



Intégration des BHNS à l'offre de mobilité dans le Grand Nokoué au Bénin : *Analyse du comportement des usagers basée sur le modèle Dogit*

Fousséni GOMINA MAMA^{1, a*}

¹ Institut Universitaire de Technologie, Département de Gestion des Transports et Logistique
Université de Parakou, BENIN

Résumé: L'objectif de cet article est d'examiner l'impact de l'intégration des Bus à Haut Niveau de Service (BHNS) à l'offre de mobilité existante sur le choix du mode de transport des habitants de la métropole du Grand Nokoué constituée des villes de Cotonou, Sèmè Kpodji et Abomey Calavi . En utilisant le modèle Dogit, l'influence de l'accessibilité du BHNS est établie pour capter le comportement des usagers face au choix du transport multimodal sur la base d'une enquête sur les préférences déclarées. Les résultats révèlent que le transport adapté de petite taille (Motos à deux roues communément appelé Zem) capte toujours le plus grand volume de trafic urbain sur de courtes distances et a évidemment un impact significatif sur l'utilisation des autres moyens de mobilité comme mode principal de transport sur de longue distance. Cependant les transports de grande capacité favorise la multimodalité. En introduisant le BHNS dans l'offre de mobilité urbaine, les résultats ont révélé un changement significatif dans le choix du mode de déplacement des usagers, avec une préférence très élevée pour les BHNS comparativement aux autres modes. Bien que les voitures personnelles, les taxis-villes et les minibus soient également identifiés comme captifs, la prédominance des usagers du BHNS combinée avec le pourcentage d'utilisateurs des motocyclistes dans cette zone métropolitaine, a confirmé la tendance future de cohabitation du tandem BHNS/Zémidjan.

Mots-clés: BHNS; Modèle Dogit; mobilité urbaine; Comportement; transport durable

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.7495725>

Published in: Volume 1 Issue 4



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

1. Introduction

Le transport adapté représente l'éventail des options modales qui existent entre un taxi à trajet exclusif et un autobus à horaire fixe conventionnel à l'autre (Cervero et Golub, 2011). Bien qu'offrant des avantages de mobilité pour les pauvres en particulier, des emplois pour les personnes peu qualifiées, la couverture des services dans les zones, satisfaisant au manque d'offre formelle, le transport adapté crée la congestion de la circulation, les pollutions environnementales et les accidents (Askari et al., 2021; Behrens et al., 2016; Rahman et al., 2016). En raison de ses aspects controversées, les opinions sur les services de transport adapté sont très fortement polarisées (Klopp et al., 2019; Nguyen et Pojani, 2018). Une école de pensée, représentée par des économistes de marché, ont une perception positive du transport adapté (Dzisi et al., 2022; Sclar et Touber, 2011, Phun et Yai, 2016). Cependant, les planificateurs en transport et les experts urbains ont des points de vue divergents sur la qualité de vie et la situation sociale des conducteurs et des usagers (Tsigdinos et al., 2022). La question de la place du transport adapté largement utilisé dans les villes en développement dans le système de transport futur, c'est-à-dire limiter ou éliminer l'utilisation du transport adapté en raison de ses impacts négatifs ou lui concéder ses impacts positifs, mérite une attention particulière.

Pour élucider ce problème, il est d'abord nécessaire de mieux comprendre d'une part, comment l'accessibilité du transport adapté (Zem) influence le choix du mode de transport des personnes, et d'autre part l'influence des Zem sur l'accessibilité /disponibilité des autres modes de mobilité. Cela met naturellement en évidence la question de l'influence des différentes politiques de transport sur le choix du mode de transport, y compris la réglementation du transport adapté et son intégration dans le système de transport.

2. Revue de littérature

Les études portant sur le transport adapté selon une perspective d'analyse comportementale sont relativement limitées, même si le lien entre les modes de transport et la satisfaction des usagers est bien connue dans un autre contexte Khan (2021). L'étude de Nkurunziza, et al. (2012) a identifié comment les usagers percevaient et appréciaient les attributs de qualité du service proposés par le bus à haut niveau de service. Leurs résultats ont révélé que le confort est l'attribut le plus apprécié par rapport au temps de trajet et au prix du trajet. Basée sur une étude de cas, la recherche de Zhang et al. (2013) a proposé des orientations politiques pour la refonte des systèmes de transport adapté dans les pays en développement en fonction du comportement des voyageurs, du choix d'emploi des conducteurs et de la qualité de vie. Les auteurs ont également souligné que le simple fait d'éliminer les services de transport adapté des systèmes de transport dans les pays en développement peut résoudre les problèmes environnementaux qu'ils causent, mais entraînerait sûrement des problèmes sociaux plus graves, tels que le chômage chez les conducteurs de transport adapté et les difficultés de mobilité pour les pauvres et les personnes résidant dans des zones difficiles d'accès.

Khan (2021) a identifié les facteurs contribuant au choix des BHNS comme mode de transport sur la base d'une évaluation empirique comparative de la qualité des services de transport public en enquêtant 240 usagers du BHNS dans la zone métropolitaine de Rawalpindi-Islamabad (RIMA). L'étude a confirmé que les usagers ne possédant pas de véhicule et se rendant au lieu de travail ou de formation étaient plus enclins à utiliser le transport adapté. En outre, les usagers enquêtés ont déclaré être très satisfaits de leurs expériences en transport adapté en raison du faible coût du service.

L'étude de Joseph et al. (2022) s'est concentrée sur la comparaison du comportement des individus avant et après la mise en service du BHNS à Dar es Salaam en utilisant une application GPS pour explorer les possibles changements de mobilité spatiale. Il ressort donc que le nouveau système de BHNS était la principale option permettant d'effectuer des déplacements en temps réel vers des destinations fixes le long du corridor. Les schémas de mobilité spatiale ont montré que les individus ajoutent désormais le BHNS à leur chaîne de transport. Ce qui leur permet d'accéder aux commodités, d'être plus mobile et de parcourir de plus grandes distances.

Une autre étude menée dans le contexte de la COVID-19 a révélé que l'utilisation des transports en commun a diminué, tandis que la tendance à marcher et à aller à vélo a légèrement augmenté pendant la pandémie (Abdullah et al., 2022).

Les travaux de Kachousangi et al. (2022) ont montré que les coûts de transport ont une importance bien plus grande que la durée du transport, et que l'utilisation de véhicules autonomes (VA) est positivement appréciée par rapport aux autres modes alternatifs.

En utilisant le modèle logit multinomial pour le choix du mode de transport et le modèle logit binaire, l'étude de Rahman et al. (2020) au Bangladesh sur le choix du mode de transport, a montré que les gens préfèrent utiliser le BHNS aux autres modes de transport.

L'étude de Laura (2020) visait à expliquer les approches interactives entre le transport public employant le BHNS et le transport adapté dans les villes sub-sahariennes. Les résultats ont montré que l'émergence du Bus à Haut Niveau de Service (BHNS) est préférée par rapport au transport adapté. Le transport adapté est perçu comme peu sûr et peu fiable, alors que le BHNS se présente comme la solution efficace, fiable, confortable et écologique adapté aussi aux groupes vulnérables.

Les travaux sur les modes de transport en Afrique sont restés pendant longtemps focalisés sur l'analyse de l'activité des conducteurs de taxis-moto. Cependant, très peu de recherche ont été faites pour appréhender l'influence de l'accessibilité des modes de transport sur le choix de mobilité des usagers. Pour combler ce vide, cette étude a procédé par une enquête des préférences déclarées dans la région métropolitaine du Grand Nokoué constituée des agglomérations de Cotonou, de Sèmè Kpodji et d'Abomey Calavi au Sud du Bénin en considérant l'offre multimodale existante actuellement (transport adapté : moto à deux roues appelé « Zem », les minibus, les bus, taxis-ville, les voitures personnelles), avec la perspective d'implémentation des BHNS. Dans l'enquête, les accessibilités aux modes de transport adapté en tant que mode de transport principal/secondaire ainsi que l'accessibilité

du véhicule en tant que principal mode de transport sont mis en évidence sur la base d'une expérience réelle sur une distance référentielle choisie. De même, l'enquête a pris en compte les attributs des services de voyage (principalement les temps de transport et le coût du trajet pour chaque combinaison modale). Cette enquête est la première à examiner de manière exhaustive les facteurs associés au choix du transport adapté dans l'agglomération de Cotonou et ses deux communes limitrophes. Le modèle Dogit proposé par Gaudry et Dagenais (1979) est introduit pour mesurer le lien existant dans le choix mentionné ci-dessus ainsi que les influences des accessibilités des modes de voyage.

3. Contexte et justificatifs de la problématique

3.1 Transport adapté dans le grand Nokoué, Benin

L'agglomération du Grand Nokoué rassemble la capitale économique du Bénin, Cotonou, la capitale administrative, Porto-Novo et deux communes résidentielles : Abomey-Calavi et Sèmè-Kpodji. Dans cette aire urbaine de 2,5 millions d'habitants qui représente environ 50 % du PIB béninois, le trafic dominé par les deux-roues motorisées connaît une forte croissance. Il est évident qu'avec la planification urbaine et l'aménagement non maîtrisée, la traversée de cette zone devient un enjeu capital pour les politiques, les économies et les usagers. Avec une démographie galopante, cette conurbation qui s'étend autour du lac Nokoué doit faire face aux défis de la sécurité routière et de la fluidité de la circulation sur ses grands axes internes. Singulièrement, la ville côtière de Cotonou, cœur névralgique du grand Nokoué, avec une population de plus d'un million d'habitants, reste la région économique la plus attractive du pays. La valorisation du foncier due à la modernisation de la ville et au nouveau plan d'aménagement et d'asphaltage conduit depuis 2016 par le Ministère du Cadre de vie en exécution du programme d'action du gouvernement (PAG1 et PAG2), met en exergue l'importance de la mobilité urbaine dans les projets de la ville verte et du développement durable. Les communes résidentielles juxtaposées à Cotonou que sont Sèmè Kpodji et Abomey Calavi, jadis peu peuplées sont devenues des dortoirs qui absorbent les populations en quête de logement à la portée de leurs revenus. Les distances Maison- Lieu de travail se rallongent ainsi donc pour ses usagers dont les activités se trouvent au cœur de la ville de Cotonou. Les différents modes de transport dans le Grand Nokoué sont la fourgonnette (type minibus), les bus, les Zem (Moto à deux roues) et tricycle (Moto à trois roues). À l'exception des itinéraires fixes pour le minibus et les bus, les autres types de transport adapté n'ont pas d'itinéraires dédiés et d'horaires fixes. En outre, le Zem et le tricycle offrent le service porte-à-porte, tirant avantage de leur adaptabilité au réseau routier urbain faiblement aménagé et impossible d'accès par les voitures et camions.

3.2 Déroulement de l'enquête sur les préférences déclarées

L'enquête sur les préférences déclarées a été conduite pour explorer les effets de l'accessibilité de tous les modes de transport y compris le transport adapté, les bus ...etc sur le choix futur du mode

de transport des usagers. Les caractéristiques et niveaux considérés sont fonction des situations actuelles, des opinions des experts locaux et de l'analyse documentaire ; 14 attributs sont inclus : 9 attributs liés à l'accessibilité du mode de transport (5 pour le mode d'accès sur l'itinéraire principal, 2 pour les modes de sortie et 2 pour les principaux modes de transport sur l'itinéraire ainsi que leur durée) ; 3 attributs indiquant les temps de déplacement pour les principaux modèles de voyage : véhicule et autobus, et les deux autres attributs représentent le but du voyage et la distance du voyage. Chacun des attributs ci-dessus a deux ou trois niveaux. Les coûts de chaque mode de transport sont fixés en fonction de la distance parcourue et la marche est considérée comme mode d'accès et de sortie. Une conception d'expérience orthogonale a permis d'obtenir 21 combinaisons modales pour effectuer le trajet. Dans l'enquête des préférences SP, pour réduire les blocs de fardeau de réponse des répondants, chacun comprend 4 ~ 6 options de mode principal. Les modes principaux sont le bus, le Minibus, les BHNS et des voitures personnelles.

Le questionnaire est structuré en cinq parties. La première partie commence par la question des différents types d'utilisation du transport adapté et des évaluations correspondantes de la qualité du service. La deuxième partie examine la propriété et l'utilisation des véhicules domestiques. Dans la troisième partie, on demande aux répondants de donner leurs caractéristiques individuelles, l'utilisation de véhicules appartenant à des ménages à des fins de voyage différentes, le bonheur perçu lorsqu'ils effectuent des voyages à des fins différentes et la satisfaction de vivre. Un journal de voyage d'une journée est enregistré dans la quatrième partie. Enfin, la question sur le choix futur du mode de voyage est incluse dans la dernière partie. Avant les questions SP, l'information de base sur le transport en commun appelé Bus à Haut Niveau de Service (BHNS), qui n'existe pas actuellement, est introduite. Le choix du BHNS comme perspective de mobilité est basé sur son coût raisonnable par rapport au train, au métro, au *Tramway* et aux autres systèmes de transport en commun (MRT), dont la mise en œuvre nécessite de lourds investissements.

3.2.1 Cartographie des déplacements OD avec les coûts et le temps du trajet

Supposons qu'à Abomey Calavi dans la zone de l'Université d'Abomey Calavi, vous souhaitez faire la navette entre votre domicile et votre lieu de travail situé à Akpakpa SOBEBRA, situé à environ 20 km. Veuillez comparer soigneusement les attributs de chaque mode de transport et choisir la combinaison de transport que vous préférez, uniquement en fonction des renseignements ci-dessous.

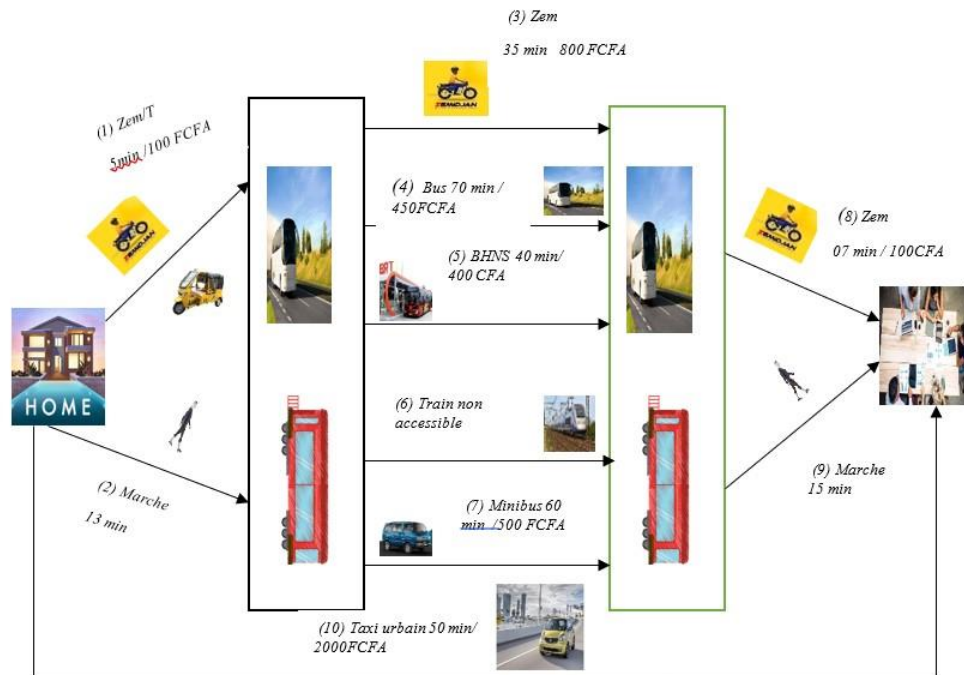


Figure 1. Cartographie des déplacements OD avec les coûts et le temps

3.2.2 Synthèse des combinaisons de mode

Le tableau ci-dessous récapitule les 21 combinaisons possibles pour joindre le domicile et le lieu de travail.

Table 1. Synthèse des préférences des combinaisons modales

Choix	Combinaison des modes	Total Temps	Total Coût (FCFA)	Choix	Combinaison des modes	Total Temps (min)	Total Coût (FCFA)
1	(1) Zem/T-(3) Zem-(8) Zem/CT	47	1000	12	(1) Zem/T-(3) Zem-(9) Marche	55	900
2	(1) Zem/T-(4) Bus-(8) Zem CT	82	650	13	(1) Zem/T-(4) Bus-(9) Marche	90	550
3	(1) Zem/7-(5) BHNS-(8) Zem/CT	52	600	14	(1) Zem/7-(5) BHNS-(9) Marche	60	500
4	(1) Zem/7-(6) MRT-(8) Zem/CT	-	-	15	(1) Zem/7-(6) MRT-(9) Marche	xx	xx
5	(1) Zem/7-(7) Minibus-(8) Zem/CT	72	700	16	(1) Zem/7-(7) Minibus-(9) Marche	80	550
6	(2) Marche-(3) Zem-(8)Zem/CT	55	900	17	(2) Marche -(3) Zem-(9) Marche	63	800
7	(2) Marche-(4) Bus-(8) Zem CT	90	550	18	(2) Marche -(4) Bus-(9) Marche	98	450
8	(2) Marche -(5) BHNS-(8) Zem/CT	60	500	19	(2) Marche -(5) BHNS-(9) Marche	68	400
9	(2) Marche -(5) MRT-(8) Zem/CT	-	-	20	(2) Marche -(6) MRT-(9) Marche	-	-
10	(2) Marche -Minibus-(8) Zem/CT	80	600	21	(2) Marche -(7) Minibus-(9) Marche	88	450
11	(10) Conduire un véhicule/Mobile	50	2000				

3.3 Profil des usagers du transport adapté

Un sondage à domicile a été mené de mars à août 2021 pour les personnes vivant à Cotonou, et qui ont déjà utilisé l'un ou l'autre type de transport adapté. Les données sont recueillies auprès de 420 répondants en raison des limites budgétaires. Les caractéristiques individuelles des enquêtés sont présentées au tableau 2

Table 2. Caractéristiques et niveaux du choix du mode de transport

Caractéristiques	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Disponibilité du tricycle comme mode d'accès à l'itinéraire principal	0 (pas accessible)	1 (accessible)	
Disponibilité du Zem comme mode d'accès	1 (accessible)	1 (accessible)	
Disponibilité du Minibus comme mode d'accès	0 (pas accessible)	1 (accessible)	
Disponibilité du Zem comme mode principal et durée du trajet	1 (accessible)	courte période	longue période
Disponibilité du Minibus comme principal moyen de transport et durée du trajet	0 (pas accessible)	courte période	longue période
Disponibilité du véhicule comme principal mode et durée du trajet	0 (pas accessible)	courte période	longue période
Disponibilité de Zem comme modes de sortie	0 (pas accessible)	1 (disponible)	
Disponibilité du tricycle comme mode principal	0 (pas accessible)	1 (disponible)	
Durée de trajet en bus	Court	Long	
Durée de trajet en BHNS	Court	Long	
Motif du déplacement	Travail/Université	Shopping	
distance journalière	Courte	Longue	

Table 3. Caractéristiques individuelles des enquêtés (FCFA : Francs CFA)

Caractéristiques	Pourcentage	
Genre	1) Masculin	49,6%
	2) Féminin	50,4%
Profession	1) Fonctionnaire d'Etat	15,7%
	2) Chef d'entreprise	21,8%
	3) Etudiant	27,3%
	4) Travailleur autonome	23,4%
	5) Autres	11,8%
Revenu mensuel du ménage	1) < 75000 FCFA	26,4%
	2) 75000~200000 FCFA	33,9%
	3) 200000~400000 FCFA	21,0%
	4) >=400000 FCFA	18,7%

4. Le modèle Dogit

Le modèle dogit a été proposé par Gaudry et Dagenais (1979), et sa forme générale peut être exprimée comme suit (la notation d'indice indiquant le voyageur individuel est omise) :

$$P_i = \frac{e^{V_i} + \theta_i \sum_k e^{V_k}}{(1 + \sum_k \theta_k) \sum_k e^{V_k}}, i, k = 1, \dots, K, \quad (1.1)$$

Où,

P_i : Probabilité de choisir le mode de déplacement i à partir des modes de déplacement K ,

V_k : terme déterministe de la fonction d'utilité du mode de voyage k th,

θ_i : paramètre de captivité spécifique au mode de déplacement i qui n'est pas négatif.

L'équation (1.2) montre que le modèle Dogit n'a pas la propriété IIA, ce qui signifie que les changements de choix changeront les probabilités relatives des alternatives. De plus, les probabilités relatives P_i/P_j sont cohérentes avec la propriété IIA, seulement si $\theta_i = \theta_j$ ou $\theta_i / \theta_j = e^{V_i} / e^{V_j}$. Si $\theta_i = \theta_j = 0$ tient pour toutes les paires d'alternatives, l'équation (1.1) s'effondre sur le modèle dogit multinomial.

$$\frac{P_i}{P_j} = \frac{e^{V_i} + \theta_i \sum_k e^{V_k}}{e^{V_j} + \theta_j \sum_k e^{V_k}} \quad (1.2)$$

Le modèle Dogit peut être appliqué pour analyser le phénomène de captivité et, entre-temps, éviter la difficulté IIA sans perdre l'attrait intuitif et pratique du format logit. Elle permet que les probabilités relatives de certaines paires d'alternatives soient cohérentes avec la propriété IIA, mais sans se détruire simultanément en tant que modèle distinct pour le reste des alternatives considérées.

La forme générale du modèle Dogit dans l'équation (1.1) peut être transformée en l'équation suivante

$$P_j = \frac{\theta_j}{1 + \sum_k \theta_k} + \frac{1}{1 + \sum_k \theta_k} \cdot \frac{e^{V_j}}{\sum_k e^{V_k}}, i, k = 1, \dots, k, \quad (1.3)$$

Le premier terme de l'équation (1.3) représente la probabilité qu'un individu soit captif de l'une des alternatives K , et le second terme décrit que l'individu choisit librement l'ensemble des alternatives disponibles. Ben-Akiva et al. (1997) ont montré que, dans le contexte du choix de la génération de set θ_j , on peut l'expliquer comme paramètre de 'loyauté'. Plus précisément, la plus grande valeur de θ_j indique que les utilisateurs sont plus captifs d'un mode de voyage particulier i d'intérêt. De plus, la

méthode du maximum de vraisemblance est utilisée pour estimer le modèle Dogit. Dans cette étude, le programme d'estimation est codé à l'aide du logiciel *Time Series Processor 5.0*.

Pour appliquer le modèle Dogit en tenant compte du contexte de cette étude, le terme déterministe V_k est réécrit comme suit ;

$$V_k = Y_k + Z_k \quad (1.4)$$

$$Y_k = \alpha_k + \sum_m \beta_{mk} X_{mk} + \sum_n \gamma_{nk} X_{nk} \quad (1.5)$$

$$Z_k = \delta_k A_k + \eta_k C_k + \sum_r \mu_{rk} Acc_{rk} + \sum_s \Psi_{sk} Egr_{sk} \quad (1.6)$$

$$\delta_k = \begin{cases} \delta_k & k = CityTaxi, Bus, BRT \\ 0 & k = Zem, Van, Car \end{cases} \quad (1.7)$$

$$\eta_k = \begin{cases} \eta_k & k = CityTaxi, Bus, BRT, Zem \\ 0 & k = Van, Car \end{cases} \quad (1.8)$$

$$\mu_k = \begin{cases} \mu_{rk} & k = CityTaxi, Bus, BRT, Zem \\ 0 & k = Van, Car \end{cases} \quad (1.9)$$

$$\Psi_{sk} = \begin{cases} \Psi_{sk} & k = CityTaxi, Bus, BRT, Zem \\ 0 & k = Van, Car \end{cases} \quad (1.10)$$

Où,

Y_k : fonction du terme constant spécifique au mode de déplacement k (α_k), des attributs du mode de déplacement m (X_{mk}) et n des caractéristiques individuelles (X_{nk}).

Z_k : fonction qui reflète l'influence des accessibilités de différents modes de déplacement sur le choix du mode de déplacement k , où A_k se réfère à l'accessibilité de Minibus comme mode principal, C_k à l'accessibilité du véhicule comme mode principal, Acc_{rk} à l'accessibilité du mode d'accès t , et Egr_{sk} à l'accessibilité des modes d'évacuation.

Le paramètre de chaque variable d'accessibilité (δ_k , η_k , μ_{rk} , ψ_{sk}) indique le degré d'impact de l'accessibilité de chaque mode sur le mode k th, et sa valeur négative signifie que l'existence d'un mode de voyage réduit la probabilité de choix du mode k th.

Le terme BRT (Bus Rapid Transit) utilisé dans les équations est le générique anglais du sigle BHNS correspondant au Bus à Haut Niveau de Service.

5. Estimation du modèle

Les résultats des estimations du modèle Dogit ci-dessus sont présentés dans le tableau 5-3. Dans l'enquête des préférences, 1260 échantillons (420 répondants * 3 fiches d'enquêtes par répondant) ont été prélevés. En excluant les échantillons non valides, 902 échantillons sont utilisés pour cette étude. La précision du modèle, indiquée par le rho-carré de McFadden, est de 0,092, ce qui n'est pas assez élevé. Cela devrait être encore amélioré à l'avenir, mais comme mentionné précédemment, l'examen de l'influence de l'accessibilité du transport adapté et du BHNS sur le choix des modes de mobilité et l'identification des modes captifs sont les principaux axes de cette étude. La qualité d'ajustement relativement plus faible du modèle demeure acceptable.

L'accessibilité du transport adapté est répartie en deux catégories : le choix du transport adapté comme mode d'accès/sortie et l'accessibilité comme mode principal. Selon les attributs respectifs des divers transports adaptés, l'évaluation de l'accessibilité référant au mode d'accès/sortie sont considérés sur tous les types de transport adapté, tandis que pour le mode principal, Zem est le seul à être évalué. En considérant les paramètres significatifs, on constate que les modes de transport adapté de petite taille, c'est-à-dire Zem, n'ont aucun effet ni sur la promotion d'un mode principal particulier, ni sur l'utilisation des minibus comme mode principal. Le tricycle et le Zem comme modes de sortie ont également des impacts négatifs sur l'usage du bus comme mode principal. De tels résultats négatifs réduisent les possibilités de choisir les modes principaux. On pourrait en déduire que les usagers du transport adapté n'ont pas besoin d'un mode d'accès ou de sortie vers le mode principal et/ou tentent de réduire les frais de transport en évitant le transfert par transport adapté par comparaison avec d'autres types de transport adapté. Par conséquent, le mode d'accès par minibus favorise l'utilisation du bus comme mode principal. Ce qui est confirmé par le paramètre statistiquement significatif « Accessibilité du minibus comme mode d'accès au bus » à un niveau de 90 %. Cela correspond également à la situation actuelle à Cotonou.

En examinant l'effet de l'accessibilité du minibus et de la voiture personnelle comme mode principal, il est confirmé qu'à l'avenir, le Zem, le minibus et l'autobus seront encore en concurrence féroce comme dans la situation actuelle. Avec le problème permanent de congestion et le temps de trajet comme facteur déterminant du choix du mode, le Zem est de loin le mode le plus captif en général. Mais en introduisant le service de BHNS, il peut effectivement réduire l'utilisation de véhicule, comme l'indique le paramètre négatif dont le niveau de significativité est à 90%. Il est tout à fait logique que, selon les estimations, le BHNS soit le service de transport en commun le plus avancé avec un niveau de service très élevé par rapport aux autres modes de transport publics. Le BHNS est le plus captif. En examinant les réponses relatives au choix, on constate que les fréquences du BHNS, du

Zem, du Minibus, des taxis et du bus sont respectivement 51%, 15%, 14%, 12% et 8%. Le BHNS ayant la fréquence la plus élevée. Il devient tout à fait raisonnable que le BHNS soit le mode le plus captif, probablement en raison du faible tarif et du temps de déplacement modéré entre les modes principaux dans les scénarios hypothétiques à l'avenir. Le Minibus est le troisième mode principal parce que les usagers (vendeur, femmes) peuvent voyager avec leurs marchandises et autres chargements. Quand, il est accessible, le Zem est le deuxième mode captif en raison de son monopole dans les déplacements de courte distance (70%) et du temps de voyage relativement court pour les longues distances, même si le tarif dans les cinq scénarios n'est pas le moins cher. Les usagers de Zem sont principalement des propriétaires de motocyclettes et des jeunes qui privilégient la flexibilité plutôt que la sécurité. Il est surprenant que le bus soit le dernier mode captif que le véhicule (Taxi ville ou voiture personnelle) qui est plus cher et demande un investissement financier énorme, surtout pour les pauvres. L'ordre de grandeur des paramètres captifs coïncide généralement avec l'ordre de qualité du service et du tarif, qui indique les heures et le tarif sont encore les facteurs très importants influençant le comportement de choix de mode même à l'avenir.

Les principaux indicateurs de service, le temps de déplacement et les coûts de déplacement sont statistiquement significatifs à 95 %. Ce qui indique que le temps de déplacement est toujours un facteur important au moment de prendre la décision de choisir le mode de transport.

Table 4. Estimation du résultat basé sur le modèle Dogit

Paramètre/ Moyen de mobilité	BUS	MINIBUS	BHNS	Zem	Véhicule
Constance	-1.92	2.53	-4.63		
Durée du trajet		-1.02**			
Coût du trajet		-1.57**			
Masculin (Oui: 1, Non: 0)	-8.86	-1.42	0.12	-1.08	-2.23
Fonctionnaire d'Etat (Oui: 1, Non: 0)	15.6**	7.76*	-3.08	-20.83	5.86**
Etudiant (Oui: 1, Non: 0)	2.75	5.01	2.38	1.35	9.33**
Revenu mensuel du foyer inférieur à 150\$ (Oui: 1, Non: 0)	1.29	6.00**	2.92	9.80	-15.79
Disponibilité du tricycle comme mode d'accès (Oui : 1, Non: 0)	-2.92	2.45	-1.34	-13.48*	
Disponibilité du Zem comme mode d'accès (Oui : 1, Non: 0)	-20.7	-1.14	-2.38	-11.94	
Disponibilité du Tricycle comme mode de sortie(Oui : 1, Non: 0)	5.92	6.85*	1.58	-1.98	
Disponibilité du Zem comme mode de sortie (Oui: 1, Non: 0)	3.18	-6.46*	-2.80	6.83	

Disponibilité du véhicule comme mode de sortie (Oui: 1, Non: 0)	-9.93**	-4.36	0.69	-2.64	
Disponibilité du Minibus comme mode principal (Oui : 1, Non: 0)	-0.22	-7.71	2.44		
Disponibilité du véhicule comme mode principal (Oui : 1, Non: 0)	-6.11	2.13	0.05	-4.36	
Paramètre de captivité	0.40***	0.75***	0.71***	0.92***	
Log de vraisemblance initiale			- 3163.79		
Vraisemblance logarithmique convergente			- 2871.24		
McFadden' rho-square at zero			1902		
Echantillon			1902		

NB: *, **, *** respectivement les seuils de significativité 90%, 95% et 99%.

6. Implications

Au regard de l'importance que revêt l'étude de l'accessibilité des modes du transport adapté, les analyses montrent que le Zem/Tricycle et le taxi urbain (CT) en tant que modes d'accès et/ou de sortie, n'ont pas d'impact significatif sur l'utilisation des principaux modes. La présence de véhicules de transport adapté de petite taille n'a qu'une influence marginale sur l'utilisation du transport en commun pour les usagers actuels du transport adapté. La marche est probablement le meilleur choix comme mode d'accès/sortie parce qu'elle permet d'économiser de l'argent plutôt que du temps et le changement d'un mode à un autre est considéré comme pénible. Au contraire, les véhicules de transport adapté de grande taille, c.-à-d., Minibus, les BHNS sont priorisés pour les longues distances. La combinaison du Zem et du BHNS comme moyen de déplacement sera l'option la plus probante comme l'indique les résultats des enquêtes.

Les résultats de l'estimation révèlent que les chauffeurs de transport adapté exercent un effet d'attraction élevé que tous les autres modes de transport avec des fréquences différentes ; le BHNS, le Zem, le Minibus, véhicule et l'autobus exerceront un degré d'attraction variable décroissant sur les utilisateurs du transport adapté à l'avenir. Le modèle dogit représente donc bien de telles particularités dans le grand Nokoué avec pour épicerie la mobilité dans l'agglomération de Cotonou. En outre, l'importance de la captivité des usagers par le transport adapté (Zem) est essentiellement proportionnelle à l'ordre de grandeur de la qualité du voyage et du tarif de chaque mode principal. Dans la conception du transport adapté, les enquêtes laissent penser que le temps et le prix du service de transport sont des facteurs essentiels pour qu'un mode de transport capte des usagers à Cotonou.

Les relations de cause à effet de la perception des usagers du transport adapté sur la qualité du service, le bonheur pendant le voyage et la satisfaction de la vie à Cotonou, doivent être analysées en profondeur pour mieux comprendre le pourcentage de conducteurs de Zem, qui est un cas unique dans les grandes villes subsahariennes.

En ce qui concerne les répercussions sur les politiques, bien que les Zem et tricycle, aient une incidence importante sur l'utilisation des transports en commun et des autobus comme principaux modes de transport, il est encore nécessaire de maintenir ce transport adapté pour certaines zones et pendant une certaine période dans la perspective de fournir des possibilités d'emploi et une certaine stabilité sociale. Il est aussi suggéré de restreindre le transport adapté de petite taille à des zones et prédéfinies comme principal sur de très courtes distances, comme le suggère cette étude, pour réduire la congestion et garantir la sécurité. En raison de contraintes budgétaires et d'une urbanisation ratée à la base, il sera presque impossible de couvrir l'ensemble du réseau de transport urbain de Cotonou avec des Bus à Haut Niveau de Service (BHNS) dont les choix d'itinéraires sont limités par des contraintes. Pour autant, le BHNS constitue l'avenir des options de mobilité recommandée pour une ville verte, intelligente et durable disposant de transport en commun efficace et respectueux de l'environnement. La combinaison de Zem, minibus et BHNS, sera un choix judicieux pour la mobilité urbaine future. Par rapport au transport adapté avec de petits véhicules, le Minibus a une capacité beaucoup plus grande et est plus sécurisant. Il occupe une part non négligeable dans le réseau actuel. Il sera plus aisé de le positionner et de le réorganiser à l'avenir. En outre, le gouvernement devrait examiner attentivement le temps de déplacement et le prix du service de transport public, qui sont reconnus comme deux facteurs très importants pour décider du choix d'un mode de transport d'après les résultats d'estimation.

7. Conclusion

En raison des aspects très débattus du transport adapté, il est tout à fait important de comprendre l'impact de l'utilisation du transport adapté dans le système de transport urbain à l'avenir. Considérée comme première tentative dans la littérature pour décrire le comportement des usagers du transport adapté de manière exhaustive, cette étude a procédé par une enquête sur les préférences déclarées afin de saisir leurs décisions dans le choix des modes de transport en tenant compte de l'accessibilité du transport adapté en tant que modes d'accès/sortie/principal et du véhicule en tant que modes principaux, et de l'influence de la captivité propre à un mode à Cotonou, au Bénin. Ainsi, 420 réponses avec 1260 cas dans les scénarios de préférence ont été recueillies. De plus, le modèle Dogit est appliqué pour analyser les décisions des usagers du transport adapté quant au choix du mode de transport dans des situations hypothétiques. Outre le rôle important que jouent les caractéristiques individuelles, c'est-à-dire l'occupation par sexe et le revenu mensuel du ménage, il est également confirmé que le niveau de service en termes de temps et de coût de déplacement exercera encore une

grande influence sur le choix du mode de transport à l'avenir. En termes de réduction de la congestion routière et de sécurité, le transport en commun à travers les Bus à haut niveau de Service (BHNS) est l'idéal. Compte tenu des limitations budgétaires, l'association du Zem, minibus et du BHNS, est envisageable pour assurer la mobilité urbaine durable à Cotonou, avec un rôle clé conféré au transport en commun au BHNS, qui est respectueux de l'environnement et efficace.

En termes de perspective de recherche, l'hétérogénéité qui caractérise les différents goûts des usagers du transport adapté sur les principaux modes de transport devrait être intégrée dans le modèle pour mieux saisir leur comportement de voyage surtout dans les circonstances exceptionnelles comme celle du COVID. La combinaison de données de préférence déclarée et de préférence révélée devrait également être faite pour valider davantage le modèle et améliorer l'enquête.

Bibliographie

- [1] Abdullah, M., Ali, N., Aslam, A. B., Javid, M. A., & Hussain, S. A. (2022). Factors affecting the mode choice behavior before and during COVID-19 pandemic in Pakistan. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 11(1), 174-186.
- [2] Askari, S., Peiravian, F., Tilahun, N., & Yousefi Baseri, M. (2021). Determinants of users' perceived taxi service quality in the context of a developing country. *Transportation Letters*, 13(2), 125-137.
- [3] Behrens, R., McCormick, D., & Mfinanga, D. (2016). *Paratransit in African cities*. New York, NY: Routledge.
- [4] Ben-Akiva, M., McFadden, D., Abe, M., Böckenholt, U., Bolduc, D., Gopinath, D., ... & Steinberg, D. (1997). Modeling methods for discrete choice analysis. *Marketing Letters*, 8(3), 273-286.
- [5] Cervero, R., & Golub, A. (2011). *Information public transport: a global perspective*. *Urban Transport in the Developing World*.
- [6] Dzisi, E. K. J., Obeng, D. A., Ackaah, W., & Tuffour, Y. A. (2022). MaaS for paratransit minibus taxis in developing countries: A review. *Travel Behaviour and Society*, 26, 18-27.
- [7] Gaundry, M. J., & Dagenais, M. G. (1979). The dogit model. *Transportation Research Part B: Methodological*, 13(2), 105-111.
- [8] Joseph, L., Neven, A., Martens, K., Kweka, O., Wets, G., & Janssens, D. (2022). Exploring changes in individuals travel behaviour after bus Rapid Transit implementation in Dar es Salaam. *Travel Behaviour and Society*, 27, 139-147.
- [9] Kachousangi, F. T., Araghi, Y., Van Oort, N., & Hoogendoorn, S. (2022). Passengers' preferences for using emerging modes as first/last mile transport to and from a multimodal hub Case study Delft Campus railway station. *Case Studies on Transport Policy*.

- [10] Khan, A. B. R. (2021). Measuring survey-based trip satisfaction of feeder modes for bus rapid transit in Rawalpindi Islamabad, Pakistan. *Urban and Regional Planning Review*, 8, 147-164.
- [11] Klopp, J. M., Harber, J., & Quarshie, M. (2019). A review of BRT as public transport reform in African cities. VREF Research Synthesis Project Governance of Metropolitan Transport, 30.
- [12] Laura, M. (2020). Paratransit and Bus Rapid Transit Interaction Approaches and Corresponding Barriers.
- [13] Nguyen, M. H., & Pojani, D. (2018). Why do some BRT systems in the global south fail to perform or expand? In *Advances in Transport Policy and Planning* (Vol. 1, pp. 35-61). Academic Press.
- [14] Nkurunziza, A., Zuidgeest, M., Brussel, M., & Van Maarseveen, M. (2012). Modeling commuter preferences for the proposed bus rapid transit in Dar-es-Salaam. *Journal of public transportation*, 15(2), 5.
- [15] Phun, V. K., & Yai, T. (2016). State of the art of paratransit literatures in Asian developing countries. *Asian Transport Studies*, 4(1), 57-77.
- [16] Rahman, F. I., Bari, M., Islam, M., & Joyanto, T. P. (2020). Analysis of mode choice behavior and value of time in dhaka city, bangladesh. *International Journal for Traffic & Transport Engineering*, 10(2).
- [17] Rahman, F., Das, T., Hadiuzzaman, M., & Hossain, S. (2016). Perceived service quality of paratransit in developing countries: A structural equation approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 93, 23-38.
- [18] Sclar, E., & Touber, J. (2011). Economic fall-out of failing urban transport systems: an institutional analysis. *Urban Transport in the Developing World*.
- [19] Tsigdinos, S., Tzouras, P. G., Bakogiannis, E., Kepaptsoglou, K., & Nikitas, A. (2022). The future urban road: A systematic literature review-enhanced Q-method study with experts. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 102, 103158.
- [20] Zhang, J., Li, G., Nugroho, S. B., & Fujiwara, A. (2013). Paratransit-adaptive transportation policies for transition to sustainability in developing countries. In *Sustainable Transport Studies in Asia* (pp. 137-166). Springer, Tokyo.