

Les déterminants du choix du mode de transport dans la ville de Yaoundé

Jean Patrick Mfoulou Olugu¹, Valérie Ongolo Zogo², et Boniface Ngah Epo³

Résumé : L'objectif de ce papier est d'évaluer les facteurs urbains qui déterminent le choix du mode de transport, afin de proposer des solutions pérennes permettant de réduire le dysfonctionnement de l'offre à Yaoundé. Pour y arriver, des estimations économétriques ont été faites grâce aux modèles logits. Les données utilisées proviennent des enquêtes réalisées par la Communauté Urbaine de Yaoundé (CUY, 2011), dans le cadre de l'élaboration du Plan de Déplacement Urbain de Yaoundé. Il ressort que l'accessibilité aux transports collectifs de masse par bus ou minibus influence négativement le choix du mode artisanal, notamment la moto et le taxi. Le motif à destination influence positivement tous les modes de mobilité mais avec une significativité très marquée pour le taxi et la voiture personnelle pour le motif contraignant comme travail-écoles-études. Le design influence significativement, mais différemment tous les modes de mobilité, au centre l'on choisit plus de se déplacer en taxis, les déplacements centre-périphéries se font plus en minibus. Les résultats recommandent une redistribution des parts de mobilités en faveur du mode collectif de masse. Ce dernier a la capacité de satisfaire des zones à forte demande et de générer moins d'externalités.

Mots-clés : Croissance urbaine, mobilité, transport, Yaoundé.

Classification JEL- R10, R14, R40, R41, 42, 48.

1. Introduction

Le lien entre la mobilité urbaine et les caractéristiques d'une ville, conditionne dans une large mesure les modes de transport existant. Cette remarque générale à toute urbanisation s'avère plus réelle dans les villes en développement à forte croissance urbaine et à faibles ressources infrastructurelles. Le phénomène ainsi que ses conséquences suscitent des réflexions sur les actions à mener.

À Yaoundé, comme dans la majorité des grandes agglomérations en Afrique Subsaharienne, l'accélération du phénomène d'urbanisation a comme conséquence une augmentation des besoins de mobilité et un déséquilibre entre l'offre et la demande de transport urbain. Dans un contexte de déficit de mise en application des politiques de planification urbaine, la ville de Yaoundé se caractérise par une différenciation fonctionnelle entre le centre urbain et les périphéries. Cette configuration crée un dysfonctionnement de l'offre de transport qui conduit à une multiplication de petits transporteurs aux pratiques artisanales.

La mobilité quotidienne à Yaoundé est dominée par des taxis collectifs de petite capacité, dont la part modale est estimée à 61% (CUY, 2011). Une proportion de 9% de déplacements du centre-ville vers les périphériques et vis-versa sont assurés par les minibus. Les motos-taxis garantissent environ 3% des déplacements dans les zones périphériques où la voirie est particulièrement en mauvaise état. Par ailleurs, seulement, 2% des déplacements appartiennent au transport public conventionnel par bus. Cette évolution des transports urbains à Yaoundé

¹ Communauté Urbaine de Yaoundé, Cameroun, mfuluolugu@yahoo.fr.

² Ministère des Transports, Yaoundé-Cameroun, ongoloval@yahoo.fr.

³ Ministère des Transports, Yaoundé-Cameroun, epongahb@yahoo.fr.

montre que ce fonctionnement est relatif à l'inadéquation quantitative et qualitative de l'offre à la demande et à la structure urbaine (Mfoulou et *al.*, 2013).

La question est alors celle de savoir, comment réagir face à ce dysfonctionnement ? Faut-il laisser le système s'autoréguler sous prétexte que ce sont les préférences des individus ? Les enjeux du développement durable sont venus relancer ces discussions. Dans le contexte actuel, peu de littérature renseigne sur la question en Afrique, notre attention s'est alors portée sur le cas de Yaoundé.

2. Objectifs de la recherche

L'objectif de ce papier est de questionner les facteurs urbains qui déterminent le choix d'un mode de transport à Yaoundé. Il s'agit plus spécifiquement de questionner les facteurs urbains tels que la densité, l'accessibilité, et le design sur les choix de mobilité. La méthodologie s'appuie sur les modèles de choix modaux fondés sur le principe de maximisation de l'utilité d'un mode de transport. Les données utilisées proviennent des enquêtes réalisées par la Communauté Urbaine de Yaoundé dans le cadre de l'élaboration du Plan de Déplacement Urbain (CUY, 2011). Ces enquêtes ont eu pour objectif de définir la structuration de la ville et de mesurer le trafic par type de véhicules, afin d'obtenir les informations nécessaires à l'analyse des problèmes de circulation et de prévoir au mieux le trafic futur.

3. Caractéristiques de la ville de Yaoundé

La ville de Yaoundé connaît une très forte croissance urbaine depuis la première moitié des années 70. Les perspectives démographiques étaient de 0,8 million habitants en 1991 ; 1,2 million en 1996 ; 1,4 million en 2001 et 2 million en 2005 soit 10% de la population du Cameroun de la même année. Entre 1987 et 2005, c'est-à-dire en 18 ans, la population de la ville a triplé, enregistrant une croissance moyenne annuelle de 5,9% par an. Selon le Plan de Déplacement Urbain de 2011, la population de Yaoundé s'élèverait à 2,4 millions en 2010 ; 2,5 millions en 2015 ; 2,8 millions en 2020 et 3,5 millions en 2030. La population augmenterait d'un sixième dans les cinq prochaines années, d'un tiers dans dix ans, et de deux tiers dans 20 ans.

Cette expansion démographique s'est traduite par une augmentation spatiale de la surface urbanisée. Yaoundé a quadruplé entre 1980 et 2001. Elle est passée de moins de 4 000 hectares à près de 16 000 en vingt ans, croissance annuelle moyenne de 7,1% supérieur à celle de la croissance démographique sur la même période : 5,9%. En 2001, le site urbanisé occupait seulement 56% de la superficie administrative de la ville. La densité du tissu urbain était alors d'environ 100 habitants par hectare. Yaoundé couvrait en 2010 une superficie de 30 000 hectares, dont 9 924 hectares seulement étaient officiellement aménagés.

L'urbanisation s'organise surtout au centre-ville, très peu habité, réservé aux activités administratives et commerciales, et constituant le noyau le plus ancien. Presque tous les établissements ministériels sont installés dans la zone centrale ou dans la couronne la plus proche du centre. Bien que les délégations locales des administrations couvrent toute la ville, elles comptent des effectifs bien plus réduits que les administrations centrales.

Le centre commercial quant à lui concentre une grande partie des services tels que les banques, les assurances et le commerce. Certains services se déploient dans toute la ville et à proximité des lieux d'habitations, c'est le cas des boulangeries et des stations-services. Les activités industrielles, sont en grande partie localisées au Sud de la ville. Dans le centre-ville, la présence des activités formelles génère celle des activités informelles comme les petits vendeurs

ambulants, restauration, réparateurs divers... etc. Le centre commercial dispose d'un bon réseau viaire, mais les emprises sont envahies par des activités informelles, ce qui génèrent la congestion.

La localisation des services d'éducation et de santé dans la ville est dépendante de la qualité du service fourni. En effet, la plupart des établissements scolaires, réputés de meilleure qualité, sont situés dans la zone centrale ou la couronne proche du centre, tandis que les écoles privées, de création plus récente sont à proximité des quartiers périphériques populaires. Les établissements supérieurs présentent une grande tendance à la concentration à proximité du centre-ville. En dehors du complexe de l'Hôpital Général, les grands centres hospitaliers sont situés à l'intérieur ou à proximité immédiate du centre-ville.

En journée, le centre-ville est le théâtre d'une circulation intense. En soirée, il se vide et les citadins rejoignent les périphéries. La majorité des déplacements sont pendulaires et conduisent à des migrations alternantes entre le centre et les périphéries. Ce dépeuplement du centre-ville entraîne une forte demande de transports. Le matin le trafic est approximativement réparti entre 60-40 véhicules par directions, avec un trafic maximum de 800 véhicules à l'heure pour la direction la plus chargée.

Plusieurs problèmes de mobilité apparaissent en fait à Yaoundé. D'abord la voirie n'est pas adaptée à la forte proportion de la marche ; ensuite la voie ferrée n'est pas structurée pour favoriser la mobilité par rail ; la majorité de véhicules sont vétustes ; l'offre de transport de masse existante reste insuffisante et inefficace pour satisfaire la demande ; la proportion des taxis et des voitures personnelles est exceptionnellement élevée, ensemble elle représente 91% du parc.

Suivant les enquêtes aux heures de pointe, il ressort que le trafic est dense à Yaoundé avec un plancher de 810 et un plafond de 3530 véhicules à l'heure de pointe. Ceci induit un engorgement et des embouteillages de plus en plus persistants qui allongent les temps de déplacement, favorisent une consommation accrue d'énergie, et des coûts monétaires à supporter par les usagers. L'heure de pointe du matin commence à 7 heures 30 minutes, elle illustre la forte intensité de transport pour des motifs de travail et d'éducation, et celle du soir commence à 15 heures 30 minutes. Le temps moyen de déplacement en mode voiture est de 29 minutes. Pour un aller-retour, il est d'environ 60 minutes. Par contre les usagers des bus ont en moyenne 60 minutes de voyage, la congestion de certaines voies peut augmenter ce temps de parcours de 100 %.

4. Revue de la littérature

Le lien entre la ville et la mobilité constitue un sujet de recherche depuis la seconde moitié du XXe siècle. Clark (1951), Alonso (1964), Muth (1969) et Mills (1972) ont étudié la localisation des ménages selon un arbitrage entre prix du foncier et coût de transport. Ces travaux qui étaient affiliés à ceux de Von Thünen s'intéressaient à l'occupation de l'espace agricole et montraient le lien entre la rente foncière cultivée et le coût de transport. Ils posaient les bases de la prise en compte de l'espace dans l'analyse microéconomique.

Mais c'est la théorie de l'utilité aléatoire, apparue (plus tard) suite aux travaux de Mc Fadden (1974) et Anas (1983) sur la fonction d'utilité aléatoire et les choix discrets, qui est venue intégrée de nouvelles hypothèses économiques sur le comportement de choix des transports (Wegener, 1994). Elle est l'adaptation de la théorie néo-classique du consommateur au champ de choix des modes de transport (Ben-Akiva et Lerman, 1985), et vise à donner un caractère plus réaliste aux modèles de la nouvelle microéconomie urbaine.

Les analyses de Newman et Kenworthy (1989) ont relancé les débats. Les propositions de ces auteurs ont été approuvées par des mesures de planification urbaine. Selon Emangard (1994), ces mesures favorisent une plus grande utilisation et une meilleure rentabilité des investissements en transport. Ces travaux ont conduit à la promotion du modèle de ville compacte (Burton, 2000). Ce type de modèle favorise les transports publics, réduit la ségrégation sociale et améliore l'accès aux équipements.

Ces travaux ont cependant suscité de nombreuses critiques. La première porte sur causalité supposée entre l'urbanisation et la mobilité. La seconde porte sur la démarche méthodologique. La troisième sur les mesures d'*acceptabilité* et de *faisabilité* de la ville compacte. Höjer et Mattsson (2000) ont critiqué la supposée relation causale entre la densité urbaine et la consommation automobile. Selon Hall (1994), le transport comme l'a déclaré Clark est le « *faiseur et le briseur de villes* ». Ewing et Cervero (2001) montrent le potentiel de modération de la demande de déplacements par des changements dans l'environnement bâti. L'aménagement du bâti comprend l'utilisation du sol, le développement de centres de population et d'emplois, l'interconnexion des infrastructures de transport et le design de structures et d'espaces à l'échelle humaine (Chatman, 2005 ; Ewing et *al.*, 2007). Pour Cervero et Kockelman (1997), l'environnement bâti influence la demande de déplacements selon trois dimensions principales : la densité, la diversité et le design. Stead et Marshall (2001) ajoutent l'accessibilité aux modes de transport.

Les méthodes d'évaluation sont distinguées en fonction des caractéristiques socio-économiques, des préférences des individus et de l'ambiguïté du lien causal. Les modèles diffèrent en fonction de l'échelle d'observations agrégée. Lorsque l'échelle d'observation se situe au niveau d'un secteur géographique, et désagrégé lorsque l'échelle d'observation se situe au niveau du ménage ou de l'individu. Les modèles agrégés ne permettent pas d'expliquer les comportements de mobilité par les usages du sol au niveau microéconomique. Les modèles microéconomiques ont l'avantage de ce contrôle statistique. Le principal défaut est la causalité « *supposée* ». Le sens est simplement déterminé par le choix des variables explicatives et constitue une hypothèse. En revanche, les modèles de choix, fondés sur le principe de maximisation de l'utilité, permettent de justifier l'influence des variables explicatives.

Selon Crane (1996), si certaines caractéristiques urbaines sont des composantes de l'utilité d'un mode de transport, d'autres ne le sont pas, et que même dans le meilleur des cas, les avantages pourraient ne pas être aussi importants. Messenger et Ewing (1996) montrent que la part modale des transports collectifs est dépendante de l'équilibre emploi-logement, de la fréquence des bus, de la densité globale et de l'accessibilité. Aussi, les variables sociodémographiques, d'usage du sol et de service de transport en commun affectent l'utilisation des autobus. Une étude menée par Pushkar et *al.* (2000) montre que les distances parcourues en voiture sont plus courtes dans les zones où l'emploi est accessible et où l'usage du sol est diversifié et, contrairement aux études précédentes, la densité n'influe pas de manière significative sur la mobilité (Vanco, 2011). Selon Cervero (2002), un développement urbain compact, à usage mixte et propice à la marche, influence considérablement les modes de déplacement que les gens choisissent.

Pour Cervero et Duncan (2003), les facteurs urbains exercent une influence beaucoup plus faible, mais non négligeable, sur la marche et la bicyclette. D'autres variables de contrôle, telles que les caractéristiques démographiques, ont une influence beaucoup plus forte sur le choix de la marche et du vélo. L'utilisation d'une technique économétrique particulière, fondée sur le contrôle statistique, permet à Pouyanne (2004) de préciser la contribution des facteurs urbains à la détermination des pratiques de mobilité. Pour Chatman (2005), les facteurs urbains influencent la qualité, la quantité et le prix des déplacements. Les choix des voyageurs

dépendent de la manière dont l'environnement bâti affecte les modes de déplacements. Vance et Hedel (2007) montrent que les facteurs urbains ont un impact causal sur l'utilisation de la voiture. En isolant l'effet de l'environnement bâti sur la marche et l'utilisation de la voiture, Frank et al. (2007) montrent que les facteurs urbains expliquent la distance parcourue en véhicule après contrôle des variables démographiques.

Selon Vanco (2011), le lien entre forme urbaine et mobilité n'est pas simple. Il s'agit d'un lien de réciprocité complexe à définir. Trois dimensions de l'environnement local jouent sur la mobilité, il s'agit de la densité, la diversité et l'accessibilité. Son analyse montre que les effets des caractéristiques urbaines sont différenciés suivant le type de ménage. Utilisant la base de données des ménages de Pékin, Zhao (2011) trouve que les indicateurs urbains jouent un rôle négatif dans la réduction des déplacements motorisés domicile-travail et raccourcissent les heures de voyage en véhicule dans les processus d'expansion urbaine rapide et de motorisation. L'étude d'Ongolo et Epo (2013) examine (a) les raisons de déplacement ; (b) les déterminants du coût de déplacement ; (c) les différences de déplacement ; et (d) les facteurs urbains qui expliquent les mouvements inégaux de déplacement à Yaoundé. Les résultats de cette étude identifient des différences de mobilité entre le centre urbain et les périphéries. Les suggestions politiques de cette étude soulignent la nécessité d'une meilleure gestion de l'environnement urbain (Mfoulou, 2016). Nos propres travaux (Mfoulou, 2018) ont montré le rôle négatif de l'étalement urbain dans le fonctionnement de l'offre de transport à Yaoundé.

5. Méthodologie

Les travaux de Mc Fadden (1974), Anas (1983) et Wegener (1994) montrent que des individus placés dans un contexte identique ne sont pas forcément amenés à effectuer le même choix. L'individu effectue généralement le choix qui maximise son utilité, mais cette dernière n'est connue que de manière imparfaite. Les principaux modèles utilisés dans cette approche utilisent des formulations *probabilistes*. Dans ces modèles, la rationalité économique et le recours au choix maximisent l'utilité. Ces méthodes d'analyse des choix discrets se sont vues appliquer dans la modélisation des systèmes de transport, domaine relativement nouveau qui a largement évolué au cours de ces dernières années (Ben-Akiva et Lerman, 1985).

5.1. Le modèle

En supposant qu'un individu i dispose de j alternatives exhaustives pour opérer un choix de transport, l'utilité qu'il retire lorsqu'il choisit l'alternative j peut être représentée de la manière suivante :

$$U_{ij} = \beta x'_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Où U_{ij} représente l'utilité que tire un usager lorsqu'il choisit le mode j , x'_{ij} est la matrice des variables explicatives, ε_{ij} est la composante aléatoire non observée et β est le vecteur des paramètres du modèle. L'utilité d'un usager i issue du choix d'un mode de transport j (U_{ij}) est non observée. Seule le mode de transport est observé. Ainsi, l'usager i choisit une modalité de transport j s'il lui procure une utilité maximum ou encore s'il y retire le maximum de satisfaction.

$$U_{ij} = \text{Max} (u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{im}) \quad (2)$$

Pour le choix du mode de transport (y_i) par un consommateur i , il ressort que :

$$\begin{aligned}
P(y_i = j) &= P(U_{ij} = \text{Max}(u_{i1}, \dots, u_{i2}, \dots, u_{im})) = P(\beta x'_{ij} + \varepsilon_{ij}) \\
&= \text{Max}(\beta x'_{i1} + \varepsilon_{i1}; \beta x'_{i2} + \varepsilon_{i2}; \dots; \beta x'_{im} + \varepsilon_{im})
\end{aligned} \tag{3}$$

Avec $\sum_{j=1}^m P(Y_i = j) = 1$ et $P(y_i = j) \geq 0$ (m étant le nombre de modalités). Cette probabilité dépend de la valeur de l'utilité du mode de transport par rapport aux alternatives. La fonction de répartition de la loi logistique se présente sous la forme suivante :

$$P_i = P_r(Y_i = 1) = F(x_i \beta) = \frac{\exp^{x_i \beta}}{1 + \exp^{x_i \beta}} = \frac{1}{1 + \exp^{-x_i \beta}} \tag{4}$$

Pour tenir compte des perturbations aléatoires, l'estimation des paramètres β est faite à partir du maximum de vraisemblance.

$$\begin{aligned}
\log L(y; \beta) &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m y_{ij} \log[\text{prob}(y_i = j)] \\
&= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1 \neq j_{base}}^m y_{ij} \log \left[\frac{\exp(\beta x'_{ij})}{1 + \sum_{j=1 \neq j_{base}}^3 \exp(\beta x'_{ij})} \right]
\end{aligned} \tag{5}$$

L'interprétation des paramètres estimés d'un modèle *logit* requiert de la prudence. En effet, les paramètres estimés ne renseignent que sur l'effet positif ($\beta > 0$) ou négatif ($\beta < 0$) des variables indépendantes.

Ainsi, la quantification de l'impact de chaque variable sur la probabilité $P(y_i = j)$ procédera par le calcul des effets marginaux. Les effets marginaux d'une variation de la variable exogène x_i^k , $k = 1, \dots, K$ sur la probabilité que le consommateur i choisit la j^{eme} modalité, $j = 1, \dots, m$, sont définis par :

$$\delta_{ij} = \frac{\partial P_{ij}}{\partial x_i^k} = P_{ij}(\beta_j^k - \sum_{z=1}^m P_{iz} \beta_z^k) \tag{6}$$

Avec β_j^k la k^{ieme} composante de β_j associé à la variable explicative x_i^k et $P_{ij} = P(y_i = j)$, et δ_{ij} l'effet de la modification unitaire d'une variable indépendante sur la probabilité qu'un usager i utilise une alternative j .

Trois types de tests statistiques sont utilisés pour valider la qualité du modèle et donnent le plus souvent des résultats similaires : il s'agit du test du rapport des vraisemblances (*Likelihood ratio*), du test de Wald (*wald*) et du test *d'hausman*. Ces tests comparent l'information apportée par le modèle de référence, c'est-à-dire celui contenant des variables explicatives, et l'information apportée par un modèle dit simplifié. L'hypothèse d'indépendance des alternatives non pertinentes est testée grâce au test de hausman. Les estimations du modèle *logit multinomial* sont produites par le modèle suivant :

$$Y_i = \text{Log} \left(\frac{P(\text{typechoisi})}{(1 - P(\text{typechoisi}))} \right) = CL(VA) + \varepsilon_i \tag{7}$$

Y_i représente le mode de transport, au total quatre modes ont été préférés : la mototaxi (1) ; la voiture personnelle (2) ; le taxi (3) ; et le bus et minibus (4). $CL(VA)$ est une combinaison linéaire des variables explicatives (voir description tableau 1 ci-dessous).

5.2. Les données

Les données proviennent des enquêtes réalisées par la CUY dans le cadre du Plan de Déplacement Urbain de 2011. Ces enquêtes ont porté sur l'identification des véhicules, l'estimation des volumes de circulation, l'analyse des principaux points de croisement, les motifs, les origines et destinations des déplacements. L'objectif principal des enquêtes était de mesurer et de définir la structure du trafic par type de véhicules afin d'obtenir les informations nécessaires à l'analyse des problèmes de circulation et de prévoir au mieux le trafic futur dans la ville. Les enquêtes ont aussi permis de mieux comprendre la nature, les motifs et les modes de déplacements au sein de l'agglomération. Près de 18 000 personnes ont été interrogées sur 21 postes d'enquête sur le territoire qui constitue le périmètre de transport urbain de la ville de Yaoundé.

Tableau 1 : Présentation des variables et analyses descriptives

Variables	Descriptif	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Design de la zone d'origine du déplacement	<i>Le design regroupe deux modalités : 1 si c'est le centre-ville, et 0 si la périphérie.</i>	0.651	0.141	0	1
Densité urbaine de la zone d'origine	<i>Densité urbaine de la zone d'origine du déplacement.</i>	320	20.776	105	1060
Accessibilité aux transports collectifs	<i>La distance en kilomètres entre la zone d'origine et la ligne de transport par bus ou minibus la plus proche.</i>	3.404	2.119	0.2	7
Coût du déplacement	<i>Représente le prix que l'utilisateur paye pour le déplacement.</i>	266.2	615.03	100	3500
Distance de déplacement	<i>Distance origine - destination en kilomètres.</i>	7.536	2.259	0.5	50
Durée du déplacement	<i>Durée du déplacement entre l'origine et la destination, en minutes.</i>	20.828	5.186	1.031	60
Logvitesse de déplacement	<i>Le logarithme de la vitesse de déplacement entre l'origine et la destination.</i>	26.002	20.776	0.155	120
Raison du choix d'un mode	<i>Raison du choix d'un mode, catégorisée : 1 pour un mode confortable, et 0 pour le reste.</i>	0.541	0.003	0	1
Motif du déplacement	<i>Motif du déplacement à l'origine,</i>	0.641	0.241	0	1

	<i>catégorisé : 1 pour les motifs contraignants comme travail-écoles-études, et 0 pour le reste.</i>				
Jour du déplacement	<i>Le jour du déplacement regroupe deux catégories : 1 pour les jours ouvrables et 0 pour samedi, dimanche et jour férié.</i>	0.773	0.611	0	1
Heure du déplacement	<i>L'heure du déplacement est catégorisée par : 1 pour heure de pointe, et 0 pour l'heure creuse.</i>	0.757	0.640	0	1
Météo	<i>Le climat qu'il fait pendant le déplacement : 1-pour temps ensoleillé et clément ; 0-pour temps pluvieux ou temps couvert et nuageux.</i>	0.905	0.309	0	1
Nombre de passagers lors du déplacement	<i>Nombre de voyageur dans le véhicule pendant le déplacement</i>	4.054	7.096	0	80

Source : Auteur, données du Plan de Déplacement Urbain de 2021.

6. Résultats et analyses

Il est noté que la première étape pour accéder à un mode de transport est de rejoindre la route. L'accessibilité se trouve au cœur de la relation urbanisation-transport. Elle influence la localisation des activités urbaines et les modes de mobilité, déterminant ainsi l'utilité du choix de mobilité (Stead et Marshall, 2001 ; et Vanco, 2011). Il apparaît que l'accessibilité au transport collectif influence négativement mais significativement l'usage de la moto. Par contre cette influence est positive pour l'usage du Taxi, bus et minibus. Plus le consommateur sera accessible en transport collectif, moins il fera l'usage de la mototaxi. Dans le cas de la ville de Yaoundé, les citoyens utilisent souvent deux modes de mobilité. Dans un premier temps, ils utilisent la moto pour rejoindre la voie carrossable, après ils choisissent entre le taxi et le minibus. Par contre les citoyens qui font usage de la voiture personnelle sont généralement localisés dans les secteurs urbains accessibles.

La densité influence significativement tous les choix de mobilité. Pour la mototaxi, cette significativité est positive, plus les zones sont denses et plus les citoyens font le choix de mobilité en mototaxi. Cela apparaît justifié à Yaoundé : l'offre et la demande de mobilité en mototaxi abonde généralement dans les quartiers populaires à forte densité. Cette observation se justifie par le fait que la mototaxi est un mode de porte à porte et généralement utilisée pour

des courtes distances. La densité encourage aussi le choix du bus et minibus. Les zones denses offrent une très forte demande de transport qui justifie l'offre en transport collectif de masse. Selon Emangard (1994), la densité urbaine favorise une plus grande utilisation et une meilleure rentabilité des investissements en transport en commun. Il faut noter que dans le cas de Yaoundé, les zones denses sont des zones où l'offre en bus et minibus est disponible. En réalité, ce sont des anciens quartiers populaires de Yaoundé qui ont bénéficié des aménagements publics. La densité a une influence positive sur le choix du taxi, mais avec un coefficient moins élevé de 0.185 qui n'est pas très éloigné des résultats obtenus dans la littérature (Cervero et Kockelman, 1997). Dans les zones denses, les usagers préfèrent moins le taxi en raison de sa forte capacité à générer la congestion. La moto est alors choisie en raison de sa rapidité et de son coût.

Tableau 2 : influence des variables sur le choix du mode de transport à Yaoundé

Variabiles	Mototaxis	Taxi	Bus et Minibus	Effets marginaux
Design de la zone	- 0.011 (0.71)	0.654 (0.58)	0.398 (2.09)	0.537 (0.52)
Densité urbaine d'origine	0.621 (1.66)	0.185 (1.91)	0.524 (2.67)	0.564 (2.02)
Accessibilité au transport	- 0.290 (1.58)	0.580 (2.57)	0.960 (1.38)	0.313 (1.67)
Coût du déplacement	- 0.652 (1.22)	0.746 (1.53)	0.014 (1.44)	0.401 (5.33)
Distance de déplacement	- 0.950 (0.27)	0.740 (1.12)	0.933 (0.82)	0.219 (1.85)
Durée du déplacement	- 0.636 (1.62)	0.065 (0.24)	0.041 (1.26)	0.177 (1.95)
Logvitesse de déplacement	- 0.811 (0.72)	0.213 (0.39)	0.111 (0.28)	0.113 (0.35)
Raison du choix du mode	0.300 (0.47)	0.465 (2.95)	0.230 (0.62)	0.187 (0.03)
Motif du déplacement	0.014 (0.09)	0.913 (1.01)	0.354 (1.62)	0.465 (1.72)
Jour du déplacement	0.260 (1.30)	0.726 (1.72)	0.169 (0.02)	0.143 (0.68)
Heure du déplacement	0.044 (1.14)	0.810 (1.41)	0.930 (1.39)	0.133 (1.10)
Météo	- 0.754 (1.45)	- 0.115 (1.56)	- 0.546 (0.15)	0.440 (0.69)
Nombre de passagers	0.324 (1.88)	0.272 (2.62)	- 0.429 (1.77)	0.401 (3.38)
Constante	0.142 (1.06)	0.569 (1.31)	0.974 (1.60)	0.647 (2.53)

*Mode de référence a été choisi automatiquement par le logiciel : Voiture Personnelle. Number of obs = 16204
LR chi2 (70) = 5828.31 Prob> chi2 = 0.0000 Log likelihood = -14886.867 Pseudo R2 = 0.1637.*

Le motif du déplacement influence positivement tous les modes de mobilité avec une significativité très marquée pour le taxi. Les travailleurs choisissent moins la moto pour rejoindre le lieu de travail. Il faut noter que, ce mode permet de rejoindre le lieu de recherche

d'un taxi disponible ou de la ligne de bus ou minibus la plus proche. Par ailleurs, il est aussi important de souligner que ce mode n'a pas accès au centre-ville ou centre administratif où la majorité des emplois y sont localisés.

L'heure du déplacement n'a pas d'influence significative sur le choix de la moto. Cette observation se justifie, car le choix de la moto est généralement un choix contraignant. Lorsque face au dysfonctionnement de l'offre de transport, le consommateur n'a pas généralement d'offres de transport alternatives. La durée de déplacement, la distance, et la vitesse influencent négativement l'usage de la moto. Ce mode de mobilité est généralement utilisé pour des distances très courtes dans des zones moins accessibles. La moto est choisie pour sa rapidité, mais moins pour le confort et la sécurité.

Le coût du déplacement influence négativement le choix de la moto. Ce qui signifie que moins ce mode est prisé, plus il est utilisé. Le coût déplacement influence positivement l'usage du bus et minibus, mais les coefficients indiquent que les citoyens préfèrent la moto et le taxi pour leurs déplacements. En fait, le bus et minibus sont des modes de transport peu compétitifs. Déjà, leur accessibilité est limitée sur quelques lignes de couverture qui ne permettent pas de desservir la grande majorité de la population.

Les effets marginaux présentés, ressort que la probabilité qu'une augmentation de la densité à l'origine influe sur le type de mobilité est de 56%, proportion plus élevée que pour toutes les autres variables. Il ressort de ce principe que, pour influencer les types de mobilité en faveur du mode collectif, les aménagements publics doivent s'orienter vers des politiques de densification urbaine. En effet, la densité produit une mobilité plus durable (Newman et Kenworthy, 1989), les zones plus denses sont plus efficaces en transports collectifs. Au-delà des politiques de densification, l'amélioration du design affecte également les choix de mobilité avec une probabilité de 53%. Le nombre de voyageur a une probabilité de 40% d'influencer le choix d'un mode de mobilité.

7. Conclusion

L'objectif était d'évaluer les facteurs urbains qui influencent le choix de mobilité des transports à Yaoundé. Pour aboutir aux résultats, des estimations ont été faites grâce aux modèles économétriques de type *logits*. Les données provenaient des enquêtes réalisées dans le cadre de l'élaboration du Plan de Déplacement Urbain de la CUY en 2011. Il ressort que l'accessibilité influence négativement le choix de la moto et du taxi collectif. L'augmentation de l'accessibilité favorise le choix en transport collectif de masse. Le motif à destination influence positivement tous les modes de mobilité mais avec une significativité très marquée pour le taxi et la voiture personnelle, les citoyens choisissent en fait moins la moto pour rejoindre le lieu de travail. La localisation influence significativement, mais différemment tous les modes de mobilité. La Communauté Urbaine doit définir des politiques urbains favorisant les transports collectifs de masse. Les résultats encouragent une redistribution des parts de mobilités en faveur notamment du mode collectif de masse et recommandent de développer d'un transport public de masse efficace et compétitif. Ce dernier a la capacité de satisfaire des zones à forte demande et de créer moins d'externalités négatives.

Références

Alonso, W., 1964. Location and Land Use. Cambridge, Mass. Harvard University Press.

Anas, A., 1983. Discrete choice theory, information theory and the multinomial logit and gravity models. Transportation Research B, 17B (1).

- Ben-Akiva, M. et Lerman, S.R., 1985. *Discrete Choice Analysis, Theory and Application to travel demand*. Cambridge, MIT Press, 416 p.
- Burton, E., 2000. The Compact City: Just or just compact? A preliminary analysis. *Urban Studies*, 37(11), pp. 1969-2001.
- Cervero R., 2002. Built Environments and mode Choice: Toward a Normative Framework. *Transportation Research Part D*, 7(4), pp. 265-284.
- Cervero R., Kockelman K., 1997. Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design. *Transportation Research D*, 2 (3), pp. 199-219.
- Cervero R., Duncan M., 2003. Walking, bicycling and urban landscapes: evidence from San Francisco Bay Area. *American Journal of Public Health*, 93(9), pp. 1478-1483.
- Chatman D., 2005. *How the Built Environment Influences Non-work Travel: Theoretical and Empirical Essays*. Dissertation in Urban Planning, University of California, Los Angeles.
- Crane R., 1996. On form versus function: Will the new urbanism reduce traffic, or increase it? *Journal of Planning Education and research*, 15, pp. 117-126.
- Clark, C. 1951. Urban Population Densities', *Journal of the Royal Statistical Society*, 114, pp. 490-94.
- CUY., 2010. *Elaboration du plan de déplacement Urbain de la ville de Yaoundé, Rapport Diagnostique*, République du Cameroun.
- Emangard P.H., 1994. Espace urbain et efficacité des réseaux de province", *Transports urbains*, 83, pp. 5-16.
- Ewing R., Cervero R., 2001. Travel and the Built Environment: A Synthesis. *Transportation Research Record*, 1780, pp. 87-114.
- Ewing R., Bartholomew K., Winkelman S., Walters J., Chen D., 2007. *Growing Cooler: The Evidence on Urban Development and Climate Change*, Urban Land Institute and Smart Growth America, 60 p.
- Frank L. D., Saelens B. E., Powell K. E., Chapman J.E., 2007. Stepping towards causation: Do built environments or neighborhood and travel preferences explain physical activity, driving, and obesity? *Social Science and Medicine*, 65, pp. 1898-1914.
- Hall P. 1994. Squaring the circle: can we resolve the Clarkian paradox? *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 21, pp. 79-94.
- Höjer, M., Mattsson L. G., 200. Determinism and back casting in future studies. *Futures*, 32, pp. 613-634.
- McFadden, D., 1974. Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior. In *Frontiers in Econometrics*, ed. by P. Zarembka. New York: Academic Press.
- Messenger T., Ewing R., 1996. Transit-Oriented Development in the Sun Belt. *Transportation Research Record*, 1552, pp. 145-152.
- Mfoulou Olugu J.P., 2016. *Forme urbaine et mobilité durable à Yaoundé*, Thèse de Doctorat en Sciences Economiques, Université de Dschang, Cameroun.

- Mfoulou J.P., Awomo D.J.C, Dama N.M, 2013. Structure urbaine et mobilité à Yaoundé. Les cahiers du CEDIMES, 7(2), pp. 9-21.
- Mills E., 1967. An aggregative model of resource allocation in metropolitan areas, *American Economic Reviews, Papers and Proceedings*, 57, pp. 197-210.
- Muth r. F., 1969. *Cities and housing: the spatial pattern of urban residential land use*, Chicago, University of Chicago Press, 355 p.
- Newman P.W.G., Kenworthy J. R., 1989. *Cities and automobile dependence. An international source book*, Aldershot, Avebury Technical, 388 p.
- Ongolo Z.V., Epo N. B., 2013. *Suburbanization and Inequality in Transport Mobility in Yaoundé: Drawing Public Policy for African Cities*.
- Pouyanne G., 2004. *Forme urbaine et mobilité quotidienne*, Thèse pour le doctorat en Sciences Economiques, Université Montesquieu-Bordeaux 4, 275 p.
- Pushkar A.O., Hollingworth B. J., Miller E. J., 2000. *A Multivariate Regression Model for Estimating Greenhouse Gas Emissions from Alternative Neighborhood Designs*. 79rd Annual Meeting, Transportation Research Board, Washington, D.C., 15 p.
- Stead D., Marshall S., 2001. *The Relationships between Urban Form and Travel Patterns. An International Review and Evaluation*. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 1(2), pp. 113-141.
- Vance C., Hedel R., 2007. *The impact of urban form on automobile travel: Disentangling causation from correlation*. *Transportation*, 34(5), pp. 575-588.
- Vanco F., 2011. *Formes urbaines et durabilité du système de transport : une approche par les coûts de la mobilité urbaine des ménages sur l'agglomération lyonnaise*. Thèse de Doctorat de Science Economique, Université Lumière Lyon 2.
- Wegener, M., 1994. *Operational Urban Models: state of the art*, in *Journal of the American Planning Association*, 60(1), pp. 17-29.
- Zhao P., 2011. *Car use, commuting and urban form in a rapidly growing city: evidence from Beijing*. *Transportation Planning and Technology*, 34(6), p.506-527.