

CONTRIBUTION DES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE POUR L'OPTIMISATION DU TRANSPORT EN COMMUN : CAS DE LA COMMUNE DE COTONOU AU BENIN

Moussa Aliou KEITA,

Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako, Mali.

Email : keitamak74@yahoo.com

Angboïnou François d'Assise GANHOUNSO

Ecole Nationale d'Ingénieurs Abderhamane Baba Touré, Mali.

Email : francoisdganhouso@gmail.com

Souleymane BENGALY

Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako, Mali.

Email : soulbengys@gmail.com

RESUME

Le transport en commun est un élément essentiel de la vie urbaine dans plusieurs pays du monde. Cependant, dans de nombreuses villes, notamment à Cotonou, au Bénin, le système de transport en commun rencontre des défis majeurs tels que la congestion routière, les retards fréquents et l'inefficacité générale. Dans ce contexte, l'utilisation d'un Système d'Information Géographique s'avère prometteuse pour optimiser le réseau de transport en commun. La présente étude, exploitant les potentialités des systèmes d'information géographique, vise à contribuer à l'optimisation des itinéraires des transports en commun à Cotonou. L'approche méthodologie comprend une étape de collecte de données variées, allant des données socio-économiques aux données géospatiales comme les itinéraires des transports en commun ; une étape de traitement des données pour la conception de la base de données ; une étape pour l'analyse spatiale via des critères et enfin une étape de production de cartographie des itinéraires de transport en commun. Les résultats obtenus se traduisent par la création d'une carte de réseau de transport en commun couvrant tout Cotonou, la création de cartes d'itinéraires de transport en commun optimisées. Ces résultats aideront les usagers des transports en commun à faire des choix rationnels de trajet et de temps.

Mots-clés : *Cartographie, Commune de Cotonou, Géospatiales, Itinéraires de transport, Optimisation.*

ABSTRACT:

Public transport is an essential element of urban life in several countries around the world. However, in many cities, including Cotonou, Benin, the public transport system faces major challenges such as traffic congestion, frequent delays and general inefficiency. In this context, the use of a Geographic Information System is promising for optimizing the public transport network. This study, exploiting the potential of geographic information systems, aims to contribute to the optimization of public transport routes in Cotonou. The methodological approach includes a stage of collecting various data, ranging from socio-economic data to geospatial data such as public transport routes; a stage of data processing for database design; a stage for spatial analysis via criteria and finally a stage of producing public transport route mapping. The results obtained result in the creation of a public transport network map covering all of Cotonou, the creation of optimized public transport route maps. These results will help public transport users make rational choices regarding journey times and travel times.

Keywords: *Cartography, Municipality of Cotonou, Geospatial, Transport itineraries*

INTRODUCTION

Ces dernières décennies ont été marquées par une croissance urbaine et démographique très significative sur tous les continents, et particulièrement dans les pays en développement d'Afrique (Keita M.A, 2022). Cette croissance urbaine et démographique s'est aussi accompagnée d'un développement, d'une multiplication et d'une diversification du transport et des moyens de transports pour répondre plus ou moins efficacement aux besoins de mobilité des personnes et de leurs biens. Ces croissances ont eu pour conséquences le rallongement des distances, l'insécurité routière, la congestion de la circulation routière, les accidents de circulation, etc.

« Dans le domaine des transports, les SIG ont été largement utilisés pour la planification, la gestion et l'optimisation des systèmes de transport en commun. Ils permettent de modéliser et de simuler les flux de déplacements, d'identifier les goulots d'étranglement, de planifier les itinéraires optimaux, d'analyser l'accessibilité et de prendre en compte les contraintes géographiques et temporelles » (Benichou, Alaoui et Faleh, 2019, p.38).

Pour H. Mouncif et A. Boulmakou (2014), les SIG facilitent également la collecte de données en temps réel, fournissant ainsi des informations actualisées sur les horaires, les retards et les perturbations sur les réseaux de transport.

« Cotonou, la plus grande ville et capitale économique du Bénin, est confrontée à des défis de mobilité urbaine croissants en raison de l'urbanisation accélérée, de l'augmentation des déplacements quotidiens, de la croissance démographique et de l'absence d'un système de gestion de transport en commun efficace » (Issihako, Dovonou et Vigninou, 2022).

« Les habitants de Cotonou dépendent principalement des mini-bus et des motos-taxis pour leurs déplacements quotidiens, ce qui entraîne souvent des congestions routières, des temps de trajet longs, les insécurités routières, les accidents de la route et les problèmes environnementaux » (Awokou, 2021).

Face à ces défis, il est essentiel de développer un Système d'Information Géographique (SIG) spécifiquement conçu pour optimiser de façon efficace et durable le transport en commun à Cotonou. Un tel SIG permettrait de collecter, de gérer et d'analyser les données géographiques et les informations relatives aux déplacements. Ce qui offrirait une base solide pour la planification, la gestion et l'amélioration continue du réseau de transport en commun.

Cette étude revêt donc une importance cruciale pour la ville de Cotonou et ses habitants. Il contribuera à répondre aux besoins de la population, à réduire les embouteillages, à une meilleure gestion des données géospatiales et à une optimisation du transport en commun.

I. METHODOLOGIE

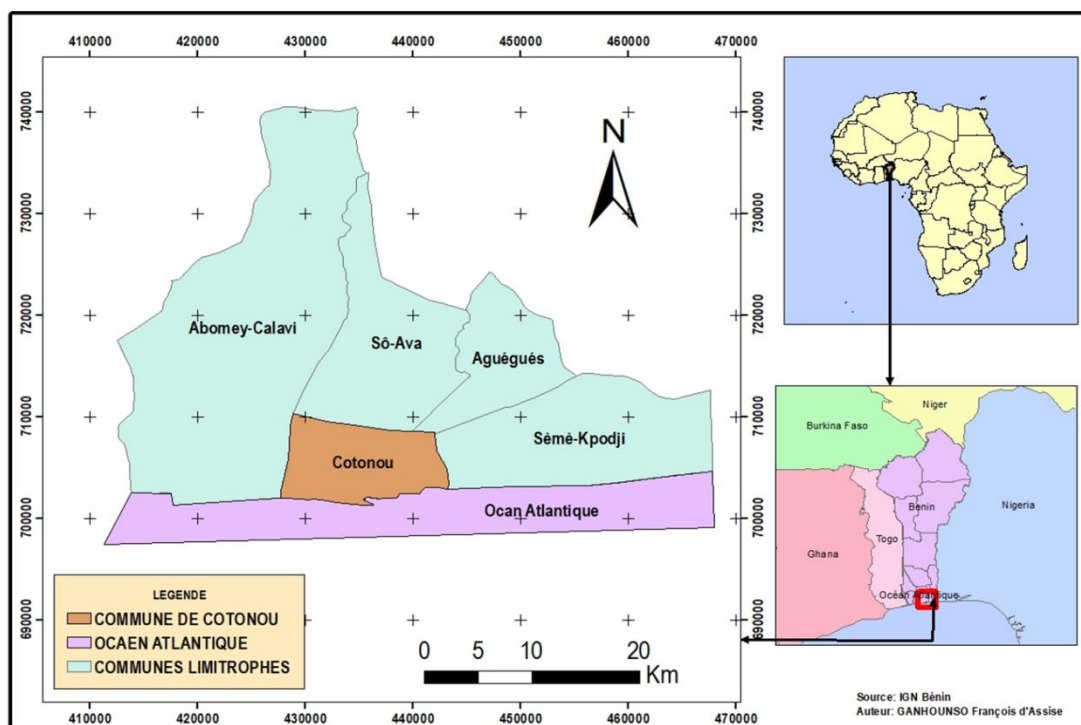
1.1. Présentation de la zone d'étude

Avec une population évaluée à 679.012 habitants, lors du RGPH4 en 2013, la commune de Cotonou est située sur le cordon littoral dont elle tire son nom de département du littoral, issu du dernier découpage administratif du Bénin du 15 janvier 1999 (carte n°1). Avec une superficie de 79 km² (0,07 % du territoire national), la commune de Cotonou est localisée entre 6°21' et 6°24' latitudes Nord et entre 2°22' et 2°29' longitudes Est. Elle est limitée par le lac Nokoué au nord, l'océan Atlantique au sud, la commune de Sèmè-Kpodji (du département de l'Ouémé) à l'Est et la commune d'Abomey-Calavi (du département de l'Atlantique) à l'ouest. C'est la seule commune qui fait à elle seule un département du pays, avec 13 arrondissements et 143 quartiers de villes. Les quartiers de l'Est sont reliés à la partie Ouest par trois ponts. À l'Ouest de Cotonou, se trouvent le Port Autonome et l'Aéroport International qui font de la ville, la plus importante porte d'entrée et de sortie du Bénin, tandis que l'Est dispose d'une vaste zone industrielle (Cakpo, 2019).

Le climat est de type subéquatorial chaud et humide avec une alternance de deux saisons pluvieuses (mi-Mars à mi-Juillet et mi-Septembre à mi-Novembre) et de deux saisons sèches (mi-Novembre à mi-Mars et mi-juillet à mi-Septembre). La pluviométrie varie entre 900 et 1200 mm, alors que la température moyenne est de 27 °C environ (Akomagn, 2016, p 9 – 12).

Le relief de la commune est peu accidenté avec des marécages. Il a deux caractéristiques principales : des dépressions longitudinales parallèles à la côte et des bas-fonds érodés par l'écoulement des eaux pluviales qui communiquent avec le lac. Le site est coupé en deux par le chenal appelé « Lagune de Cotonou », communication directe entre le lac et la mer, creusée par les Français depuis 1894 (Akomagn, 2016, p 9 – 12).

Cotonou dispose d'un réseau hydrographique alimenté par trois principaux plans d'eau : l'Océan Atlantique, la Lagune de Cotonou et le Lac Nokoué, pourvoyeurs de ressources halieutiques non négligeables (Akomagn, 2016, p 9 – 12).



Carte n°1 : Situation géographique de la commune de Cotonou

1.2. Matériels et données

1.2.1. Matériels

Pour mener à bien cette étude, un ensemble d'outils et de logiciels tels que AutoCAD 2022, ArcGIS pro, QGIS (Quantum Geographic Information System), GPS Garmin, Excel a été utilisée.

AutoCAD 2022 a été essentiel dans le prétraitement des données de base recueillies grâce à ses fonctionnalités de DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) et de CAO (Cartographie Assistée par Ordinateur). ArcGIS Pro a été utilisé pour le traitement des données, la création de la geodatabase et la production de cartes. QGIS, un logiciel SIG open source puissant et polyvalent, à l'aide de l'extension plugin a permis de compléter nos données géospatiales. GPS Garmin, un utilitaire américain qui assure des services de positionnement, de navigation et de référence temporelle, a permis de relever les coordonnées géographiques des arrêts de bus. Microsoft Excel a été utilisé pour créer des tables attributaires afin de faciliter l'organisation des données et leur intégration dans les logiciels SIG.

1.2.2. Données

Les données utilisées dans cette étude vont des données statistiques (démographiques) issues du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RHGP4) aux données cartographiques

et géospatiales telles que le découpage administratif, la carte du projet "Asphaltage phase A et B" de Cotonou, les coordonnées géographiques des origines et des arrêts de bus. Les données collectées sont présentées dans le tableau n°1

Tableau n°1 : Récapitulatif des données collectées

Données	Structures	Accessibilité	Utilité
Découpage Administratif	IGN Benin	Accessible	Carte de la zone d'étude
Bâtiments, Réseau routier, équipements,	IGN Bénin, OpenStreetMap	Accessible	Carte du réseau de transport
Statistique démographique	Service Technique mairie de Cotonou	Accessible	Elément attributaire de la base de données
Carte globale Cotonou asphaltage.	IGN Bénin	Accessible	Carte du réseau routier
Coordonnées géographies	Relevés de terrain	Accessible en annexe	Carte des arrêts de bus Carte de réseau de transport

Source : auteurs, 2022

1.3. Méthodes

Dans le cadre de notre étude, la méthodologie se structure en plusieurs phases clés. Tout d'abord, elle débute par la collecte de données suite à une revue de la littérature, des enquêtes sur le terrain et des relevés de coordonnées géographiques. Ensuite, la phase de prétraitement des données a été entreprise. Elle nous a permis de préparer les données recueillies, les rendant ainsi exploitables pour l'étape de traitement ultérieure. Enfin, l'étape de traitement des données intervient, où les informations préalablement préparées sont analysées, interprétées, et utilisées pour développer le modèle d'optimisation des itinéraires.

1.3.1. Collecte de données

La collecte de données constitue une phase cruciale dans la réalisation d'un Système d'Information Géographique (SIG). Les données, souvent difficiles à acquérir, peuvent être inexistantes, dispersées ou parfois même erronées. Cependant, la qualité des données est essentielle pour assurer la fiabilité d'un SIG. Une méthodologie rigoureuse de collecte des données a été appliquée en deux phases distinctes.

Dans une première phase, nous avons entrepris une recherche approfondie des sources de données existantes. Pour ce faire, nous avons consulté l'Institut Géographique National (IGN) ainsi que le service technique de la mairie de Cotonou. Cette démarche nous a permis d'obtenir des données telles que le découpage administratif, la carte du projet "Asphaltage phase A et B" de Cotonou, ainsi que des données statistiques issues du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RHGP4).

Dans une deuxième phase, nous avons complété notre jeu de données en effectuant une exploration minutieuse de la zone d'étude. À cette fin, nous avons utilisé un GPS Garmin pour relever avec précision les coordonnées géographiques des origines et des arrêts de bus. Cette approche de terrain nous a permis de recueillir des données complémentaires et de garantir leur exactitude. Les données recueillies sont présentées dans les tableaux 1

1.3.2. Prétraitement

Après l'acquisition des données, le prétraitement a consisté à les organiser (c'est-à-dire les structurer) et à les contrôler afin d'éliminer les erreurs topologiques et les doublons, tout en veillant à les mettre dans les normes conformément à nos besoins.

La sélection et le filtrage des données statistiques ainsi que pour conversion des coordonnées géographiques relevées au format CSV ont été réalisés à l'aide de Microsoft Excel.

Enfin, il a été procédé à la classification des données en fonction de différents thèmes, notamment : routes, limites administratives, bâtiments, arrêts de bus, aires de jeu, équipements (hôpitaux, cliniques, lieux de culte, pharmacies, stations-service et restaurants). Le choix des entités spécifiques pour chaque thème a été déterminé en fonction des objectifs, c'est-à-dire des informations que nous souhaitons fournir.

1.3.3. Traitement

Cette étape consiste à traiter les données en vue de générer les cartes d'itinéraires de transport. Elle implique l'importation des classes d'entités (Feature classes) que nous avons précédemment créées. Ces classes d'entités représentent les différentes couches de données que nous utiliserons pour réaliser les cartes d'itinéraires. Une fois que ces données sont importées dans ArcGIS Pro, la base de données géographique (Geodatabase) a été créée, qui servira de support essentiel pour le stockage et la gestion des données géospatiales.

1.3.3.1. Mise en place de la base de données géographique

Une base de données SIG (Système d'Information Géographique) joue un rôle fondamental en tant que structure organisée pour le stockage, la gestion, l'analyse et la visualisation de données géospatiales liées à des emplacements géographiques spécifiques. La création de cette dernière revêt une importance capitale car elle permet de structurer les données géographiques en vue d'une utilisation optimale. Une série d'étapes précises a été observée pour créer la géodatabase, établissant ainsi une base solide pour héberger nos classes d'entités. Une fois la Geodatabase créée, il a été procédé à la création de jeu d'entités.

1.3.3.2. Création de jeu de données réseau (Network Dataset)

Les paramètres de bases ont été définis. Le nom "*RESEAU_COTONOU*" a été attribué au "Network Dataset " avant d'y introduire la Feature Class "*ROUTES*".

A partir de ce jeu de données créé précédemment, nous avons créé le réseau en spécifiant le Jeu de données en entrée (*RESEAU_COTONOU*).

Afin de nous assurer que toutes les étapes précédentes ont été effectuées avec succès, on a vérifié le catalogue de notre projet. Il est essentiel de s'assurer que toutes les composantes nécessaires à la modélisation de notre réseau de transport en commun ont été correctement générées. Plus précisément, nous recherchons deux éléments clés au sein de notre classe d'entité "*TRANSPORT*" : un jeu de données réseau et une couche de "Jonctions" qui permettra de créer des liaisons entre les différents tronçons de notre réseau.

Pour procéder à cette vérification, nous avons suivi les étapes suivantes :

- Examen du Catalogue : dans la barre de navigation, on a ouvert à l'onglet "Catalogue". Cela nous a permis d'accéder à la hiérarchie de nos différentes classes d'entités et couches que nous avons créées dans notre projet.
- Vérification de la Présence du Jeu de Données Réseau : nous nous sommes assurés de repérer un jeu de données réseau au sein de la classe d'entité "*TRANSPORT*". Ce jeu de données est le cœur de notre réseau de transport.
- Recherche de la Couche "Jonctions" : en parcourant les couches disponibles dans la classe d'entité "*TRANSPORT*", nous avons recherché spécifiquement la couche "Jonctions". Cette couche permet de connecter les tronçons du réseau, et crée ainsi une représentation cohérente de la voirie de Cotonou.

- Ajout de la Couche "Jonctions" dans le Projet : une fois la présence de la couche "Jonctions" constatée, nous l'avons ajoutée à notre projet en utilisant l'option appropriée dans le menu contextuel.

1.3.3.3. Calcul d'itinéraires de transport

La création d'itinéraires au sein d'ArcGIS Pro est une étape cruciale dans la planification et la gestion des systèmes de transport. Pour ce faire, on a déterminé les paramètres de calcul suivants :

a). La vitesse arrêt en arrêt

Elle est la vitesse moyenne quand le véhicule part de deux arrêts adjacents. Cette vitesse inclut le temps de marche et le temps en arrêt pour un des arrêts (Pooya, 2009).

$$V_{si} = \frac{60Si}{T_{si}} \quad (2/2)$$

V_{si} : Vitesse

arrêt en arrêt,

T_{si} : Temps de parcours station à station

Si : Numéro station

b). Le temps de parcours (en opération) T_o en min,

Il est l'intervalle de temps entre le départ d'un bus d'un terminus jusqu'à son arrivée à l'autre terminus de la ligne. Le temps de parcours est alors la somme des temps de parcours de station en station pour tous les espaces i entre les terminus (Pooya, 2009).

$$T_o = \sum_i T_{si} \quad (2/3)$$

c). Le temps de parcours station en station, T_{si} ,

Il est l'intervalle de temps entre les départs de deux arrêts adjacents. Cet intervalle de temps est l'addition du temps de marche et du temps en arrêt dans un espace i (Pooya, 2009).

$$T_{si} = t_{ri} + t_{si} \quad (2/4)$$

d). Le nombre d'usagers allant d'un arrêt à un autre.

Le nombre de personnes transportées entre chaque arrêt équivaut à la somme cumulée des différences entre les entrants et les sortants du bus (Debaets and Larrivée, 2017).

$$d_n = \sum_1^n (ei - si) \quad (2/5)$$

Après avoir spécifié ces paramètres, nous avons suivi une série d'étapes méthodiques visant à créer une couche d'analyse, à importer des arrêts et à générer des itinéraires entre ces arrêts.

1.3.4. Création de la couche d'analyse d'itinéraire

La création d'une couche d'analyse consiste à intégrer les éléments d'analyse de réseau en utilisant l'outil "*Ajouter des localisations*", de résoudre l'analyse avec l'outil "*Calculer*", et de sauvegarder les résultats dans un dossier de sortie préalablement défini.

. Pour créer cette couche d'analyse de réseau d'itinéraires au sein de notre projet, les étapes suivantes ont été nécessaires :

- Accédez à l'onglet Analyse : Dans la barre de menus, sélectionnez l'onglet "Analyse". Ce qui nous a permis d'accéder à un ensemble d'outils et de fonctionnalités liés à l'analyse spatiale.
- Choisissez l'Outil Analyse de Réseau : Une fois dans l'onglet Analyse, recherchons l'outil spécifique nommé "Analyse de réseau".
- Sélectionnez l'Option Route : Au sein de l'outil "Analyse de réseau", identifions l'option route.

En sélectionnant l'option "Route" et configuré les paramètres nécessaires, la couche d'analyse de réseau d'itinéraires apparaîtra automatiquement dans notre projet.

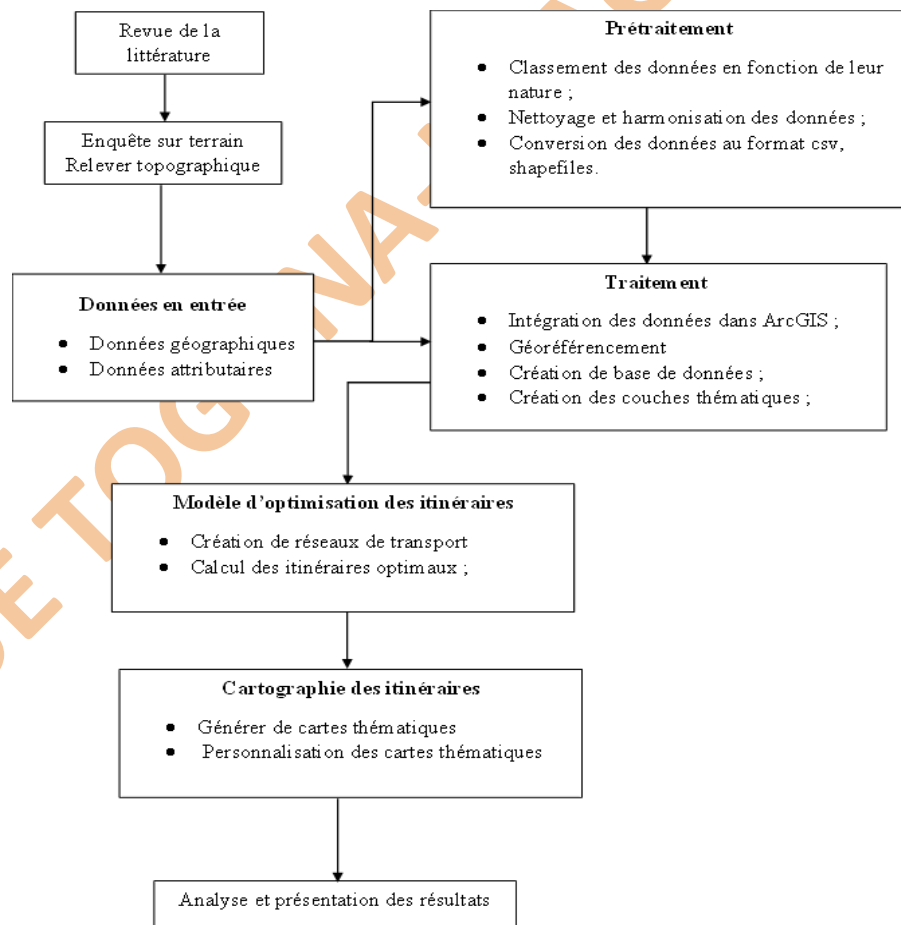
1.3.5. Importation des arrêts ou des interruptions

Les arrêts ou les interruptions représentent l'ensemble des points de congestion potentiels sur nos itinéraires de transport. Pour les intégrer dans notre couche d'analyse d'itinéraire créée précédemment, on a suivi la procédure suivante :

- Accès à l'onglet Route : pour commencer ce processus, accédons à l'onglet "Route".
- Utilisation de l'Outil "Importer des Arrêts" : à l'intérieur de l'onglet Route, localisez l'outil intitulé "Importer des arrêts". Cet outil permet l'ajout des arrêts le long de nos itinéraires.
- Sélection de la Couche des Arrêts : activons l'outil "Importer des arrêts", sélectionnons la couche qui contient les arrêts : Couche « ARRETS_BUS »
- Spécification de l'Ordre des Arrêts : dans cette étape, nous spécifions l'ordre des arrêts en utilisant le champ approprié : champ « *Numéros des arrêts* ».

En suivant cette procédure, il a été importé avec succès les arrêts le long de nos itinéraires dans la couche d'analyse d'itinéraire qui a été précédemment créée. Le diagramme méthodologique présenté dans le graphique n°1 illustre plus l'approche méthodologique utilisée dans cette étude.

Graphique n°1 : Diagramme méthodologique



Source : auteurs, 2022

II. RESULTATS

2.1. Répartition spatiale des arrêts de bus

La répartition spatiale des arrêts de bus est rendue possible grâce aux relevés géographiques de coordonnées rectangulaires de 67 points stationnement de bus lors de la collecte des données. Ces relevés ont permis d'établir une cartographie de répartition spatiale des arrêts de bus. Cette répartition spatiale est présentée dans la figure 3.

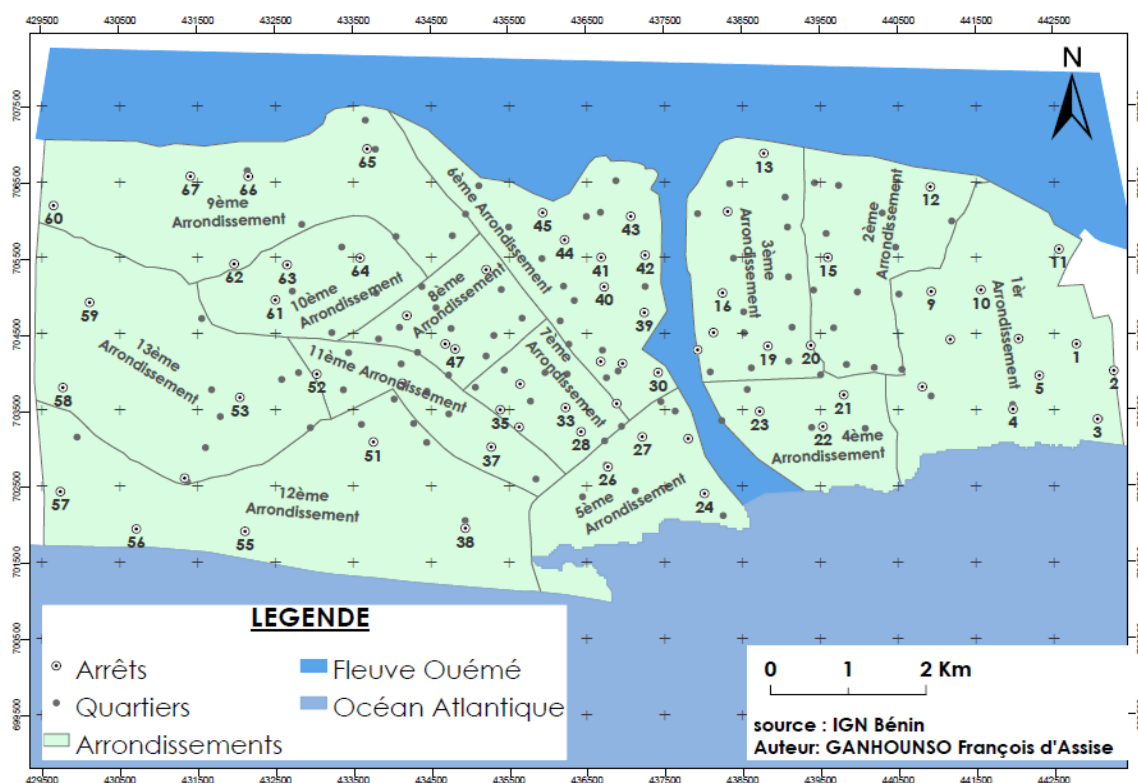
De l'analyse de la carte n°2, on remarque la prédominance des arrêts de bus dans le 1^{er} arrondissement avec 11 arrêts, suivi du 6^e arrondissement avec 9 arrêts, en 3^e position se trouvent les 3^e et 7^e arrondissement avec 6 arrêts chacun. L'arrondissement les moins desservis sont les 2^e, 4^e et 11^e arrondissement avec 3 arrêts chacun.

On remarque aussi une concentration des arrêts vers les centres urbains que vers les périphéries où une répartition disparate est marquée, principalement dans les périphéries Ouest. Ce qui s'expliquerait par une grande concentration de la population et des activités socioéconomiques vers les centres urbains. Cependant, le 1^{er} arrondissement, situé dans la périphérie Est, fait exception à ce constat car il est l'arrondissement qui compte le plus d'arrêts de bus. Ce qui s'expliquerait par son ancienneté qui explique une concentration de population et d'activité économique.

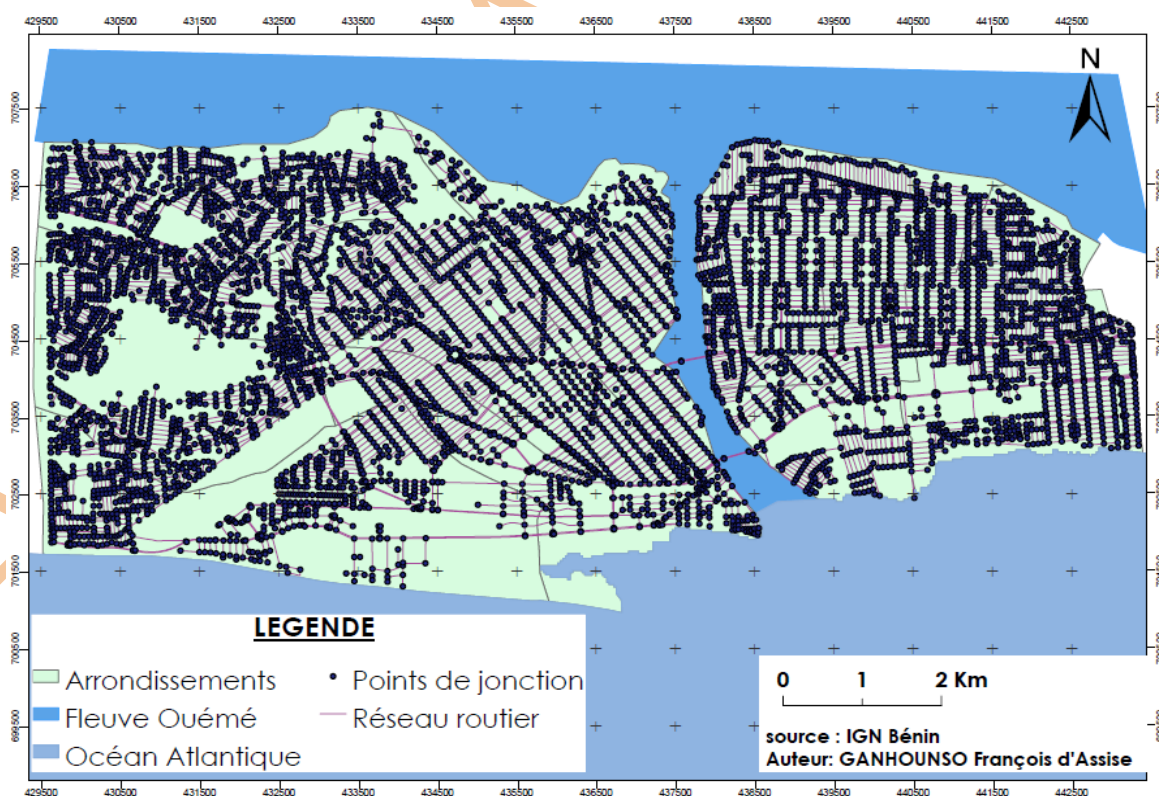
2.2. La jonction du réseau routier

Avant de mettre en place les itinéraires, on a conçu un réseau routier. Ce réseau intègre l'ensemble des routes de notre zone d'étude. Ces routes ont été interconnectées au moyen de points de jonction présents à chaque bout de ligne (route). La carte n°3 offre une présentation détaillée de notre réseau.

Carte n°2 : Répartition spatiale des arrêts de bus dans les arrondissements



Carte n°3 : Carte du réseau de transport



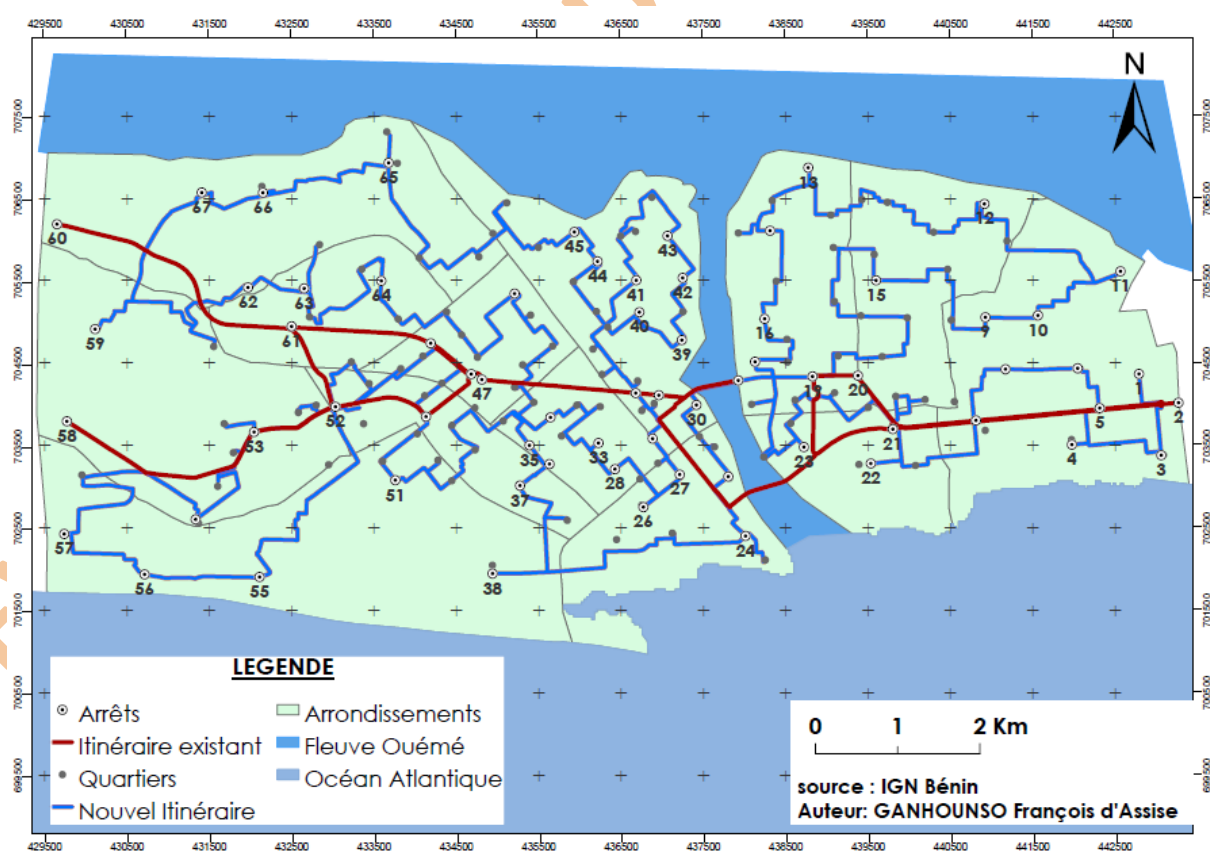
2.3. Création des itinéraires de transports

Suite à l'analyse de la carte d'itinéraire de transport, il est notable que l'itinéraire existant de transport, indiqué en rouge, se concentre sur deux principales entrées de Cotonou et ne couvre pas l'intégralité de notre zone d'étude. Il assure la desserte des secteurs Godomey-Dantokpa et Dantokpa-Porto-Novo. En revanche, l'itinéraire optimisé, désigné comme le "nouvel itinéraire" et marqué en bleu, englobe l'ensemble de notre zone d'étude, desservant tous les quartiers.

Cette observation souligne l'amélioration significative apportée par l'itinéraire optimisé, qui répond aux besoins de transport dans notre zone d'étude. La prise en compte de l'ensemble des quartiers renforce la connectivité du réseau, favorisant ainsi une accessibilité accrue à l'ensemble des quartiers.

La transition vers l'itinéraire optimisé représente une amélioration notable dans la fourniture de services de transport, contribuant ainsi à une meilleure connectivité et à une réponse plus adaptée aux demandes des usagers dans notre zone d'étude. La carte n°4 présente en détail les itinéraires de transport.

Carte n°4 : carte des itinéraires de transport



III. DISCUSSIONS

L'utilisation des SIG dans l'optimisation du transport en commun a fait l'objet de nombreuses études dans différents contextes géographiques. Ces études ont montré que les SIG peuvent améliorer l'efficacité et l'efficience du transport en commun en fournissant des informations précises et en temps réel sur les itinéraires, les horaires, les tarifs et les modes de transport disponibles.

A l'instar de notre étude qui a pu identifier les itinéraires les plus courts dans la commune de Cotonou, l'étude sur « Analyse du réseau routier de la ville de Guwahati à l'aide du SIG » (Das et al., 2019, p 1-11) a aussi eu un résultat similaire au nôtre. De même que le nôtre, elle a élaboré une cartographie du réseau routier de la ville de Guwahati.

Une autre étude sur « Optimisation des itinéraires de transport public par zone dans un réseau urbain » par Arellano and Mahgoub en 2021 a également eu des résultats proches des nôtres. Elle montre que l'utilisation d'un SIG peut permettre de réduire les temps de trajet et d'améliorer l'accessibilité pour les passagers, les nôtres aboutissent aussi au même constat de réduction de temps de trajet et d'amélioration de l'accessibilité pour les passagers.

L'optimisation de la distribution des arrêts de transport public à l'aide d'un SIG a fait l'objet d'une étude sur la ville d'Amman en Jordanie (Maram et Mohammad, 2023). Les résultats s'avèrent aussi proche de nos résultats. L'auteur a évalué la distribution géographique existante des arrêts de bus dans la ville pour évaluer l'accessibilité des transports et déterminer les emplacements optimaux des arrêts de bus à partir d'un ensemble de lieux candidats. Il a utilisé le modèle d'emplacement-allocation d'impédance minimisée pour les problèmes de transport comme méthode d'analyse de réseau pour concevoir une nouvelle distribution d'arrêts de bus. Cette étude comme la nôtre montre aussi que l'utilisation des SIG peut effectivement aider à améliorer l'efficacité des réseaux de transport en commun.

Ces études montrent à quel point l'utilisation du SIG pour optimiser le transport en commun est une stratégie efficace et approuvée dans différents contextes géographiques. La convergence de leurs résultats vers les nôtres peut attester la validité de notre étude. Par conséquent, nos résultats qui suggèrent que l'utilisation d'un SIG pour optimiser le transport en commun à Cotonou, au Bénin, peut aider à améliorer l'efficacité et l'efficience du système de transport en commun dans la commune de Cotonou.

CONCLUSION

Les travaux effectués durant cette étude ont porté sur la conception et sur la mise en place d'un Système d'Information Géographique (SIG) visant à améliorer le réseau de transport en commun à Cotonou. En ayant recours à des approches méthodologiques avancées de la géomatique, nous avons réussi à établir un réseau de transport intégrant l'ensemble des routes de notre zone d'étude.

La création de ce réseau nous a permis de faire une représentation spatiale détaillée des itinéraires de transport en commun dans la ville de Cotonou. L'utilisation de données géospatiales a été essentielle dans la définition des arrêts et des voies pour la couverture de notre zone par notre réseau. Le calcul optimal des itinéraires à l'aide des outils d'analyse de réseau du logiciel nous a permis de réduire les temps de trajet en générant les chemins les plus courts. Les résultats démontrent une amélioration des itinéraires du transport en commun et réaffirment ainsi la valeur ajoutée d'un SIG dans le développement d'une ville.

Concernant la perspective future, cette étude représente non seulement une avancée technique, mais aussi une proposition pratique pour les décideurs et les planificateurs urbains. Le réseau de transport généré par notre recherche offre une base solide pour des interventions stratégiques visant à améliorer la qualité du transport en commun à Cotonou. En d'autres termes, notre étude constituera une référence précieuse pour des recherches futures, notamment : la localisation des casernes de pompiers capables d'intervenir rapidement en cas d'incendie à une adresse spécifique, la création d'une matrice de coût origine-destination pour optimiser la livraison de marchandises des entrepôts vers les points de vente, l'identification des itinéraires optimaux pour une flotte de véhicules exploitée par une société de distribution, afin de livrer efficacement des marchandises d'un centre de distribution à un ensemble de points de vente.

BIBLIOGRAPHIE

ADELOR A. BRICE Cakpo (1999), "*Cartographie prospective par l'outil SIG, des points de regroupement de déchets solides ménagers dans la commune de Cotonou en République du BENIN*".

AKOMAGN Lazare A et al. (2016). "Aspects épidémiologiques et thérapeutiques des fractures des plateaux tibiaux à Cotonou," *Research*, vol. fr3, no. May, pp. 9–12, doi: 10.13070/rs.fr.3.1526

ARELLANO Wilmer, MAHGOUB Imad. (2021) "in an urban network," Springer Berlin Heidelberg, 2021. doi: 10.1007/s12469-020-00242-0.

AWOKOU Hermann. (2021). "Comment se déplacer au Bénin? Voici les moyens de transport empruntés au quotidien - PanierLibre Bénin." Accessed: Oct. 13, 2023. [Online]. Available: <https://panierlibre.com/bj/transport-benin-zemidjan-bus/>

BENICHOU Charaf eddine ; ALAOUI Mokhlis Derkaoui ; FALEH Ali.(2018). "Approche SIG Pour La Modélisation Du Réseau Routier Et La Mesure De L'accessibilité Aux Équipements Publics. Cas De La Ville d'Agadir," *Eur. Sci. Journal, ESJ*, vol. 14, n° 2, p. 38, 2018, doi: 10.19044/esj.2018.v14n2, p 38.

DAS Anil Kr et al. (2019). "Road network analysis of Guwahati city using GIS," *SN Appl. Sci.*, vol. 1, n° 8, pp. 1–11, 2019, doi: 10.1007/s42452-019-0907-4.

DEBAETS Kévin, LARRIVÉE Arnaud.(2017). "Transports : Impacts d' une 2^e ligne de tramway à Tours sur les flux" pp. 1–19.

ISSIAKO Zime Lafia ; DOVONOU Ponce Kévin, VIGNINO Toussaint. (2022). *Et Cotonou Au Benin*, vol. 31, n° 1.

KEITA Moussa Aliou, (2022), Urban sprawl pattern change and driving factors analysis in Bamako district, Mali. Ph.D. Thesis, University of Hohai, Nanjing, 2022

MARAM Alharbi ; MOHAMMAD Hassan. (2023). "Optimizing the Distribution of Public Transportation Stops Using GIS: A Case of Amman City in Jordan." doi: 10.13189/cea.2023.110335.

MOUNCIF Hicham ; BOULMAKOU Azeddine ; INTIS'2014 undefined (2014), "Application SIG et norme GTFS pour la conception d'un système d'information de transport multimodal: une approche SOA pour le calcul des itinéraires," *researchgate.net*, Accessed: Oct. 06, 2023. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Azedine-Boulmakoul/publication/269986573_Innovation_and_New_Trends_in_Information_Systems/links/549b10a30cf2b803713718d0/Innovation-and-New-Trends-in-Information-Systems.pdf#page=125

POOYA Rafiee. (2009) : *Caractérisation systémique des corridors de transport en commun*. Mémoire de maîtrise, Ecole Polytechnique de Montréal.