

Proposition d'un schéma de développement du transport lagunaire de personnes dans la ville d'Abidjan.

DIABATE Lanciné, Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny
NDIAYE, Alassane Ballé, Université Libre de Bruxelles, ULB

Mots-clés : Transport, Planification, Urbanisme, modélisation, environnement.

Les métropoles urbaines d'Afrique Subsaharienne sont confrontées à une crise des transports due à leur forte croissance démographique et urbaine. La ville d'Abidjan s'étend. Les nouvelles zones d'habitats sont de plus en plus éloignées du centre-ville qui concentre l'essentiel des activités. Les transports publics subissent une crise importante. L'offre de transport public actuelle est insuffisante et couvre mal les besoins de la population. Au cours de la dernière décennie, l'État a mis l'accent sur les modes de transport terrestre : ponts, autoroutes. Pourtant, Abidjan bénéficie d'un réseau lagunaire naturel. Dans les cinq dernières années, on a assisté à l'implantation de deux autres entreprises lagunaires en plus de la SOTRA suite à la libéralisation de l'exploitation du plan d'eau lagunaire. Ainsi, l'offre de transport lagunaire a-t-elle été améliorée. Elle demeure cependant faible. Le réseau lagunaire est non intégré.

Cette communication est relative à une recherche dont l'objectif était : (1) d'étudier en détail le transport lagunaire tel qu'il existe à Abidjan, (2) d'élaborer par le biais d'outils de modélisation du transport des scénarios de meilleure exploitation de ce mode sur base d'une analyse de la viabilité économique et fonctionnelle et (3) de proposer un schéma intégré de transport pour la métropole abidjanaise incluant le mode lagunaire.

La recherche a permis de valider le fait que l'exploitation de services de transport lagunaire contribuera fortement à l'amélioration de l'accessibilité des communes, villages et quartiers riverains de la lagune ÉBRIÉ, ainsi qu'un meilleur accès aux emplois et aux services urbains.

La recherche a révélé également (1) qu'il est possible de formaliser ce mode de transport et (2) de l'inclure dans un plan de transport global, intégré et multimodal qui servirait utilement et mieux la métropole abidjanaise. Le transport lagunaire est en effet une alternative permettant de couvrir une part substantielle des besoins de transport de plus de 400 000 voyageurs/j. Outre d'être une alternative économique viable avec des coûts d'investissement relativement modérés, ce mode répond aux besoins de la population en matière de mobilité avec une tarification et des temps de parcours très compétitifs.

1. Introduction

La ville d'Abidjan est aujourd'hui confrontée à l'instar de toutes les grandes villes d'Afrique Subsaharienne à un défi majeur dans le secteur des transports : une population urbaine en augmentation constante qui exige des moyens de transport appropriés.

Depuis le début des années 80, Abidjan a connu une dynamique spatiale et une croissance démographique constante. On note à Abidjan une séparation des fonctions, les emplois étant concentrés dans les quartiers au sud de la ville tandis que les quartiers au Nord constituent une zone résidentielle. Dans un tel contexte, le défi est donc de savoir quels sont les voies et moyens pour rendre les transports publics efficaces et durables.

Cela passe nécessairement par une étude approfondie du système de transport actuel, formel comme informel et la recherche de nouveaux modes de transport. Cela appelle une investigation poussée des méthodes standards actuelles de planification et de modélisation des transports et leur adaptation aux contraintes de ces nouveaux modes potentiels.

L'objectif de la recherche est justement d'effectuer, d'une part, une étude complète du système de transport actuel à Abidjan et d'autre part, d'établir une adaptation des méthodes de planification et de modélisation standards afin d'élaborer des scénarios de transport par voie lagunaire. L'utilité de cette recherche est, in fine, évidente : la mise en lumière d'un nouveau mode de transport, la validation de celui-ci et son incorporation dans le futur plan de transport global afin de permettre à la métropole d'Abidjan d'être outillé pour mieux faire à la crise des transports urbains.

2. Méthodologie

2.1 Aspects théoriques

L'outil de simulation utilisé pour l'évaluation des différents scénarios formulés est le logiciel de modélisation des transports EMME/3 qui implémente plusieurs algorithmes d'affectation (le module 5.31 implémente le *Multipath Transit Assignment* (Spiess et Florian, 1989). Ici, nous allons nous placer dans le cas spécifique des transports collectifs.

Eu égard à l'expérience de la SOTRA en matière de transport lagunaire, et vu que la SOTRA dispose d'un chantier de construction navale (intégré à SOTRA Industrie), nous proposons une vision stratégique tournée vers l'extension du réseau lagunaire SOTRA.

2.2 Présentation de la situation existante

2.2.1 Réseau lagunaire

Le système de transport lagunaire actuel de la SOTRA comporte :

- 4 gares lagunaires (Plateau, Treichville, Abobodoumé, Blockauss) ;
- 3 lignes de bateaux-bus ;
- 28 bateaux-bus.

Suivant la Direction de la Prospective et de l'Informatique (DPI) de la SOTRA, 30 000 passagers sont transportés chaque jour par le service bateau-bus de la SOTRA.

En dehors de la SOTRA, il existe deux autres compagnies de transports lagunaires :

- STL qui transporte 12.000 passagers,
- AQUALINES qui transporte 11.000 passagers par jour.

2.2.2 Contraintes

a) Bathymétrie de la lagune Ébrié (MONDE Sylvain et al., 2007)}

Des recherches ont été menées sur la bathymétrie de la lagune ÉBRIÉ (MONDE Sylvain et al., 2007). La carte bathymétrique (voir fig. 1 carte bathymétrique) permet d'examiner la navigabilité de la lagune ÉBRIÉ par la connaissance des profondeurs.

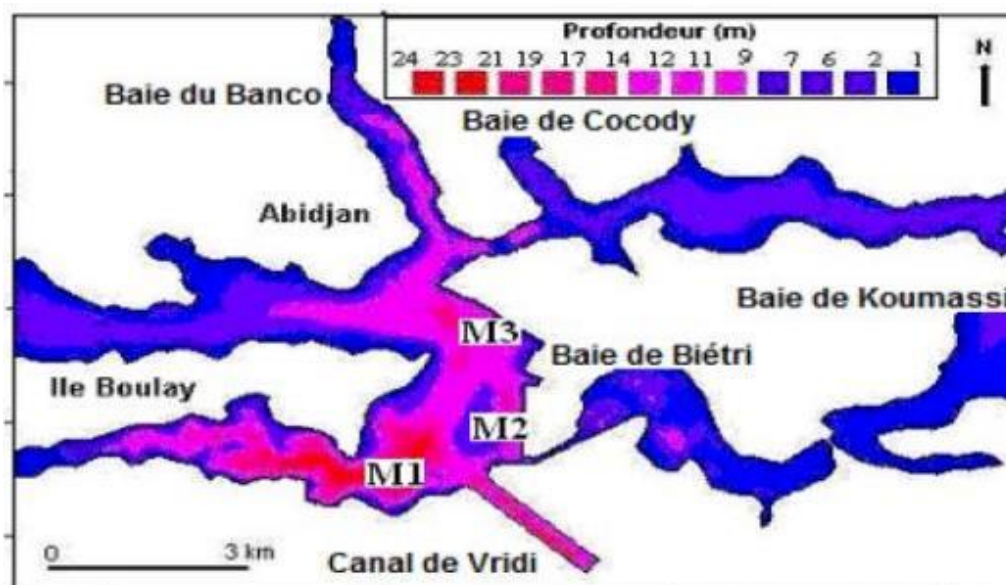


Fig. 1 — Carte bathymétrique de la lagune Ébrié (Source : MONDE Sylvain et al., 2007)

Suivant l'étude bathymétrique ci-dessus, les tirants d'eau varient de 2,50 à 4,70 (MONDE Sylvain et al., 2007). Ces tirants d'eau le long du chenal de navigation sont suffisants du point de vue de la navigation des bateaux-bus SOTRA actuels. La conception de navires de plus grandes tailles doit respecter les contraintes liées au tirant d'eau du chenal de navigation.

b) Tirants d'air

Le réseau actuel de la SOTRA démontre que les tirants d'air imposés par les différents ponts de la ville d'Abidjan permettent la circulation des bateaux-bus SOTRA (voir figure 2).



Fig 2 — Bateau bus SOTRA en route pour la gare lagunaire de Locodjoro.

1.3 Conception du système de transport lagunaire à l'horizon 2040

1.3.1 Proposition d'une méthodologie

La littérature ayant trait à la conception des réseaux de transport public se focalise sur les réseaux de transport terrestre (Transportation Research Board National Research Council. (2000), 2000 ; KUTZ, 2004). En partant de ces acquis, nous proposons dans ce chapitre une méthodologie propre au transport urbain par voie d'eau. Cette méthodologie est appliquée à la conception d'un schéma de développement du transport lagunaire jusqu'à l'horizon 2040. Ce schéma constitue notre vision de l'évolution des transports lagunaires à long terme dans le District Autonome d'Abidjan et notre contribution à la réflexion sur l'exploitation du plan d'eau lagunaire en matière de transport urbain.

a) Règles de base

Concevoir signifie faire certains choix au regard des attentes de la population qui souhaite une meilleure accessibilité et des intérêts de la SOTRA. Pour aider le concepteur, nous exposerons la méthode de conception qui comprend un certain nombre de règles de base. Certaines valeurs sont attribuées aux différentes variables et le concepteur est libre d'utiliser ou de rejeter ces valeurs. En fonction de l'échelle, nous avons défini les valeurs optimales suivantes :

- Le nombre et la taille des communes auxquelles le réseau est censé se connecter
- La distance de voyage prévu sur le réseau
- La distance souhaitée entre les points d'accès
- La distance souhaitée entre le centroïde des zones bâties et les points d'accès.
- Le facteur de détour acceptable (la distance parcourue sur le réseau divisée par la distance à vol d'oiseau).

Ces variables déterminent dans une large mesure les caractéristiques du réseau. Par ailleurs, les sessions de conception qui ont eu lieu jusqu'ici ont montré que ces variables sont fortement interconnectées suivant l'échelle. Les combinaisons incompatibles de valeurs pour ces variables conduisent à l'inefficacité du réseau. Les valeurs optimales (dérivées de la vitesse de conception pour chaque niveau d'échelle) dépendent des circonstances locales.

b) La méthode de conception étape par étape

Nous expliquons ci-dessous la méthode de conception du réseau de transport lagunaire SOTRA (un réseau collectif) à l'échelle de l'agglomération abidjanaise en partant du schéma directeur du GRAND ABIDJAN et la prévision des points de correspondance où les réseaux terrestres et lagunaires seront connectés. Les deux indicateurs de performance à prendre en compte dans la mise en place du réseau sont l'accessibilité et la mobilité. En raison des contraintes liées aux transports collectifs, la position des points d'accès aux systèmes collectifs est très importante. Les systèmes de transport collectif n'offrent pas la flexibilité des systèmes individuels. Le réseau lagunaire dans l'agglomération devra être fonction du système de localisation (zones d'emploi, zones résidentielles, zone de loisir). Ce qui implique l'élaboration d'un Système d'Information Géographique dédié au transport (SIG-T). Les trois dimensions de la lagune devront être prises en compte (contraintes) :

- Une carte en deux dimensions définissant les différents contours de la lagune ;
- Les relevés bathymétriques effectués au sein du bassin lagunaire.

Nous avons ainsi défini six (6) étapes lors de la conception du réseau collectif de transport lagunaire :

Étape 1 : La conception d'un Système d'Information Géographique (SIG) du District Autonome d'Abidjan.

Le système de Localisation du District autonome d'Abidjan et le système de transport (avec l'existant et les projets d'extension) seront matérialisés sur des cartes qui vont servir de base à la conception de notre système de transport lagunaire futur (voir figure 3).

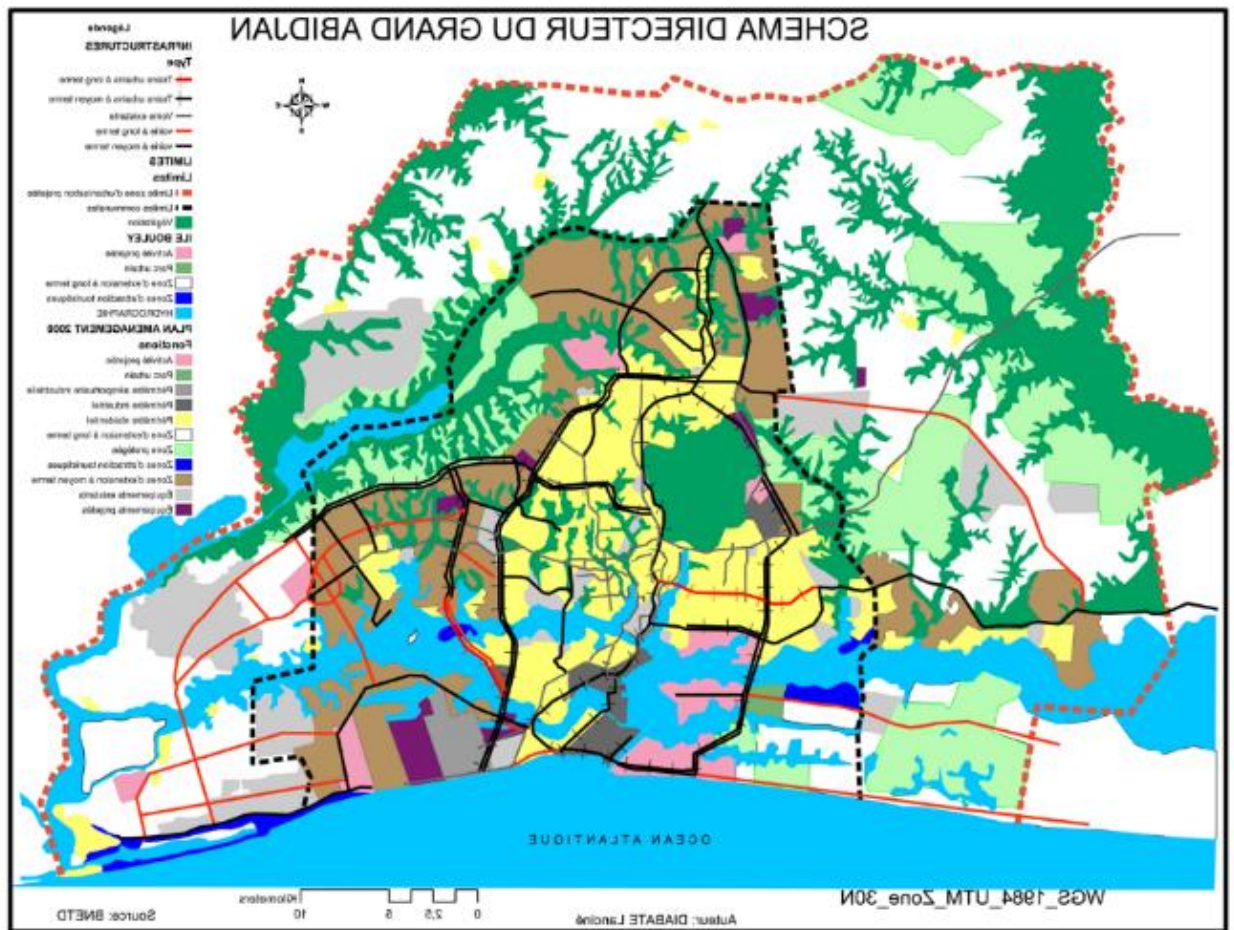


Fig. 3 — Schéma directeur du Grand Abidjan

Étape 2 : Étudier l'aménagement du territoire étudié.

À cette étape, nous étudions le zonage de l'agglomération abidjanaise et les limites de la lagune EBRIE (voir figure 3 - schéma directeur du GRAND Abidjan). Nous prenons en compte le fait que plus de 60 % des emplois dans l'agglomération sont actuellement concentré dans la commune du Plateau et à Abidjan SUD. Le schéma directeur du Grand Abidjan prévoit une création de nouvelles zones résidentielles au Nord (vers Anyama), à l'Ouest (vers la ville de SONGON), à l'Est vers Bingerville. Les nouvelles zones d'emplois sont majoritairement prévues dans la zone industrielle du Port et à proximité de l'Aéroport International d'Abidjan. À l'exception des communes d'Abobo, d'Anyama et d'Adjamé, les autres communes incluses dans le schéma directeur du Grand Abidjan sont riveraines de la lagune.

Étape 3 : Définir la hiérarchie des communes faisant partie du GRAND Abidjan.

En considérant la taille de l'agglomération abidjanaise (Distance de déplacement compris entre 10 et 50 km), l'espacement idéal de deux nœuds consécutifs du réseau lagunaire (Réseau de transport collectif de type C-2) doit être compris entre 2 et 5 m (Kutz, 2004).

Le positionnement des gares lagunaires doit tenir compte du réseau de bus SOTRA existant afin d'établir une correspondance entre les deux réseaux.

Dans cette étape, le nombre et l'importance des nœuds (Communes) du réseau (en termes de population et de type d'activités) destiné à se connecter sont utilisés pour définir les points d'accès, et dans quel ordre d'importance. Les nœuds sont sélectionnés et indiqués dans le Système d'information Géographique et ensuite sur une carte. L'agglomération abidjanaise est divisée en communes. Nous ne prendrons en compte que les flux de déplacement entre les communes (voir figure 4).

Nous commencerons la conception de notre réseau lagunaire par le positionnement des gares lagunaires en tenant compte de l'état des lieux. Au nom du principe de l'équité, nous proposons la construction d'au moins une gare lagunaire dans chacune des communes du District Autonome d'Abidjan riveraines de la lagune Ébrié. L'étude de la répartition spatiale des fonctions urbaines dans la ville d'Abidjan nous révèle que 60 % des emplois sont situés au sud de la ville (Plateau, Treichville, Marcory, Koumassi et Port-Bouët) qui compte 30 % de la population (voir carte fonctionnelle d'Abidjan). Il est donc opportun de s'intéresser aux liaisons entre les communes situées au nord du District Autonome d'Abidjan et les communes au SUD. La ville de Grand-Bassam, première capitale de la Côte d'Ivoire, qui est une zone d'extension de l'habitat à moyen et long terme est prise en compte dans notre réseau lagunaire. En outre, c'est une ville touristique classée au patrimoine de l'UNESCO.

Nous nous focaliserons sur le développement du réseau lagunaire SOTRA parce que la Société des Transports Abidjanais (SOTRA) - une société d'État - a le réseau lagunaire le mieux organisé et possède en son sein une usine de montage et carénage de bateaux-bus (SOTRA Industrie).

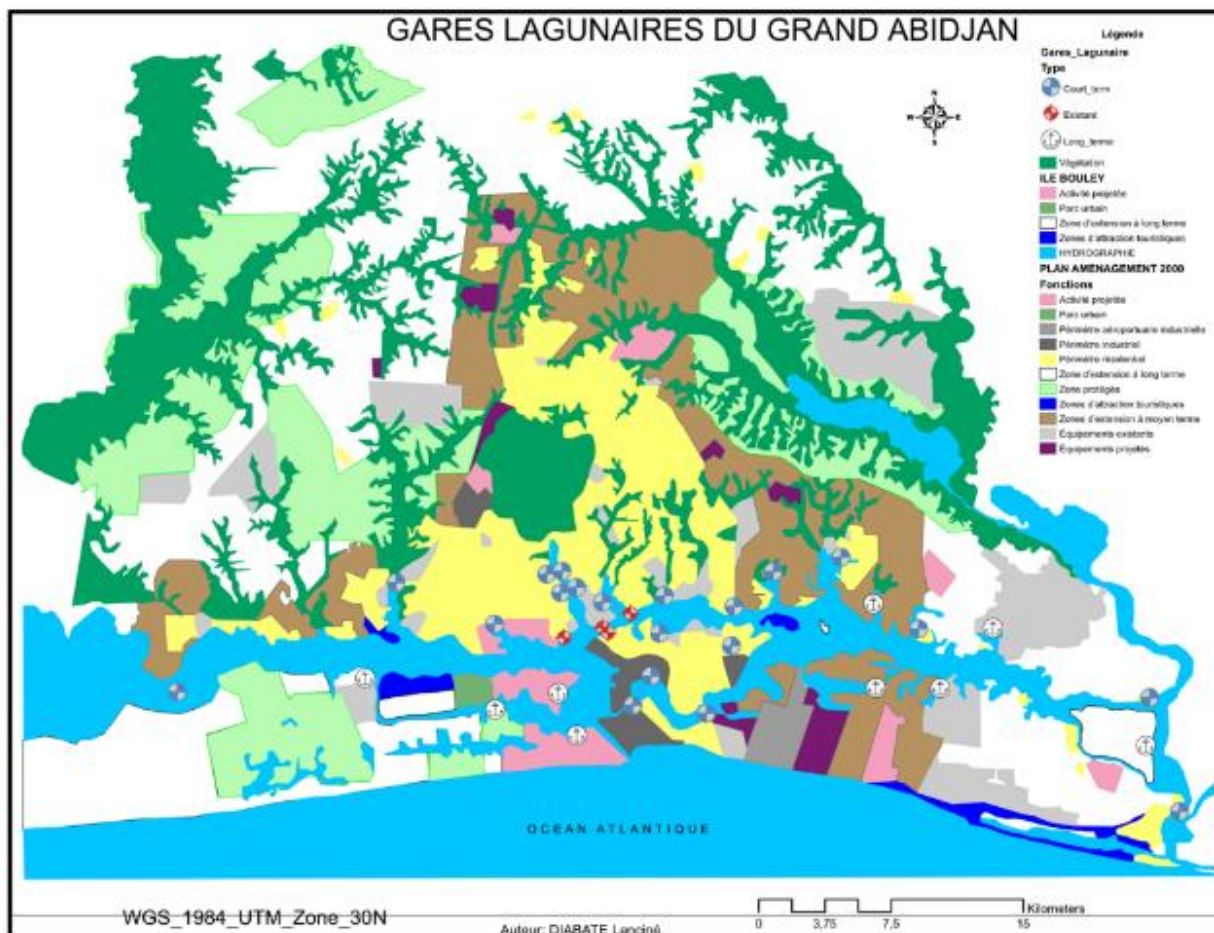


Fig. 4 — schéma de positionnement des nœuds sur le Schéma Directeur du Grand Abidjan

Suite à l'analyse de l'existant, nous estimons que les lieux les mieux indiqués pour aménager des gares lagunaires en correspondance avec le réseau terrestre de la SOTRA sont mentionnés dans le tableau 1 et représentés à la figure 4.

N°	Implantation	Nature
1	Abobo Doumé	Lagunaire + terrestre
2	Locodjoro	Lagunaire + terrestre
3	Carena Lagunaire	Lagunaire
4	Plateau	Lagunaire + terrestre
5	Treichville	Lagunaire + terrestre
6	Riviera II	Lagunaire + terrestre
7	Blockauss	Lagunaire + terrestre
8	Marcory	Lagunaire + terrestre
9	M'Pouto	Lagunaire + terrestre
10	Pont de Vridi	Lagunaire
11	Zone 3	Lagunaire + terrestre
12	Mossikro	Lagunaire + terrestre
13	Boribana	Lagunaire
14	Songon	Lagunaire
15	Adouin	Lagunaire
16	Adiopo Doumé	Lagunaire + terrestre
17	Béago	Lagunaire
18	PAA extension 1	Lagunaire
19	PAA extension 2	Lagunaire
20	Koumassi	Lagunaire + terrestre
21	Akwaba	Lagunaire
22	Akouedo	Lagunaire + terrestre
23	Moossou	Lagunaire
24	Bingerville	Lagunaire + terrestre
25	Abouabou	Lagunaire
26	Akoué Anan	Lagunaire + terrestre
27	Akoué Agban	Lagunaire + terrestre
28	Bregbo	Lagunaire
29	Île Vitré	Lagunaire
30	Abra	Lagunaire
31	Cocoteraie	Lagunaire + terrestre
32	Île Bouley	Lagunaire + terrestre
33	Stade Félix Houphouët Boigny	Lagunaire

Tableau 1 : Proposition de gares lagunaires

Étape 4 : Concevoir les connexions souhaitées.

Pour avoir un réseau connexe, nous concevons un modèle inspiré par le *système nerveux humain* ou par *l'arrêt de poisson* . Toutes les gares lagunaires sont connecté à un axe principal.

Les connexions souhaitées sont représentées sur la carte, selon les règles suivantes :

- Définir les axes principaux de navigations à partir de la vue en plan de la lagune (voir figure 5) (Pont de Jacquville – Treichville — île Désiré —Grand-Bassam et Mossikro — Port Autonome —Pont de Vridi — Biétri —Akwaba)
- Connecter les nœuds aux axes principaux.

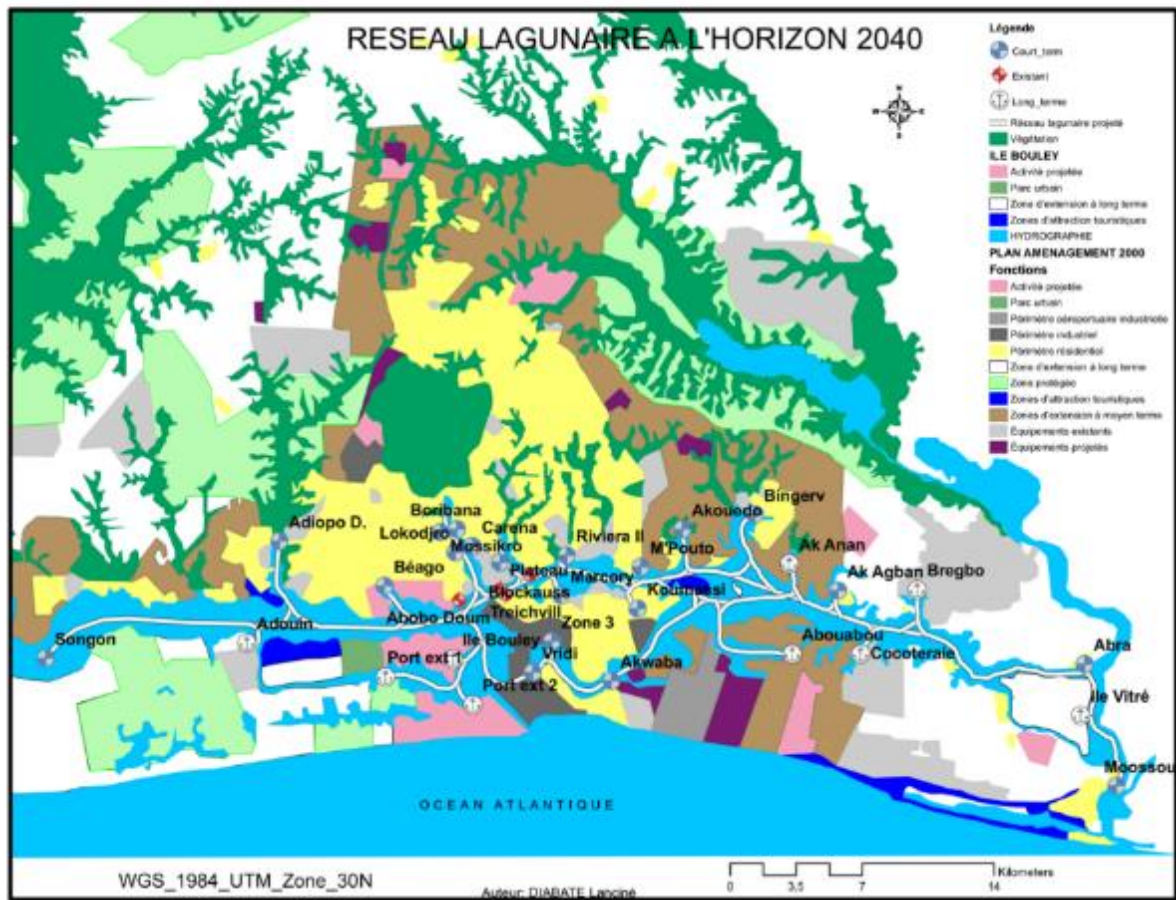


Fig. 5 : Proposition de réseau en 2040

Étape 5 : Concevoir les lignes de bateau bus

C'est l'étape la plus difficile et la plus intuitive dans le processus de conception. Les connexions souhaitées doivent être traduites en un réseau efficace avec la bonne densité. Les points d'accès doivent être mis aux bons endroits. Dans le réseau collectif lagunaire, les arrêts doivent être dans les zones d'activité de l'agglomération et dans les zones résidentielles.

Dans le cas d'Abidjan, l'île de Petit Bassam (composée des communes de Treichville, de Marcory et de Koumassi) et la commune du Plateau vont servir de Hub pour notre réseau parce que ces zones concentrent l'essentiel des activités de la ville (port, commerces, industries, services). À partir de ce hub, nous avons d'abord défini le réseau orienté vers l'Ouest (vers Yopougon et Songon) et ensuite le réseau orienté vers l'Est (Cocody, Port-Bouet et Grand-Bassam). Nous avons ensuite prévu, autour de l'île de Petit Bassam, une ligne Rcade reliant les communes de Port-Bouet, de Koumassi, de Marcory, du Plateau et de Treichville. Le réseau lagunaire résultant de cette approche a été reporté sur la carte du schéma directeur du Grand Abidjan (voir figure 6).

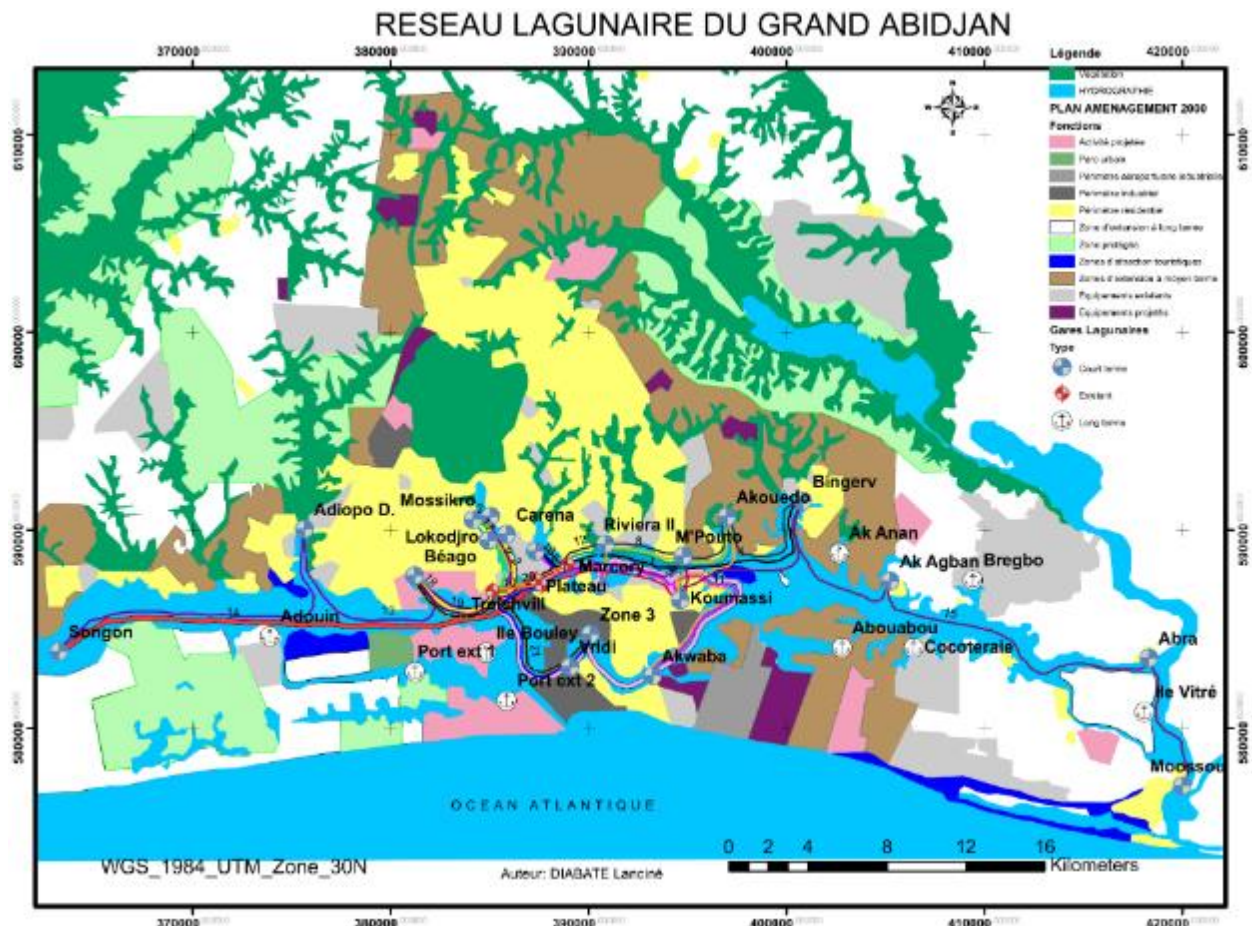


Fig. 6 : Définition des lignes de bateaux-bus

L'analyse de l'existant (la répartition des fonctions dans l'espace), et des données fournies par l'enquête *bateaux-bus* réalisée par la SOTRA en 2007 nous conduit à proposer un réseau étendu à l'ensemble du District Autonome d'Abidjan dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Trente-trois (33) gares lagunaires ;
- trente (30) lignes,
- longueur d'une ligne : elle varie entre 500 m et 30 km,
- temps de parcours d'une ligne : il varie entre 4 min et 1 h 30 min,

Le réseau bateaux-bus projeté est composé de trente (30) lignes reliant trente-trois (33) gares dont les 4 gares lagunaires existantes. Les lignes lagunaires existantes de la SOTRA sont intégrées à ce réseau (lignes 501, 502 et 503).

Proposition de liaisons

L'exploitation des résultats de l'enquête et l'analyse de l'existant nous ont permis de proposer la création de dix-neuf (19) nouvelles lignes lagunaires pour répondre aux besoins des clients. La demande journalière potentielle est estimée à 880 000 voyageurs environ susceptibles de se déplacer quotidiennement à court terme.

Dans le tableau 2 figurent les détails sur la desserte, les itinéraires, la longueur des lignes et la durée des différents trajets.

Le réseau lagunaire passe de 3 à 22 lignes et s'étend sur plus de 50 km de Songon (à l'Ouest) à Grand-Bassam (à l'Est).

Ce réseau à court terme de vingt-deux (22) lignes va servir de base lors de la phase de modélisation avec le logiciel EMME/3.

Étape 6 : Définition de fréquence par défaut en utilisant la matrice O-D.

Les fréquences initiales utilisées lors des simulations sont définies à partir de la demande en transport sur chaque ligne.

c) Choix du type de navire de transport de passagers

Le tirant d'eau le long du chenal de navigation de la lagune ÉBRIÉ, variant de 2,50 à 5,00 m, est suffisant du point de vue de la navigation des bateaux-bus SOTRA actuels. Le bateau-bus de type SOTRA est adapté à la navigation sur la lagune ÉBRIÉ parce que respectant les contraintes liées au tirant d'eau et au tirant d'air imposé par les trois (3) ponts existants. La SOTRA a en outre une expertise en matière de construction de bateaux-bus.

Ligne	Description	Itinéraire	Longueur	Temps (min)
1	Abobodoumé — Akouedo	Abobod. — Blockhaus —Riviéra —Akouedo	18,13	55
2	Akouedo - Akwaba	Akouedo-Koumassi-Akwaba	18,73	57
3	Plateau - Bingerville	Plateau-Block.-Riviéra-Akouedo-Bingerville	24,63	75
4	Boribana - Songon	Songon-Adiopodoumé-Béago-Abobod.-Boribane	37,46	113
5	Songon - treichville	Songon-Plateau-treichville	19,2	58
6	Moossou - Plateau	Moossou-Abra-Akpan Anan-Binger-M’Pouto-Koumassi-Treich.-Plateau	53,3	161
7	SFHB - Zone 3	SFHB-Treich.-Plateau-Vridi-Zone 3	13,55	41
8	Béago - Treichville	BéagoPlateau-Treichville	8,28	25
9	Béago - Zone 3	Béago-Abobod.-Vridi-Zone 3	15,31	46
10	Plateau - Abobodoumé	Plateau — Abobodoumé	27,71	9
11	Abobodoumé — treichville	Abobodoumé — treichville	2,98	10
12	Treichville-Blockoss	Treichville-Plateau-Blockoss	2,32	8
13	Mossikro - Boribana	Mossikro - Boribana	0,89	3
14	Mossikro - Treichville	Mossikro-Locodjoro-Plateau- Treichville	7,13	22
15	Plateau - Bingerville	Plateau-SFHB-Blockaus-Bingerville	19,43	59
16	SFHB — Akwaba	SFHB-Marcory-Koumassi-Akwaba	22,82	69
17	Blockauss — Koumassi	Blockaus-Riviéra-Akouedo-Koumassi	11,05	34
18	Plateau — Koumassi	Plateau-Treichville-Koumassi	8,73	27
19	Marcory — Akouedo	Marcory-Riviera-M’Pouto-Akouedo	13,95	43
20	Boribana - Abobodoumé	Boribana-Mossikro-Locodjoro-Abobodoumé	38,84	118
21	Rocade Petit-Bassam	Akwaba-Koumassi-Marcory-Treich.-Plateau-Vridi-Zone 3 — Akwaba	7,96	25
22	Béago — CARENA	Béago-Abobodoumé-CATENA		

Tableau 2 — Proposition de ligne de bateau-bus

3. Résultats

3.1 Modélisation du système de transport lagunaire

3.1.1 Présentation du projet de modélisation

Le modèle développé dans ce chapitre s'inscrit dans le cadre de notre réflexion sur le développement du transport lagunaire de personnes dans la ville d'Abidjan. Les objectifs sont les suivants :

- Le développement d'un modèle de trafic lagunaire à l'échelle de l'agglomération abidjanaise (spécification du réseau, affectation, étude des flux résultants...);
- développement et/ou l'adaptation de Logiciels spécifiques (dans notre cas l'adaptation d'un logiciel tournée vers la planification des transports terrestres au système atypique des transports lagunaires dans le District Autonome d'Abidjan);
- certains développements méthodologiques (recherche, rédaction d'un guide de modélisation...).

Les ouvrages de modélisation des transports consultés (Sheffi, 1985 ; Ortuzar & WILLUMSEN, 1994; INRO, 2007) traitent dans leur quasi-totalité de transport routier. Nous avons adapté le modèle à quatre étapes implémenté avec le logiciel EMME au transport lagunaire en tenant compte des particularités de ce système de transport, notamment : la largeur de la lagune suivant différentes sections permet d'éviter les problèmes de congestion sur la lagune avec la circulation de moins de 200 bateaux bus. Nous supposons donc que le temps de parcours de chaque arc est fonction uniquement de la vitesse moyenne pratiquée et de la longueur de l'arc.

Nous avons aussi tenu compte des similitudes entre le réseau routier et le réseau lagunaire : la circulation sur la lagune comme sur la route se fait à droite (DÉCRET N° 68-489/MTP/PA - TITRE VI).

a) Base de données EMME

La base de données de EMME (voir figure 7) est constituée de :

- L'offre en transport : les réseaux de transport
- La demande en transport : matrice O-D
- Les fonctions : volume-délai, temps d'embarquement...

Le réseau de base dans le logiciel EMME représente l'infrastructure physique d'une région. Comme beaucoup de plates-formes à grande échelle, le réseau de base EMME comprend un ensemble de nœuds et d'arc de connexion. Chaque arc a un ensemble d'attributs, y compris un identifiant unique.

Emme database

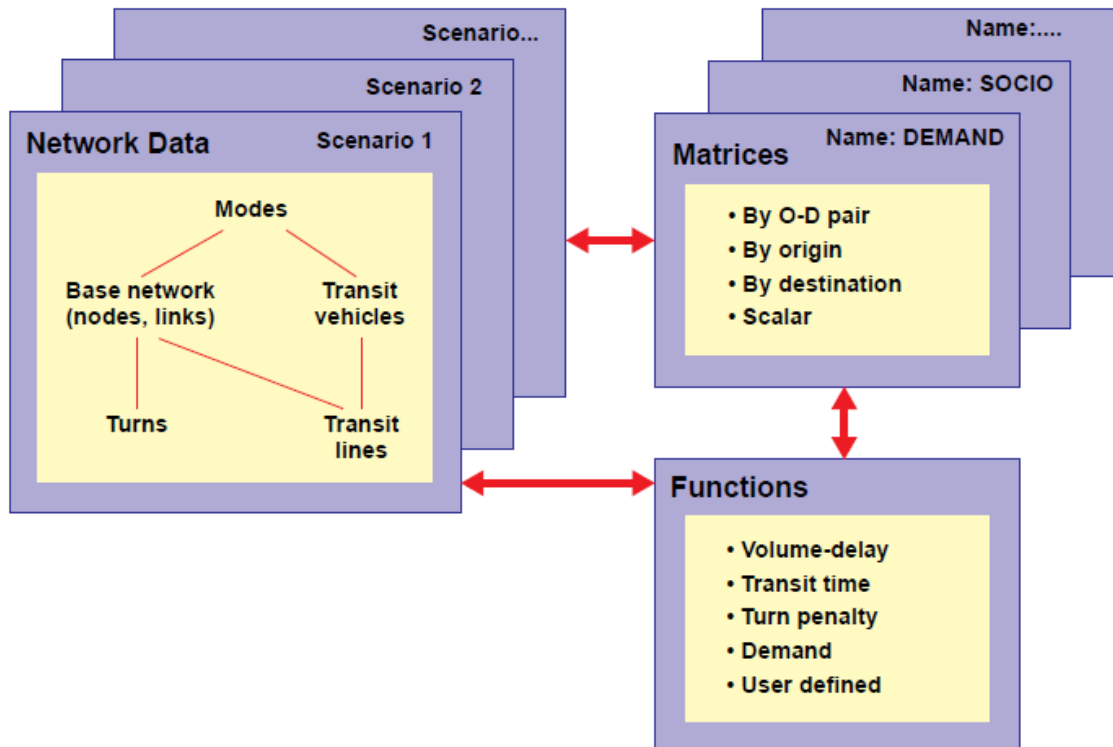


Figure 7 — Composition de la base de données de EMME3 (Source : INRO)

b) Modélisation de l'offre en transport

Zonage

Le Zonage utilisé par la SOTRA lors de l'enquête bateau 2007 est constitué des différentes communes du District Autonome d'Abidjan.

Dans le cadre d'une modélisation multimodale avec plusieurs modes motorisés et portant sur l'ensemble de ville d'Abidjan, des zones de plus petite taille auraient été nécessaires. Compte tenu des objectifs poursuivis dans notre thèse qui vise à proposer un modèle de transport lagunaire et étant donné que nous visons les déplacements intercommunaux, nous adoptons ce zonage.

Modélisation du réseau bateaux-bus

La première particularité du projet est peut-être qu'il a pour objet l'étude d'un territoire relativement grand, à l'échelle d'une agglomération. Cela a pour conséquence que le niveau de précision du modèle a dû être adapté à cette échelle, et qu'il est bien différent par exemple de celui qui est généralement requis pour la modélisation du trafic en zone urbaine.

Et puisque nous parlons des zones urbaines, précisons que dans le cadre de ce projet celles qui se trouvent sur le territoire étudié ont été agrégées, c'est à dire regroupé en un ou éventuellement en plusieurs centroïdes. Cette représentation des zones urbaines a été construite en parallèle avec la sélection des arcs et des nœuds formant le réseau :

- les arcs regroupent les axes de navigations qui ont été sélectionnés sur base - notamment - de la topologie de la lagune ÉBRIÉ ;
- l'ensemble des nœuds est constitué des intersections d'arc (carrefours, jonctions) et des centroïdes.

Nous avons construit l'architecture du réseau lagunaire en nous basant sur les prévisions en matière d'aménagement du territoire étudié (voir figure 5) : le Grand Abidjan. Nous avons modélisé le réseau en tenant compte des éléments suivants :

- Le croisement sur la lagune se fait à droite selon la réglementation en vigueur et le dépassement se fait à gauche ;
- La lagune ÉBRIÉ constitue un ensemble connexe ;
- En matière de transport lagunaire, une embarcation peut joindre directement deux points quelconques du réseau sans passer par un terminal intermédiaire, contrairement au réseau d'autobus où tous les arrêts sont placés sur une infrastructure linéaire.

Le réseau de transport public est différent de celui des voitures privées. Il comprend des tronçons de lignes entre deux gares lagunaires où circulent des bateaux bus. Le concept de capacité d'une ligne est désormais lié à la capacité de chaque unité (bateau bus) et sa fréquence correspondante. Le temps de voyage est composé du temps passé dans le bateau ainsi que du temps d'attente aux terminaux et la marche vers et depuis ces terminaux.

À Abidjan, les services de transports publics utilisent en général les liaisons routières. Le service de transport lagunaire opère pratiquement en site propre sur le plan d'eau de la lagune ÉBRIÉ. La voie d'eau ici est totalement différente des routes constituées de voie de circulation dont la largeur est prédéfinie. La largeur de la lagune varie de 200 m à plus d'un (1) kilomètre suivant ses différentes sections ; ce qui offre une plus grande liberté de circulation.

La figure 8 présente le réseau lagunaire modélisé dans le logiciel EMME/3. Les centroïdes sont représentés par des cercles rouges. Les centroïdes ont été rattachés aux différentes gares lagunaires puisque nous nous focalisons ici sur le transport lagunaire.



Figure 8 : Modèle de réseau lagunaire visualisé avec EMME

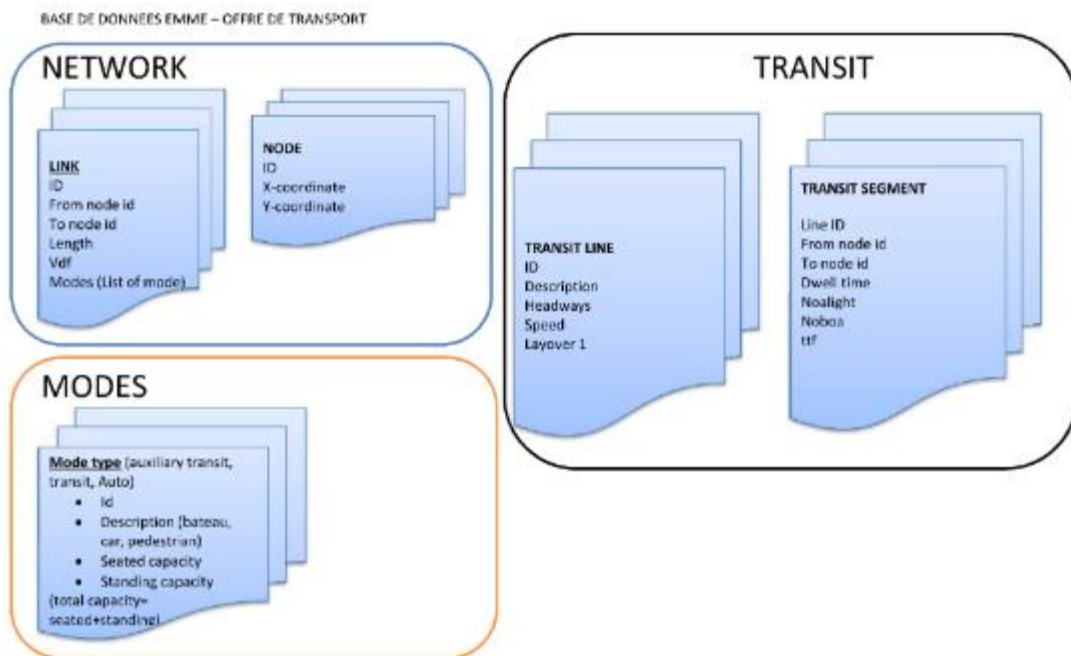


Figure 9 : Structure de la base de données EMME

La structure de la base de données de EMME3 est donnée par la figure 9. Dans cette base de données, il faut encoder :

- Les modes utilisés (pédestre, bateau bus, Véhicule particulier...);
- L'infrastructure ;
- Les lignes de transport en commun.

Encodage des lignes de transport

L'encodage des lignes de transport se fait suivant les tracés déterminés lors de la conception du réseau avec le logiciel ARCGIS (voir figure 6). On utilise le graphe orienté de la figure 8. L'interface utilisateur graphique facilite l'encodage des données. Les lignes définies à la figure 6 se décomposent en deux lignes parallèles de sens opposés et ayant la même fréquence.

La Définition des coûts généralisés — Fonction volume-délai

Dans le cadre de l'affectation des flux de passagers sur un réseau de transport public, le coût généralisé de déplacement peut être défini comme suit (Ortuzar et al., 1994) :

$$C_{ij} = a_1 t_{ij}^v + a_2 t_{ij}^w + a_3 t_{ij}^t + a_4 t_{ij}^n + a_1 \delta^n + a_5 F_{ij}$$

où

t_{ij}^v est le temps de voyage à bord du véhicule entre i et j,

t_{ij}^w est temps de marche vers et à partir des arrêts (stations),

t_{ij}^t est le temps d'attente aux arrêts,

t_{ij}^n est le temps d'échange,

δ^n est une « pénalité » intrinsèque ou résistance à l'échange, mesuré en unités de temps (généralement autour de 5 min généralisée),

F_{ij} est le tarif exigé pour voyager entre i et j,

a_1 à a_5 sont des coefficients associés à des éléments de coût généralisé ci-dessus.

Habituellement soit a_1 ou a_5 est égal à 1,0 afin de mesurer les coûts généralisés en temps ou en unités monétaires, respectivement. Encore une fois, a_2 , a_3 et a_4 sont représentés très souvent par le double ou le triple de la valeur de a_1 puisque les passagers apprécient moins une minute passée à marcher ou attendre qu'une minute passée à voyager à bord du véhicule (Ortuzar et al., 1994).

En termes de modélisation, le logiciel devrait être capable de gérer ces variables et de produire de bonnes estimations de chacun des composants du temps (en véhicule, à pied, en attente, transfert) s'ils ne sont pas fournis.

Dans le véhicule, le temps de voyage dépend de la vitesse pouvant être atteinte et du nombre et de la durée des arrêts en cours de route ; temps, qui dépend de la proximité du meilleur arrêt, est dans certains cas approximées par une valeur moyenne pour toute la zone ; le temps d'échange dépend de la configuration station/arrêt et de leur séparation ; le temps d'attente dépend essentiellement de la fréquence du service et la fiabilité. Une formulation générale pour le temps d'attente est:

$$t^t = \frac{h^2 + \sigma^2}{2h}$$

où h est le temps entre deux véhicules qui suivent sur la ligne et σ — son écart-type (moins un service est régulier, plus grand est le temps d'attente prévisible). Cette formulation suppose que les passagers arrivent au hasard à l'arrêt et qu'aucun passager ne soit dans l'impossibilité de monter à bord du prochain bus en raison du manque d'espace. Ce problème de « congestion de bus » est difficile à résoudre, mais les algorithmes incapables de le résoudre auront tendance à produire des charges irréalistes en termes de capacité de service réelle, voir De Cea et Fernandez (1989). Si le service est parfaitement régulier, soit $\delta = 0$, alors le temps d'attente prévisible est la moitié du temps s'écoulant entre le passage de 2 bus. On sait, cependant, que si la fréquence du service est faible, les passagers vont essayer d'arriver quelques minutes avant le prochain départ, créant ainsi une limite supérieure pour le temps d'attente prévu de peut-être 5 à 10 minutes ; le comportement des passagers dépendra de la fiabilité du service.

On suppose que chaque passager ait une connaissance parfaite du réseau. Chaque passager cherche à minimiser le coût généralisé de son déplacement entre une origine i et une destination j . Ici, les origines et les destinations des déplacements étant matérialisées par les centroïdes. Pour effectuer les affectations de flux de passagers à partir de l'algorithme développé par Spiess et Florian, nous avons utilisé les paramètres suivants :

- Le temps d'embarquement: 6 minutes. Ce temps est issu de nos observations aux différentes gares lagunaires.
- Facteur du temps d'attente: 0,5. Au regard des dimensions de la lagune et du nombre de bateaux bus mobilisés sur le réseau (moins de 200 unités), nous pouvons supposer que le service sera régulier.

La fonction volume-délai permettant de calculer le temps de voyage à bord d'un bateau-bus que nous avons encodé dans le logiciel est la suivante:

$$t_a = \frac{L_a}{V_{moyenne\ bateau}}$$

t_a : temps de parcours de l'arc a

L_a : longueur de l'arc a

$V_{moyenne\ bateau}$: Vitesse moyenne des bateaux bus.

Au regard des dimensions de la lagune et du nombre de bateaux bus mobilisés sur le réseau (moins de 200 unités), nous pouvons supposer que le temps de voyage sur un arc est uniquement fonction de la longueur de l'arc et de la vitesse du bateau, contrairement aux fonctions volume-délai sur les corridors routiers beaucoup plus étroits. Sur les routes, le temps des parcours des tronçons est fonction du flux de trafic.

Fréquence

En première approximation, nous avons déterminé les fréquences sur une ligne donnée en fonction des flux circulant entre les terminus de cette ligne:

$$T_{min} = \frac{60}{\frac{\phi_{horaire}}{C_{bateau\ bus}}}$$

avec

T_{min} : fréquence en minutes

$\phi_{horaire}$: Flux horaire

$C_{bateau\ bus}$: Capacité du bateau bus.

La fréquence la plus élevée est 6 minutes. Ce qui donne une distance minimale entre deux (2) bateaux bus sur la même ligne est de 2 km.

c) Modélisation de la demande de transport

Constitution de la matrice O-D

Estimation de la demande

La matrice qui a été utilisée est la matrice Origine-destination issue de « l'enquête bateau 2007 », qui a été fournie par la Société des Transports Abidjanais (SOTRA). Bien entendu, cette matrice ne donne qu'une portion des trajets effectués sur route à Abidjan (elle ne concerne que les populations des quartiers riverains de la lagune ÉBRIÉ), mais il s'agit là véritablement d'un choix de modélisation où l'on examine à la fois les données souhaitables et les données disponibles. D'autre part, si cette matrice est incomplète, elle est peut-être « la moins incomplète » par rapport à des matrices relatives à d'autres types de déplacements ou d'autres modes de déplacements.

Une enquête ménage dans l'optique de générer une matrice étendue à l'ensemble de la population de l'agglomération abidjanaise (plus de 5 millions d'habitants) est onéreuse.

Affectation des flux sur le réseau lagunaire et analyse des résultats

Présentation

Dans cette section, les problèmes liés au choix de l'itinéraire et à l'affectation pour les passagers utilisant les réseaux de transports publics seront discutés. Ces problèmes sont, à bien des égards, plus difficiles que ceux rencontrés dans les études des transports privés ; les exigences informatiques ont tendance à être plus lourdes et même les meilleures méthodes nécessitent des hypothèses simplificatrices importantes. Ces dernières années ont vu des améliorations significatives dans les techniques d'affectation de transit menant à une meilleure prestation de service public de transport et à une efficacité opérationnelle.

Nous discuterons d'abord des questions qui marquent la différence entre l'affectation transport public et l'affectation sur un réseau de transport privé de véhicules ; puis, nous allons exposer quelques-unes des approches qui ont été mises en œuvre pour les résoudre dans la pratique.

Passagers

En transport public, le choix des itinéraires est décidé par les passagers, les véhicules ayant un itinéraire et une fréquence connue.

Dans notre modèle, nous imposerons aux passagers un trajet pédestre du centroïde à la gare lagunaire. C'est alors qu'il opère un choix d'itinéraire en supposant sa parfaite connaissance du réseau.

Coûts monétaires

Dans les réseaux de voitures privées, il est généralement supposé que le coût monétaire est directement associé à la consommation de carburant, qui à son tour est directement proportionnelle à la distance de voyage. Ce sont les deux approximations, mais il est

généralement accepté que les conducteurs ne perçoivent pas ces coûts de manière directe comme le passager achetant un billet au démarrage d'un trajet en bus.

Le choix de l'itinéraire

C'est probablement l'un des éléments les plus difficiles dans le processus d'affectation en transports publics. Le problème se pose lorsque, pour au moins certaines paires O-D, il y a des sections dans un chemin qui ont plus d'un service offert en parallèle et les passagers peuvent choisir celui qui leur convient mieux. Ce choix n'est souvent pas trivial pour les passagers ni simple d'un point de vue de la modélisation. Nous sommes habitués à l'idée que le conducteur choisisse un chemin unique dans un ensemble de tous les chemins possibles. Dans le cas de passagers de transports publics, ils peuvent choisir un ensemble de chemins et laisser le véhicule qui arrive en premier déterminer quel est le chemin qui sera effectivement utilisé. Le choix est donc plus complexe et demande un traitement plus détaillé.

La méthode d'affectation utilisée ici est celle définie par Spiess et Florian (1989) : la méthode basée sur la stratégie optimale.

L'affectation des flux sur le réseau lagunaire a été réalisée en utilisant le module 5.31 du logiciel EMME (Équilibre Multiple Multy Equilibrium développé par la société canadienne INRO). EMME est un logiciel de planification des systèmes de transport qui met en œuvre la phase d'affectation dans la cadre d'un modèle statique. Ce qui signifie qu'il fournit une image des flux de trafic pour la période considérée et montre la possibilité d'affecter tout le trafic ou non. Le module d'affectation relatif aux transports collectifs, basé sur la stratégie optimale (Spiess & Florian, 1989), a été utilisé.

L'utilisation du logiciel EMME pour la modélisation du réseau lagunaire d'Abidjan est représentée par la figure 8.

La simulation repose sur un scénario, c'est à une situation hypothétique caractérisée par un état particulier du réseau de bateaux-bus.

Ici, nous avons développé deux types de scénarios:

- le premier consiste à modifier la matrice de demande ;
- le second consiste à modifier l'infrastructure (retrait et/ou ajout d'arc) en faisant varier les fréquences. Pour éviter qu'il n'y ait de flux sur une ligne il faut pénaliser la ligne avec une très faible fréquence (par exemple: 1 bateau-bus/1000 minutes). Ainsi le second principe de Wardrop s'applique.

Les performances du réseau sont mesurées en termes de trafic journalier et de flux sur chaque arc.

Les fréquences au début de notre simulation sont fixées en tenant compte de la matrice de demande. Pour une origine et une destination données, connaissant la capacité d'un bateau bus (144 places), on peut estimer la fréquence initiale qu'on fera ensuite évoluer.

Scénarios transport

Génération des scénarios

Le réseau lagunaire sera fixe lors de nos simulations avec le logiciel EMMÉ3. Nous allons cependant faire évoluer les paramètres des lignes (fréquences, fonctions « volume-délai ») et/ou la matrice origine-destination.

Critères de choix

Trois critères de choix des meilleurs scénarios ont été utilisés:

- Le trafic total affecté sur le réseau bateau bus ;
- Le nombre de terminaux à construire ;
- Le nombre de bateaux bus affectés sur le réseau.

Le meilleur scénario est le scénario pour lequel le nombre de quais à construire et le nombre de bateaux bus sont le plus petits possible et qui est le plus performant en termes de passagers affectés sur le réseau.

Description des scénarios de transport lagunaires

Les différents scénarios ont été générés en agissant successivement :

1. soit sur les fréquences des différentes lignes:

Pour une demande fixe donnée, l'équilibre entre l'offre et la demande est fonction des fréquences sur les différentes lignes. La fréquence d'une ligne donnée induit le nombre de bateaux bus sur cette ligne. Le dimensionnement du parc est fait automatiquement par le logiciel en fonction de sa fréquence.

2. Soit en agissant sur la demande (Matrice O/D):

La différence entre le scénario 1 et le scénario 2 réside dans la modification de la demande. La demande affectée au scénario 1 est plus faible que la demande affectée au scénario 2. Les caractéristiques du réseau restent inchangées.

La différence entre le scénario 2 et le scénario 3 se situe au niveau des fréquences. Nous avons pénalisé deux lignes que nous voulons supprimer du réseau. Nous leur avons attribué une fréquence très faible de 1 bateau bus/1.000 min. Étant donné que le temps d'attente aux arrêts est très élevé sur ces lignes, elles ne reçoivent pas de voyageurs conformément au second principe de Wardrop.

Scénario optimal

Offre de transport

Réseau et bateaux-bus

Le réseau de bateaux bus du scénario 1 comprend les vingt-deux (22) lignes mentionnées dans le tableau 3.

Les lignes 21 et 22 sont pénalisées avec une fréquence très faible (1 bateau/1000 min). Lors de la simulation, il n'y a pas de flux affecté à ses lignes à cause du temps d'attente qui est très élevé ; ceci revient à la suppression de ces deux (2) lignes.

Description	Itinéraire	Fréquence	Longueur	Temps (min)
Abobodoumé — Akouedo	Abobod. — Blockhaus —Rivière — Akouedo	30	18,13	55
Akouedo - Akwaba	Akouedo-Koumassi-Akwaba	30	18,73	57
Plateau - Bingerville	Plateau-Block.-Rivière-Akouedo-Bingerville	10	24,63	75
Boribana - Songon	Songon-Adiopodoumé-Béago-Abobod.-Boribane	45	37,46	113
Songon - treichville	Songon-Plateau-treichville	30	19,2	58
Moossou - Plateau	Moossou-Abra-Akpan Anan-Binger-M'Pouto-Koumassi-Treich.- Plateau	120	53,3	161
SFHB - Zone 3	SFHB-Treich.-Plateau-Vridi-Zone 3	30	13,55	41
Béago - Treichville	BéagoPlateau-Treichville	10	8,28	25
Béago - Zone 3	Béago-Abobod.-Vridi-Zone 3	30	15,31	46
Plateau - Abobodoumé	Plateau — Abobodoumé	6	27,71	9
Abobodoumé — treichville	Abobodoumé — treichville	6	2,98	10
Treichville-Blockoss	Treichville-Plateau-Blockoss	45	2,32	8
Mossikro - Boribana	Mossikro - Boribana	6	0,89	3
Mossikro - Treichville	Mossikro-Locodjoro-Plateau- Treichville	6	7,13	22
Plateau - Bingerville	Plateau-SFHB-Blockaus-Bingerville	30	19,43	59
SFHB — Akwaba	SFHB-Marcory-Koumassi-Akwaba	6	22,82	69
Blockauss — Koumassi	Blockaus-Rivière-Akouedo-Koumassi	45	11,05	34
Plateau — Koumassi	Plateau-Treichville-Koumassi	10	8,73	27
Marcory — Akouedo	Marcory-Riviera-M'Pouto-Akouedo	30	13,95	43
Boribana - Abobodoumé	Boribana-Mossikro-Locodjoro-Abobodoumé	90	7,96	25
Rocade Petit-Bassam	Akwaba-Koumassi-Marcory-Treich.-Plateau-Vridi-Zone 3 — Akwaba	∞	7,96	∞
Béago — CARENA	Béago-Abobodoumé-CATENA	∞	11,07	∞

Tableau 3 : Proposition de ligne de bateau-bus

		Loc.	Car.	Moss.	Borin.	Abobo.	Song.	Adiop.	Béag.	Vridi	G.B.	Bing.	Akoue.	M'Pout.	Riv. 2	Blok.	SFHB	P.B.	Marc.	Koum.	Treich.	G.L. Pl.
		5642	5647	5648	5649	5850	5869	5870	5871	5872	5874	5875	5876	5877	5878	5879	5880	5881	5882	5883	5884	5885
Locodjoro	5642	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carena	5647	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mossikro	5648	-	-	-	7 834	-	-	-	4 205	1 244	-	-	-	-	3 167	-	-	-	1 961	1 211	4 981	7 808
Boribana	5649	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abobodoumé	5850	-	-	-	-	-	-	-	-	1 731	-	246	-	-	2 813	2 813	4 452	-	1 770	1 073	3 591	4 452
Songon	5869	-	-	199	584	810	-	-	810	107	-	28	-	-	-	199	-	-	83	92	176	199
Adiopodoumé	5870	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Béago	5871	-	-	-	-	-	-	-	-	1 731	-	-	-	-	2 813	2 813	4 452	-	1 770	1 073	3 591	4 452
Vridi	5872	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grand Bassam	5874	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bingerville	5875	-	-	-	-	975	-	-	975	-	-	-	-	-	-	-	3 479	827	1 009	1 021	1 444	-
Akouedo	5876	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	720	-	-	1 557	261	-
M'Pouto	5877	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	720	-	-	-	261	-
Riviera 2	5878	-	-	-	-	576	-	-	576	-	-	-	-	-	-	-	1 313	683	1 322	-	261	593
Blokosso	5879	-	-	278	-	576	-	-	576	-	-	-	-	-	-	-	1 313	-	-	-	261	593
SFHB	5880	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	371	-	-	62	-
Port Bouët	5881	682	-	1 298	-	682	-	-	682	-	-	169	2 844	-	-	-	6 020	-	3 515	3 134	7 047	3 346
Marcory	5882	-	-	573	-	1 007	-	-	1 007	-	-	150	1 590	1 590	1 590	-	5 900	2 092	-	3 219	6 515	4 066
Koumassi	5883	1 252	-	-	-	1 833	-	-	1 252	-	-	287	2 126	2 126	2 126	2 126	11 439	3 405	6 266	-	6 572	4 001
Treichville	5884	-	-	166	-	324	-	-	-	230	-	-	-	-	-	8	19	-	22	22	-	44
GL Plateau	5885	-	-	77	-	196	-	-	-	53	-	12	-	-	-	149	-	-	47	77	53	-

Tableau 4 – Matrice O-D AM scénario 3

La figure 10 présente la carte des flux obtenus suite à la simulation effectuée avec le logiciel de modélisation EMME3.

Demande de transport lagunaire: Matrice O-D entre 5 h 30 et 8 h 30

(voir le tableau 4)

Résultat: affectation de la demande sur le réseau lagunaire par simulation avec le logiciel EMME3

Nous déduisons de la simulation effectuée avec le logiciel de modélisation des transports urbains EMME3 que réseau de transport lagunaire permet de transporter 418 000 passagers/jour suivant le scénario 3.

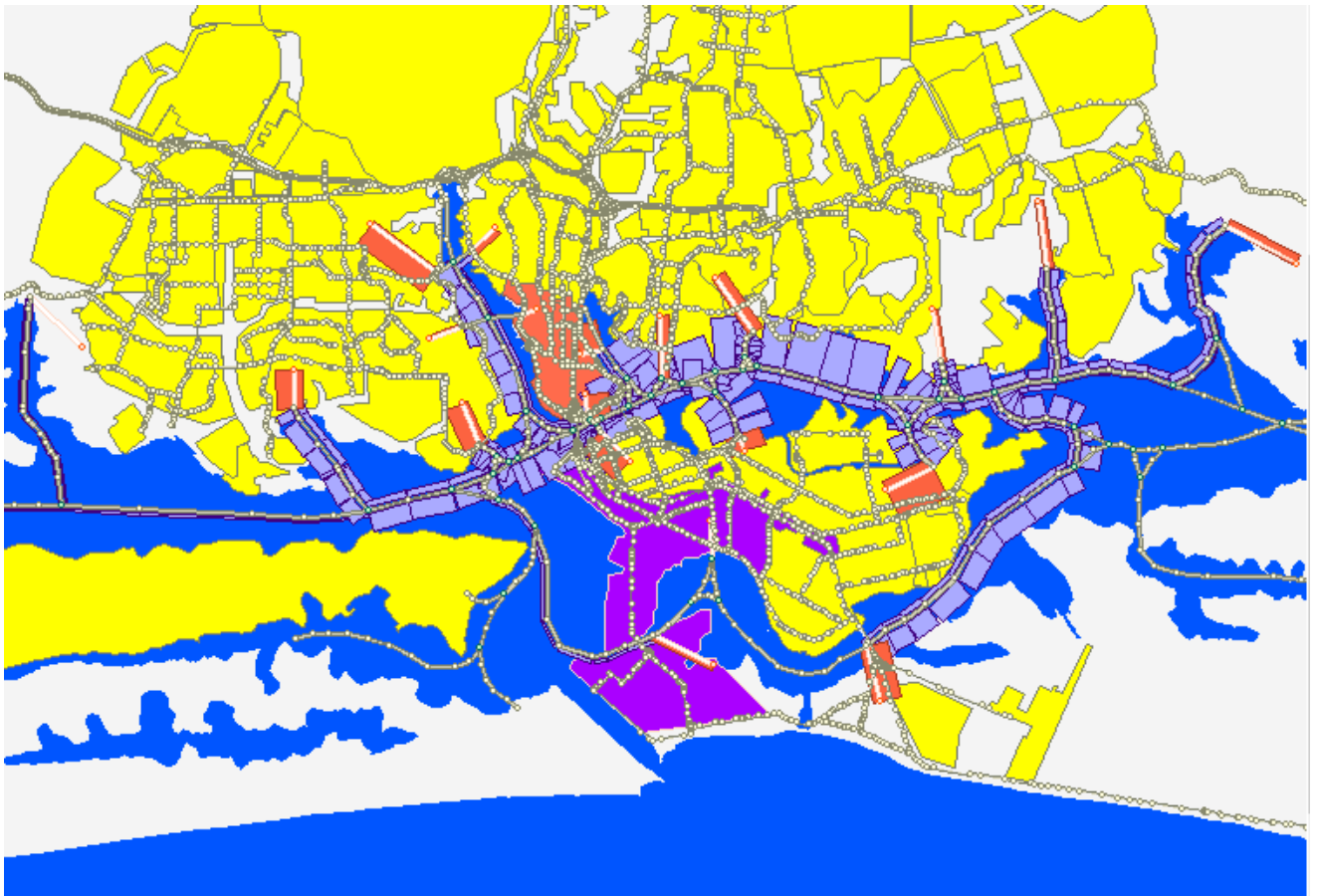


Figure 10 : Simulation EMME3 scénario 3

4. Conclusion

Nos réflexions sur le développement du transport lagunaire dans la ville d'Abidjan nous ont permis de proposer une méthodologie de modélisation des systèmes de transport lagunaire. Nous avons constaté que la littérature en matière de modélisation en transport était plutôt orientée vers les transports routiers. Nous avons procédé à une conception en deux étapes :

- La conception d'un système d'information géographique ayant pour objectif de proposer une infrastructure de transport lagunaire intégré au schéma directeur du Grand Abidjan ;
- La simulation des performances du système de transport lagunaire à partir du logiciel EMME3 – basé sur le modèle à quatre étapes — a permis de générer une image des flux de trafic sur les différents arcs du réseau et d'en déterminer la capacité de transport.

La modélisation du système de transport lagunaire a nécessité d'adapter le modèle à quatre étapes implémenté avec le logiciel EMME à ce système avec des voies navigables de grande capacité (largeur comprise entre 200 m et 1 km).

Les résultats obtenus à la suite de l'implémentation du modèle à quatre étapes au transport lagunaire de personne par voie lagunaire nous donnent le tableau récapitulatif suivant:

Nombre de Quais	Nombre de lignes	Demande/jour	Nombres de Bateaux	Navires.km
19	20	418 130	124	22 379

Tableau 11.13 — Résultats obtenus suite à la modélisation avec EMME3

Ces résultats nous permettent d'envisager l'évaluation socio-économique de chaque scénario.

Bibliographie

- [1] Adoléhoumé, A., & Bonnafous, A. (2001). Urban Transport Microenterprises in Abidjan. Retrieved from <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/9805>
- [2] American Society of Civil Engineers. Task Committee on Marinas, & 2020. (2012). Planning and Design Guidelines for Small Craft Harbors. ASCE Publications.
- [3] Attahi, K. (1992). Planning and management in large cities : A case study of Abidjan, Côte-d'Ivoire. UNCHS (Habitat). In Metropolitan Planning and Management in the Developing World : Abidjan and Quito (UNHC.). Nairobi.
- [4] BERRON, H. (1986). Le trafic urbain de pétrolettes sur les lagunes d'Abidjan. In Antropologie et sociologie de l'espace urbain (Ganne B., Haeringer Philippe., pp. 17 – 24). Université de Lyon 2 : GLYSI.
- [5] Bonnel, P., Chapleau, R., Lee-Gosselin, M., & Raux, C. (1997). Les enquêtes de déplacements urbains : mesurer le présent, simuler le future
- [6] BUCHARI, E. (2008). Enhancing Public transport system in developing countries toward multimodal transport system. (Ph. D dissertation). Université de Liège.
- [7] CERTU, & S.T.C. (2012). Coûts des dysfonctionnements du système de transports urbains d'Abidjan. (RAPPORT A L'AGENCE DES TRANSPORTS URBAINS (AGETU)).
- [8] CHHAVI, D. (2011). Measuring Public Transport Performance : Lessons for Developing Cities. Eschborn : GIZ.
- [9] Danoh, C., NDIAYE, A., & Marchal, J. (2010). Développement d'un modèle intégré de données nécessaires à l'analyse de la mobilité urbaine. WIT Transactions on Ecology and the Environment, 142.
- [10] ECMT. (1994). Light rail transit systems. Paris : ECTM.
- [11] Etat de Côte d'Ivoire. Loi N o 61-349 relative `a l'institution d'un code de la marine marchande (1961).
- [12] François CANCALON, & GARGAILLO, L. (1991). Les transports collectifs urbains : quelles méthodes pour quelles stratégie ?. Paris : CELSE.
- [13] GRAVA, S. (2004). Waterborne Modes. In Urban transport system choice for communities (p. 805). McGraw Hill Companies.

- [15] Haeringer, P. (1969). Structures foncières et création urbaine à Abidjan. *Cahiers D'études Africaines.*, 9(34), 219–270.
- [16] INRO. (2007). *EMME3 Prompt Manual - Release 3.0* (INRO.). Montréal (Quebec) Canada : INRO. Retrieved from <http://www.inro.ca/fr/products/emme/>
- [17] Institut National de la Statistique (INS). (n.d.). Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 1998 RGPH-1998 (No. Volume IV : Tome 1) (p. 117). Abidjan : Institut National de la Statistique.
- [18] Institut National de la Statistique (INS), & DIPE. (2010). Données démographique de la Côte d'Ivoire à utiliser pour les indicateurs sanitaires 2010 (p. 109). Abidjan : Ministère de la Santé de la République de Côte d'Ivoire.
- [19] KASSI Irène. (2007). Régulation des transports populaires et recomposition du territoire urbain d'Abidjan (Thèse de Doctorat). Université de Bordeaux 3, Bordeaux.
- [20] Kennedy, M. (2006). *Introducing geographic information systems with ArcGIS*. John Wiley & Sons.
- [21] Kutz, M. (2004). *Handbook of transportation engineering* (Vol. 768). New York, NY, USA:: McGraw-Hill.
- [22] MEYER, M. D., & MILLER E. J. (2001). *Urban transportation planning : a decision-oriented approach*.
- [23] NDIAYE Alassane Ballé, MARCHAL Jean, & JAYA Salomon. (2002). Développement d'une ligne de transport fluvial sur le Rio Napo (Equateur). *Bulletin Des Séances de l'Académie Royale Des Sciences d'Outre-Mer*, 48(2), 189–200.
- [24] N'Guessan Emilie TEHE. (2005). Organisation des transports collectifs en Afrique : le cas de la Côte d'Ivoire. (Thèse de Doctorat). Université de Créteil Paris XII, Paris.
- [25] Ortuzar, J. D., & WILLUMSEN, L. (1994). *Modelling Transport*. John Wiley & Sons LTD.
- [26] Présidence de la République de Côte d'Ivoire. Décret N o 68-489/MTP/PA portant réglementation de la Navigation sur les voies d'eau intérieures (1968).
- [27] Sheffi, Y. (1985). *Urban transportation networks : Equilibrium analysis with mathematical programming methods*. Englewood Cliffs, N.J. 07632 : Prentice-Hall, Inc.
- [28] Signalisation Trafic Contrôle (STC). (n.d.). Plan de circulation de la ville d'Abidjan. (Rapport d'étude No. SG/GC/1003). Abidjan.
- [29] Spiess, H., & Florian, M. (1989). Optimal strategies : a new assignment model for transit networks , 23(2), 83-102. *Transportation Research Part B : Methodological*, 23(2), 83–102.
- [30] UITP, & UATP. (2009). Aperçu du transport public en Afrique Subsaharienne. (p. 84).
- [31] XAVIER, G. (n.d.). Les transports et la ville en Afrique au sud du Sahara : le temps de la débrouille et du désordre inventif.
- [32] ZORO Fofana Ouahilagnon. (2007). Dysfonctionnement urbain et mobilité des pauvres `a Abidjan (Thèse de Doctorat). Université de Créteil Paris XII, Paris.