.272	-0.101	24.719	0.003
. | ** |	. | . |	10	-0.280	-0.035	28.175	0.002
. | * |	. | * |	11	-0.178	0.153	29.723	0.002
. | * |	. | * |	12	-0.151	-0.073	30.985	0.002

Corrélogramme de DPOPA

Autocorrelation	Partial Corrélation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. | ** |	. | ** |	1	-0.251	-0.251	1.3920	0.238
. | . |	. | * |	2	-0.037	-0.107	1.4246	0.491
. | * |	. | * |	3	-0.086	-0.133	1.6086	0.657
. | * |	. | * |	4	-0.075	-0.152	1.7566	0.780
. | . |	. | * |	5	-0.005	-0.098	1.7573	0.882
. | . |	. | * |	6	-0.003	-0.076	1.7576	0.941
. | . |	. | * |	7	-0.004	-0.070	1.7581	0.972
. | . |	. | * |	8	-0.004	-0.064	1.7587	0.988
. | * |	. | * |	9	-0.081	-0.145	2.0206	0.991
. | * |	. | ** |	10	-0.177	-0.319	3.4100	0.970
. | * |	. | * |	11	0.140	-0.100	4.3931	0.957
. | . |	. | * |	12	0.051	-0.062	4.5427	0.972

Corrélogramme de D(POPA, 2)

PP Test Statistic	-5.321576	1% Critical Value*	-2.7057
		5% Critical Value	-1.9614
		10% Critical Value	-1.6257

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Lag truncation for Bartlett kernel: 2	(Newey-West suggests: 2)
Residual variance with no correction	4.49E+08
Residual variance with correction	4.02E+08

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(POPA(-1),2)	-1.237354	0.235638	-5.251081	0.0001
R-squared	0.618523	Mean dependent var	-519.7722	
Adjusted R-squared	0.618523	S.D. dependent var	35304.55	
S.E. of regression	21805.44	Akaike info criterion	22.87166	
Sum squared resid	8.08E+09	Schwarz criterion	22.92112	
Log likelihood	-204.8449	Durbin-Watson stat	2.037117	

Test de PP sur D(POPA, 2)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
***| . |	***| . |	1	-0.344	-0.344	2.7420	0.098
. |* . |	. | . |	2	0.076	-0.048	2.8836	0.237
. | . |	. |* . |	3	0.056	0.076	2.9657	0.397
. | . |	. | . |	4	-0.004	0.050	2.9662	0.563
. | . |	. | . |	5	0.017	0.031	2.9748	0.704
. |* . |	. |* . |	6	0.108	0.131	3.3392	0.765
. | . |	. |* . |	7	0.003	0.092	3.3394	0.852
. | . |	. | . |	8	-0.010	0.010	3.3431	0.911
. |* . |	. |* . |	9	0.180	0.182	4.6383	0.865
***| . |	***| . |	10	-0.432	-0.388	12.859	0.232
. |* . |	. |* . |	11	0.163	-0.169	14.160	0.224
. | . |	. |* . |	12	-0.043	-0.081	14.263	0.284

Corrélogramme de DLPOPA

PP Test Statistic	-8.502248	1% Critical Value*	-4.5348
		5% Critical Value	-3.6746
		10% Critical Value	-3.2762

*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.

Lag truncation for Bartlett kernel: 2	(Newey-West suggests: 2)
Residual variance with no correction	0.000245
Residual variance with correction	0.000125

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LPOPA(-1))	-1.507077	0.215306	-6.999681	0.0000
C	0.069761	0.013507	5.164724	0.0001
@TREND(1982)	-0.001685	0.000758	-2.224685	0.0408
R-squared	0.753879	Mean dependent var	-0.001210	
Adjusted R-squared	0.723113	S.D. dependent var	0.032405	
S.E. of regression	0.017052	Akaike info criterion	-5.161193	
Sum squared resid	0.004652	Schwarz criterion	-5.012071	
Log likelihood	52.03133	F-statistic	24.50429	
Durbin-Watson stat	2.362186	Prob(F-statistic)	0.000013	

Test de PP sur DLPOPA

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-0.780718	0.482186	-1.619124	0.1238
C(2)	0.564517	0.031534	17.90164	0.0000
R-squared	0.949625	Mean dependent var		7.848073
Adjusted R-squared	0.946662	S.D. dependent var		0.244668
S.E. of regression	0.056506	Akaike info criterion		-2.809629
Sum squared resid	0.054280	Schwarz criterion		-2.710215
Log likelihood	28.69148	Durbin-Watson stat		1.083043

Estimation du modèle logarithmique du trafic sur l'Autoroute du Nord

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
. | .	. | .	1 -0.001	-0.001	1.E-05	0.997
. | *	. | *	2 0.144	0.144	0.4484	0.799
. | .	. | *	3 -0.057	-0.058	0.5242	0.914
. | **	. | **	4 -0.257	-0.284	2.1675	0.705
. | .	. | .	5 -0.041	-0.027	2.2118	0.819
. | ****	. | ****	6 -0.461	-0.420	8.4555	0.207
. | .	. | .	7 0.013	-0.031	8.4613	0.294
. | .	. | .	8 -0.009	0.030	8.4644	0.389
. | .	. | .	9 0.039	-0.046	8.5272	0.482
. | .	. | **	10 0.020	-0.256	8.5449	0.576
. | .	. | .	11 0.043	-0.001	8.6434	0.655
. | .	. | *	12 0.046	-0.187	8.7793	0.722

Corrélogramme de DLIPCT

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1: L'ajustement du modèle.....	38
Tableau 1.2: La significativité du modèle.....	38
Tableau 1.3: Les coefficients des variables.....	39
Tableau 1.4: L'ajustement du modèle.....	40
Tableau 1.5: La significativité du modèle.....	40
Tableau 1.6: Les coefficients des variables.....	40
Tableau 1.7: L'ajustement du modèle.....	41
Tableau 1.8: La significativité du modèle.....	41
Tableau 1.9: Les coefficients des variables.....	41
Tableau 1.10 : L'ajustement du modèle.....	42
Tableau 1.11 : La significativité du modèle.....	42
Tableau 1.12 : Les coefficients des variables.....	43
Tableau 1.13: L'ajustement du modèle.....	44
Tableau 1.14 : La significativité du modèle.....	44
Tableau 1.15 : Les coefficients des variables.....	44
Tableau 1.16: L'ajustement du modèle.....	45
Tableau 1.17: La significativité du modèle.....	45
Tableau 1.18: Les coefficients des variables.....	45
Tableau 1.19. : Test de PP sur DLTAG avec trend et tendance.....	52
Tableau 1.20. : Test de PP sur DLTAG avec constante.....	52
Tableau 1.21. : Test de PP sur LTAG avec constante et tendance.....	53
Tableau 1.22 : Test de stationnarité PP de DLTAY avec trend et constante.....	54
Tableau 1.23 : Test de stationnarité PP de DLTAY sans trend et sans constante.....	54
Tableau 1.24 : Test de stationnarité PP sur LTAY.....	54
Tableau 1.25 : Test de stationnarité avec constante et tendance.....	55
Tableau 1.26 : Test de PP sur DLTA.....	55
Tableau 1.27 : LTAA n'est pas stationnaire en niveau.....	56
Tableau 1.28 : Test de PP sur DLTAD.....	56
Tableau 1.29 : Test de PP sur LPIB avec constante et tendance.....	58
Tableau 1.30 : Test de PP sur DLPAPG.....	58
Tableau 1.31. : Test de PP en différence seconde sur LPAPG.....	59

Tableau 1.32 : Test de PP sur D(LPAPY, 2)	60
Tableau 1.33 : Test de PP sur LPAPY, sans constante et sans tendance.....	60
Tableau 1.34 : Test de PP sur D(LPAPB, 2), avec constante et tendance.....	61
Tableau 1.35 : Test de D(LPAPB, 2) sans constante et sans tendance.....	61
Tableau 1.36 : Test de PP sur DLPAPD avec constante.....	62
Tableau 1.37 : Test de PP sur D(LPAPD, 2) avec constante et tendance.....	62
Tableau 1.38 : Estimation du trafic par le modèle log-log.....	63
Tableau 1.39 : Estimation du trafic par le modèle exponentiel.....	64
Tableau 1.40 : Estimation du trafic par le modèle logarithme.....	64
Tableau 1.41 : Estimation du trafic par le modèle exponentiel.....	65
Tableau 1.42 : Estimation du trafic par le modèle logarithme.....	65
Tableau 1.43 : Test de cointégration.....	66
Tableau 1.44 : Résultats du test de Granger.....	66
Tableau 1.45 : Estimation du modèle 1 du trafic sur l'autoroute du nord.....	67
Tableau 1.46 : Estimation du modèle 1' du trafic sur l'autoroute du nord.....	67
Tableau 1.47 : Estimation du modèle 2 du trafic sur l'autoroute du nord.....	68
Tableau 1.48 : Estimation du modèle 2' du trafic sur l'autoroute du nord.....	69
Tableau 1.49 : Estimation du modèle 3 du trafic sur l'autoroute du nord.....	69
Tableau 1.50 : Estimation du modèle 4 du trafic sur l'autoroute du nord.....	70
Tableau 1.51 : Corrélogramme du résidu du modèle retenu.....	71
Tableau 1.52 : Test de PP sur le résidu, avec constante.....	72
Tableau 1.53 : Test de PP sur la résidu, sans tendance et sans constante.....	72
Tableau 1.54 : Estimation du trafic retardé.....	73
Tableau 1.55 : Estimation du modèle à Correction d'Erreur.....	73
Tableau 1.56 : Test de Causalité de Granger.....	74
Tableau 1.57 : Estimation de l'évolution du trafic par la population.....	75
Tableau 1.58 : Estimation de l'évolution du trafic par le PIB.....	75
Tableau 1.59 : Estimation de l'évolution du trafic par rapport aux populations.....	76
Tableau 1.60 : Estimation de l'évolution du trafic par rapport au PIB.....	76
Tableau 1.61 : Estimation de l'évolution du trafic par le PIB et les populations.....	77
Tableau 2.1 : calcul des élasticités des fonctions usuelles.....	97
Tableau 2.2. : Statistiques sur les motifs de voyage.....	99
Tableau 2.3 : Récapitulatif du modèle 1 de demande de voyage.....	103
Tableau 2.4 : Significativité globale du modèle 1.....	103

Tableau 2.5 : Estimation des coefficients.....	104
Tableau 2.6 : Les variables exclues.....	104
Tableau 2.7 : Récapitulatif du modèle 2 de demande de voyage.....	105
Tableau 2.8 : Significativité globale du modèle 2.....	105
Tableau 2.9 : Estimation des coefficients.....	106
Tableau 2.10 : Les variables exclues.....	106
Tableau 2.11 : Corrélogramme de LTGLA.....	108
Tableau 2.12 : Corrélogramme de DLTGA.....	108
Tableau 2.13 : Test de PP sur DLTGLA avec constante et tendance.....	108
Tableau 2.14 : Test de PP sur DLIPCT avec constante et tendance.....	109
Tableau 2.16 : Corrélogramme de DLIPCT.....	110
Tableau 2.17: Test de PP sur DLIMP.....	110
Tableau 2.18: Corrélogramme de DLIMP.....	111
Tableau 2.19 : Test de PP sur DLEXPB.....	111
Tableau 2.20: Estimation du modèle macro du trafic routier interurbain	112
Tableau 2.21: Estimation du modèle macro respécifié	112
Tableau 2.22: Pertinence de la régression.....	114
Tableau 2.23: Significativité du modèle.....	114
Tableau 2.24 : Les Coefficients.....	114
Tableau 2.25: Pertinence de la régression.....	115
Tableau 2.26: Significativité du modèle.....	115
Tableau 2.27 : Les Coefficients.....	115
Tableau 3.1 : Statistiques sur les dispositions à payer par catégorie de véhicule.....	141
Tableau 3.2 : Dispositions à payer des véhicules légers.....	142
Tableau 3.3 : Dispositions à payer des véhicules de moins de 30 places.....	143
Tableau 3.4. : Dispositions à payer des véhicules de plus de 30 places.....	147
Tableau 3.5. : Dispositions à payer des véhicules poids lourds.....	145
Tableau 3.6: Modèle estimé, véhicules transport marchandises.....	146
Tableau 3.7: Significativité globale du Modèle.....	146
Tableau 3.8. : Les coefficients du modèle estimé.....	147
Tableau 3.9: Modèle estimé, véhicule de plus de 30 places.....	148
Tableau 3.10: Significativité globale du Modèle.....	148
Tableau 3.11: Les coefficients du modèle estimé.....	148
Tableau 3.12: Modèle estimé, véhicule de moins de 30 places.....	149

Tableau 3.13: Significativité globale du Modèle.....	149
Tableau 3.14: Les coefficients du Modèle estimé.....	149
Tableau 3.15: Modèle estimé, véhicule légers.....	150
Tableau 3.16: Significativité globale du Modèle.....	150
Tableau 3.17: Les coefficients du Modèle estimé.....	150

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Schéma 1.1 illustrant les 4 étapes de prévision du trafic autoroutier.....	21
Schéma 1.2 illustrant la génération de trafic.....	22
Schéma 1.3 illustrant la distribution de trafic.....	22
Schéma 1.4 : illustration de la répartition du trafic en choix modal.....	23
Schéma 1.5 : illustration de la répartition du trafic en choix d'itinéraires.....	23
Schéma 1.6 : La détermination du trafic induit.....	31
Schéma 1.7 : Route reliant les villes A et Y.....	32
Schéma 1.8 : Autoroute reliant les villes A et Y.....	32
Graphique 1.1 : Evolution du trafic sur les 4 grands axes.....	37
Graphique 1.2 : Evolution du trafic et du logarithme du trafic (axe Abidjan Grand-Bassam)	52
Graphique 1.3. : Evolution du trafic et du logarithme du trafic (axe Abidjan Yamoussoukro).....	55
Graphique 1.4 : Evolution du trafic entre Abidjan – Abengourou (1982-2002)	56
Graphique 1.5 : Représentation de l'évolution du trafic entre Abidjan et Dabou.....	57
Graphique 1.6 : Evolution du PIB ivoirien	59
Graphique 1.7. : Illustration de l'évolution de la population de Grand-Bassam.....	60
Graphique 1.8 : Evolution de la population de Yamoussoukro.....	62
Graphique 1.9 : Evolution du trafic sur l'axe Abidjan – Abengourou.....	63
Graphique 1.10: Evolution trafic Abidjan – Dabou.....	64
Graphique 1.11 : Représentation du résidu retardé.....	75
Schéma 2.1 : Répartition logistique de trafic route / autoroute.....	92
Schéma 2.2 : Le choix du mode de transport.....	92
Schéma 2.3 : Le choix d'itinéraire.....	93
Schéma 2.4 : Le choix modal et d'itinéraire.....	94
Schéma 2.5 : Typologie des choix discrets.....	95
Graphique 2.1 : Les motifs de voyage interurbain en Côte d'Ivoire.....	103
Graphique 2.2 : Evolution du trafic à partir d'Abidjan.....	110
Graphique 2.3 : Evolution de l'IPCT.....	112
Graphique 2.4 : Evolution des importations.....	113
Graphique 2.5 : Evolution des exportations de biens.....	114
Graphique 2.6 : Représentation des résidus.....	116
Figure 3.1 : Acceptation du péage à court terme.....	126

Figure 3.2 : Acceptation du péage à moyen et long terme.....	128
Figure 3.3 : Acceptation du péage à court terme, avec bas niveau de péage.....	131
Figure 3. 4 : Acceptation de péage avec possibilité de rejet à terme.....	133
Figure 3.5 : Choix d'itinéraire route - autoroute.....	137
Figure 3.6 : Fonction de densité de la valeur du temps.....	138
Figure 3.7 : Fonction de répartition du trafic.....	138
Graphique 4.1 : illustration de la perte (zone grise) liée à une tarification au Cm.....	158
Graphique 4.2 : illustration du dimensionnement de l'investissement (tarification au Cm)	159
Graphique 4.3 : illustration du bénéfice social et du coût social selon le niveau de trafic.....	164
Graphique 4.4 : illustration du surplus du consommateur	167
Graphique 4.5 : illustration du surplus du producteur	168
Graphique 4.6 : illustration du surplus social	169
Graphique 4.7 : Analyse Coût – Bénéfice.	175
Graphique 4.8 : la fonction de coût total de long terme	180
Graphique 4.9 : la fonction de Coût Moyen de long terme	181
Graphique 4.10 : la fonction de coût marginal de long terme	182
Graphique 4.11 : Fonction de demande inverse	182
Graphique 4.12 : Abaque TRI visé - Subvention	184
Graphique 4.13 : Représentation de la fonction de demande inverse en fonction du temps	185
Graphique 4.14 : Abaque TRI visé – Subvention, avec $\delta = 3\%$	188

LISTE DES ABREVIATIONS, NOTATIONS ET SIGLES

ADF	: Augmented Dickey Fuller
AFD	: Agence Française de Développement
AID	: Association Internationale de Développement (IDA)
AR	: AutoRegressive
ARMA	: AutoRegressive Moving Average
ARIMA	: AutoRegressive Integrated Moving Average
ATGE	: Autres Groupes Ethniques
Bm	: Bénéfice marginal
BNETD	: Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement
BOT	: Build Operate and Transfer
CI-PAST	: Programme d'Ajustement du Secteur Transport en Côte d'Ivoire
CODESRIA	: Council for the Development of Social Research in Africa
CREMIDE	: Centre de Recherches Microéconomiques du Développement
CIRES	: Centre Ivoirien de Recherche Economique et Social
Cm	: Coût marginal
CM	: Coût Moyen
CMP	: Consentement Moyen à Payer
CRDW	: Cointegration Regression Durbin Watson
DCGTX	: Direction et Contrôle des Grands Travaux (actuel BNETD)
ddl	: degré de liberté
DEP	: Disposition Effective à Payer
DRV	: Direction des Routes et Voieries
DW	: Durbin Watson
ERS	: Elioot Rothenberg Stock (test)
EXPB	: Exportation de biens
DESAN	: Direction de l'Entretien et de la Sécurité de l'Autoroute du Nord
DPPGP	: Direction de la Planification, de la Programmation et de la Gestion des Projets
IMP	: Importation
INRETS	: Institut National de Recherches sur les Transports et leur Sécurité
INS	: Institut National de la Statistique

IPC	: Indice des Prix à la Consommation
IPCT	: Indice des Prix à la Consommation Transport
KPSS	: Kwiatkowski, Phillips, Schmidt et Shin (test)
LBTP	: Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics
LET	: Laboratoire d'Economie des Transports
LPVR	: Least Present Value of Revenue auction
Max	: Maximum
MCO	: Moindre Carré Ordinaire
MCP	: Méthode de la Carte de Paiement
MCE	: Modèle à Correction d'Erreur
Min	: Minimum
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
OCDE	: Organisation pour la Coopération et le Développement Economique
OD	: Origine Destination
OSER	: Office de la Sécurité Routière
PIB	: Produit Intérieur Brut
PTCI	: Programme de Troisième Cycle Interuniversitaire en Economie
PL	: Poids Lourd
PP	: Phillips Perron
PPP	: Partenariat Public Privé
RTN	: Revenu Total Net
SC	: Surplus du Consommateur
Subv.	: Subvention
SP	: Surplus du Producteur
SS	: Surplus Social
TC	: Transport en Commun
TGLA	: Trafic Général Abidjan
TGV	: Train à Grande Vitesse
TM	: Transport de Marchandises
TRI	: Taux de Rentabilité Interne
GurMn	: Gur et Mandé
UFR-SEG	: Unité de Formation et de Recherches en Sciences-Economiques
VAN	: Valeur Actuelle Nette
VL	: Véhicule Léger

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	2
REMERCIEMENTS	3
SOMMAIRE	4
RESUME	6
INTRODUCTION GENERALE	7

PREMIERE PARTIE : MODELISATION ET PREVISION DE LA DEMANDE DE TRANSPORT INTERURBAIN15

CHAPITRE I : LES MODELES DE PREVISION A L'EPREUVE DES FAITS	17
INTRODUCTION	17

I- Les modèles de prévision de trafic et leurs limites.....19

1. Présentation des modèles de prévision de trafic	20
1.1. Le modèle de prévision à quatre étapes :	21
1.2. La détermination du trafic induit	30
2. Les limites des modèles de prévision.....	33
2.1. Les limites d'ordre général	33
2.2. Les limites spécifiques à notre étude	33

II- Modélisation du trafic interurbain ivoirien37

1. Le modèle gravitaire sur l'ensemble des axes	37
1.1. Estimation du modèle gravitaire à partir d'Abidjan.....	37
1.1.1 Estimation du modèle de type Pareto.....	38
1.1.2 Estimation du modèle de type exponentiel	41
1.2. Estimation du modèle gravitaire par villes successives	42
1.2.1. Estimation du modèle de type Pareto.....	42
1.2.2. Estimation du modèle de type exponentiel	45
2. Modèles de prévision du trafic sur les quatre grands axes.....	46
2.1 Méthodes d'analyse de l'évolution du trafic.....	46
2.1.1. Les modèles d'évolution des variables	46
2.1.2 Les Tests de validation des modèles spécifiés	47
2.2. Analyse de l'évolution des variables	50
2.2.1. Les variables dépendantes.....	50
2.2.2. Les variables indépendantes	57
2.3. Estimation des modèles du trafic sur les axes Grand-Bassam et Yamoussoukro	63
2.3.1. Détermination du modèle d'évolution du trafic sur l'axe Abidjan - Grand-Bassam.	63
2.4 Estimation des modèles du trafic sur les axes Abidjan –Abengourou et Abidjan – Dabou.....	75
2.4.1. Détermination du modèle d'évolution du trafic sur l'axe Abidjan - Abengourou	75
2.4.2. Détermination du modèle d'évolution du trafic sur l'axe Abidjan - Dabou	76
CONCLUSION.....	78

CHAPITRE II : ANALYSE DE LA DEMANDE DE TRANSPORT INTERURBAIN79

INTRODUCTION

I. Les déterminants de la demande individuelle de voyage en interurbain80

1. Analyse du choix de mobilité de l'utilisateur	80
1.1. La maximisation de la fonction d'utilité du consommateur - usager	80
1.1.1 Approche classique de la théorie du consommateur	80

1.1.2 La maximisation de la fonction d'utilité et choix discret.....	81
1.2. Déterminants de la demande, aléas et choix probabiliste	84
1.2.1 Facteurs explicatifs et fonctions d'utilités aléatoires	84
1.2.2 Analyse des choix probabilistes de l'utilisateur	86
2. Détermination des facteurs explicatifs individuels de la demande interurbaine.....	99
2.1 Les motifs de voyage interurbain en Côte d'Ivoire.....	99
2.2. La spécification du modèle explicatif de la demande de voyage.....	101
2.3. Estimation du modèle 1 de demande de voyage	103
2.4. Respécification et estimation du modèle 2	105
<i>II. Les déterminants macro-économiques de la demande interurbaine.....</i>	<i>107</i>
1. Modélisation du trafic global à partir d'Abidjan	107
1.1 Analyse des variables du modèle.....	107
1.2. Estimation du modèle.....	112
2. Analyse intermodale par rapport au rail et à l'air	114
2.1 La relation entre la demande de transport routier interurbain et aérien	114
2.2 La relation entre la demande de transport routier interurbain et celle des rails	115
CONCLUSION.....	116

DEUXIEME PARTIE : PEAGE ET RENTABILITE DES INFRASTRUCTURES

ROUTIERES INTERURBAINES.....117

CHAPITRE III : ANALYSE DES COMPORTEMENTS ET EVALUATION DES

DISPOSITIONS A PAYER

INTRODUCTION

I. La méthodologie d'enquête et comportements face aux péages.....

1. La méthodologie d'enquête.....

1.1. Le choix des enquêtés

1.2. La méthode de la carte de paiement.....

2. Analyse des choix stratégiques face au système de péage.....

2.1 Les comportements stratégiques face aux péages.....

2.2. Affectation sur le réseau : le modèle *prix-temps*.....

II. Analyse des dispositions à payer.....

II. Analyse des dispositions à payer.....

1. Analyse de l'acceptabilité et de l'équité

1.1- L'acceptabilité

1.2- L'équité.....

2. L'estimation des déterminants des dispositions à payer

2.1 Analyse des dispositions à payer par catégorie de véhicules.....

2.2 Estimation du modèle.....

CONCLUSION.....

CHAPITRE IV : QUEL PEAGE OPTIMAL ?.....

Introduction.....

I. Le péage comme instrument d'efficience économique

1. La tarification au coût social marginal.....

1.1- Le principe de la tarification au coût marginal

1.2. Détermination de l'optimum social.....

2. Différenciation tarifaire et optimum social.....

2.1. Le modèle de congestion

2.2. Détermination des péages optimaux

II. Le péage comme instrument de financement.....

1. La prise en compte de la contrainte budgétaire.....

1.1. La détermination de la fonction de bien-être sociale	163
1.2. L'optimum contraint ou optimum de second rang.....	165
1.2.1. Le cas où la recette nette est constante	167
1.2.2. Le cas où la recette nette est croissante.....	168
2. L'optimisation de l'investissement	170
2.1. Cas où la recette nette est constante.....	172
2.1.1. Le modèle.....	172
2.1.2. Application.....	176
2.2.2. Application.....	183
CONCLUSION.....	185
CONCLUSION GENERALE	186
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	188
ANNEXES	192
LISTE DES TABLEAUX.....	255
LISTE DES ILLUSTRATIONS	259
LISTE DES ABREVIATIONS, NOTATIONS ET SIGLES	261
TABLE DES MATIERES.....	263

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

